

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO E MANEJO DE PLANTAS  
DANINHAS EM MALHA FERROVIÁRIA**

**Ester Fonseca Da Silva**

**2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO E MANEJO DE PLANTAS  
DANINHAS EM MALHA FERROVIÁRIA**

**ESTER FONSECA DA SILVA**

*Sob a orientação do professor*

**Aroldo Ferreira Lopes Machado**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRRJ, área de concentração Produção Vegetal.

**Seropédica, RJ**

**Janeiro de 2019**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S5861 Silva, Ester Fonseca da, 1989-  
Levantamento Fitossociológico e Manejo de Plantas  
Daninhas em Malha Ferroviária / Ester Fonseca da  
Silva. - Rio de Janeiro, 2018.  
80 f.

Orientador: Aroldo Ferreira Lopes Machado.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Fitotecnia, 2018.

1. Área de Preservação Permanente. 2. Herbicidas.  
3. Glifosato. 4. Plantas Daninhas. 5. Linha  
Ferroviária . I. Ferreira Lopes Machado, Aroldo, 1977  
, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Fitotecnia III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**ESTER FONSECA DA SILVA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31/01/2019.



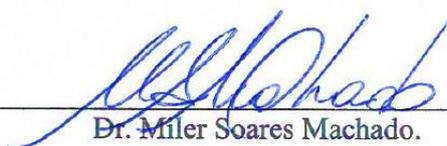
---

Dr. Aroldo Ferreira Lopes Machado. Dr. UFRRJ  
(Orientador)



---

Dr. Junior Borella. UFRRJ



---

Dr. Miler Soares Machado.

Seropédica, RJ  
Janeiro de 2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao programa de pós graduação em Fitotecnia, ao Laboratório Plantas Daninhas e Pesticidas no Ambiente (PDPA). Agradeço ao meu orientador, Aroldo F. Lopes Machado, por me ensinar, orientar e apoiar ao longo dessa jornada, um exemplo de excelência como pesquisador, mentor, instrutor e modelo a ser seguido.

Agradeço à todos aqueles que participaram da minha pesquisa, com orientações, discussões, ideias, feedback e empregando tempo à execução da pesquisa. Toda e qualquer contribuição foram absolutamente inestimáveis.

Agradeço à minha família pelo amor, apoio e constante encorajamento que tenho obtido ao longo dos anos. Agradeço também a todos os amigos que riram comigo nos bons momentos e que me apoiaram nos momentos difíceis.

Finalmente, gostaria de agradecer e dedicar esta tese ao meu avô Camilo, quem originalmente instigou meu amor pela ciência da terra.

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro nº 001 e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## RESUMO

SILVA, Ester Fonseca. **Levantamento fitossociológico e manejo de plantas daninhas em trecho de malha ferroviária.** 2019. 81p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Por décadas, plantas daninhas vêm sendo controladas quimicamente em malhas ferroviárias, sendo este o método mais adequado para o controle em áreas extensas. As estratégias de controle de plantas daninhas devem levar em consideração fatores bióticos, como a composição da comunidade vegetal presente na área, e fatores abióticos, derivadas de aspectos físicos, químicos ou físico-químicos do meio ambiente como topografia, clima e características morfofisiológicas do solo como textura, estrutura, porosidade, etc. A eficiência de controle químico, principal método utilizado em linhas ferroviárias, tem sido questionada frente à tolerância e possível resistência de alguns biótipos de determinadas espécies ao herbicida mais utilizado, o glifosato. O objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento fitossociológico de plantas daninhas em um trecho de malha ferroviária no bioma mata atlântica e avaliar a eficiência do herbicida glifosato no controle de plantas daninhas e em solo de área de preservação permanente. Para isso, foi realizado levantamento fitossociológico em um trecho de 130 km ao longo de malha ferroviária, separado em subáreas de Mangue, Floresta e Área Urbana, onde foram feitas coletas em 10 pontos por ambiente, em triplicata (centro da linha principal e laterais), somando 30 unidades amostrais para cada área. Foi utilizado um quadrado de 0,5 m de lado, arremçado ao acaso em cada ponto para amostragem de plantas, que colhidas foram separadas por espécie e contabilizadas. Em seguida as espécies foram agrupadas por família e foram calculados os índices fitossociológicos densidade, frequência, similaridade de espécies entre áreas e diversidade. Um ensaio sobre a eficiência de controle e do comportamento de glifosato no solo, foi feito com testes *in situ* onde foram observados os efeitos de quatro doses: ; 1.440 g.ha<sup>-1</sup>, 2.160 g.ha<sup>-1</sup>, 2.880 g.ha<sup>-1</sup> (dose comercial) e 5.760 g.ha<sup>-1</sup> mais uma testemunha sem herbicida e o uso de adjuvante comparando-se diferentes produtos comerciais de glifosato: Roundup NA® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>), Roundup WG® (2,3 Kg p.c. ha<sup>-1</sup>) e Pilarsato® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>); E em adição, foram realizados testes de potencial de lixiviação em casa de vegetação, utilizando-se solos de dois ambientes de Área de Preservação Permanente (Floresta e mangue). Esse experimento consistiu de aplicação do Glifosato, em coluna vertical de PVC contendo solo das diferentes áreas. As doses foram: 1.440 g.ha<sup>-1</sup> de i.a, 2.160g i.a ha<sup>-1</sup>, 2.880g i.a ha<sup>-1</sup> (dose comercial) e 5.760g i.a ha<sup>-1</sup> mais uma testmunha sem herbicida. A aplicação do herbicida foi realizada no topo das colunas, seguida simulação de precipitação de 20 mm h<sup>-1</sup>. Após 7 dias de tratamento, os tubos foram seccionados e colocados horizontalmente para receber sementes de *Cucumis sativa*, pepino, bioindicadora sensível ao herbicida. Após 15 e 30 dias, avaliações visuais da fitotoxicidade foram realizadas no bioindicador e a fluorescência da clorofila a foi avaliada para obter informações detalhadas sobre a eficiência fotossintética das plantas de pepino. Além disso, amostras de solo foram submetidas a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) para análise de resíduos. Não foi verificado resíduos de glifosato nos solos em estudo tanto no ensaio com bioindicadoras independente da metodologia utilizadase químico. O levantamento fitossociológico indicou similaridade na

composição florística entre as áreas de Mangue e Área Urbana, com maior infestação de plantas daninhas na área de mangue, e a área de floresta apresentou maior riqueza de espécies, sendo as famílias botânicas Poaceae e Asteraceae as mais representativas em todo estudo. Os testes de campo indicaram que não houve diferença no controle de plantas daninhas em função das doses de glifosato testadas, com ou sem adjuvante, sendo o controle efetivo aos 60 dias, levando-se em consideração a reinfestação de plantas daninhas, reduzido para todas as doses. Nos testes de casa de vegetação não se verificou lixiviação ou residual do herbicida glifosato. Conclui-se que táticas de manejo a serem adotadas devem levar em consideração características da composição vegetal de cada subárea, buscando melhor resultado de controle, sendo o herbicida glifosato satisfatório no controle de plantas invasoras, nas doses testadas independente do uso de adjuvante, necessitando reaplicação em 60 dias, e que este herbicida não ofereceu nesse estudo risco de poluição à águas subterrâneas em amostras de solo provenientes de áreas de APP.

Palavras-chave: Controle químico; glifosato; ecologia de comunidade; APP; Mangue; Floresta; Ferrovia.

## ABSTRACT

SILVA, Ester Fonseca. **Phytosociological survey and weed management in a railway**. 2019. 81p. Masters dissertation. Graduate Program in Phytotechnology. Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

For decades, weeds have been chemically controlled in railways, as this is the most suitable method for controlling large areas. Weed control strategies should take into account biotic factors, such as the composition of the plant community present in the area, and abiotic factors derived from physical, chemical or physicochemical aspects of the environment such as topography, climate and soil morphophysiological characteristics such as texture, structure, porosity, etc. The chemical control efficiency, the main method used in railway lines, has been questioned about the tolerance and possible resistance of some biotypes of certain species to the most used herbicide, glyphosate. The objective of this work was to carry out the phytosociological survey of weeds in a railroad stretch in the Mata Atlântica biome and to evaluate the efficiency of glyphosate on weed control in soils from permanent preservation area. Thereunto, a phytosociological survey was carried out in a 130 km stretch along a railway network, separated into subareas of Mangrove, Forest and Urban Area, where collections were made in 10 points per environment, in triplicate (center of the main line and laterals), resulting on a total of 30 samples for each area. A square of 0.5 m of side was used, randomly thrown at each point for plants sampling, which were harvested according to species and counted. After the species were grouped by family and were calculated the phytosociological indexes density, frequency, species similarity between areas and diversity. The control efficiency and soil glyphosate behavior tests were carried out with in situ tests where the effects of five doses were observed: 0 g. ha<sup>-1</sup> (control); 1,440 g.ha<sup>-1</sup>, 2,160 g.ha<sup>-1</sup>, 2,880 g.ha<sup>-1</sup> (commercial dose) and 5,760 g.ha<sup>-1</sup> and the use of adjuvant by comparing different commercial products of glyphosate: Roundup NA® (4 , 5 L pc ha<sup>-1</sup>), Roundup WG® (2.3 kg pc ha<sup>-1</sup>) and Pilarsato® (4.5 L pc ha<sup>-1</sup>); In addition, tests on leaching potential were carried out in a greenhouse, using soils from two Permanent Preservation Areas (Forest and mangrove). This experiment consisted of applying the commercial product Pilarsato (Glyphosate), commonly used in this area, in vertical column of PVC containing soil from different areas. The doses were: 0g ha<sup>-1</sup> (control), 1440g ha<sup>-1</sup>, 2,160g ha<sup>-1</sup>, 2,880g ha<sup>-1</sup> (commercial dose) and 5,760g ha<sup>-1</sup>. The application of the herbicide was performed at the top of the columns, followed by simulation of precipitation of 20 mm h<sup>-1</sup>. After 7 days of treatment, the tubes were sectioned and placed horizontally to receive seeds of *Cucumis sativa*, cucumber, bioindicator sensitive to the herbicide. After 15 and 30 days, visual evaluations of the phytotoxicity were performed in the bioindicator and the chlorophyll a fluorescence was evaluated to obtain detailed information on the photosynthetic efficiency of the cucumber plant. In addition, soil samples were subjected to high performance liquid chromatography (HPLC) for residue analysis. No glyphosate residues were found in the soils under study in either the bioindicator test independent of the chemical methodology. The phytosociological survey indicated similarity in the floristic composition between the Mangrove and Urban Area areas, with greater weed infestation in the mangrove area, and the forest area presented greater species richness, being the botanical families Poaceae and Asteraceae the most representative in study. Field tests indicated that there was no difference in weed control

as a function of glyphosate tested doses, with or without adjuvant, and the control was effective at 60 days, taking into consideration the reinfestation of weeds, reduced for all doses. In the greenhouse tests there was no leaching or residual glyphosate herbicide. It is concluded that management tactics to be adopted should take into account characteristics of the vegetation composition of each subarea, seeking a better control result, the herbicide glyphosate being satisfactory in the control of invasive plants in APP area at the doses tested regardless of the use of adjuvant, requiring reapplication in 60 days, and that this herbicide did not offer in this study risk of pollution to groundwater.

**Keywords:** Tolerant weed; Chemical control; rail network; glyphosate; Community ecology; Atlantic forest; Permanent Preservation Area; mangrove; forest.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Estrutura química do herbicida Glyphosate - N-(fosfonometil) glicina. ....	4
<b>Figura 2</b> - Pontos do levantamento Fitossociológico feitos na malha ferroviária em áreas urbanas, baixada Santista, Mangue e Floresta. Fonte: Google Earth (Acesso em 07. Ago. 2018).....	14
<b>Figura 3</b> - Esquema dos pontos de coleta por área amostral: centro dos trilhos e laterais. ....	15
<b>Figura 4</b> – Porcentagem de número de espécies ocorrentes por família em área total (30 pontos por subárea de Mangue, Floresta e Área Urbana).....	17
<b>Figura 5</b> – Densidade de plantas daninhas (Indivíduos/m <sup>2</sup> ) em linha ferroviária em áreas de mangue, floresta e urbana. ....	22
<b>Figura 6</b> – Frequência relativa (FRi) das espécies mais representativas em área total. ....	23
<b>Figura 7</b> - Índices de Shanon-Weaver (Riqueza de espécies) de espécies de plantas daninhas ao longo de linha ferroviária em áreas de mangue, floresta e urbana. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os valores de diversidade de espécies, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	25
<b>Figura 8</b> – Similaridade (%) de espécies de plantas daninhas entre as diferentes áreas de levantamento .....	26
<b>Figura 9</b> - Ilha Barnabé, Santos, SP. Fonte: Google Earth (Acesso 07. Ago. 2018).....	37
<b>Figura 10</b> – Controle de plantas daninhas (%) aos 20 DAA do glifosato em diferentes doses: 0 g ha <sup>-1</sup> (controle); 1.440 g ha <sup>-1</sup> ; 2.160 g ha <sup>-1</sup> , 2.880 g ha <sup>-1</sup> e 5.760 g ha <sup>-1</sup> .....	40
<b>Figura 11</b> – Controle de plantas daninhas (%) aos 40 DAA do glifosato em diferentes doses: 0 g ha <sup>-1</sup> (controle); 1.440 g ha <sup>-1</sup> ; 2.160 g ha <sup>-1</sup> , 2.880 g ha <sup>-1</sup> e 5.760 g ha <sup>-1</sup> .....	41
<b>Figura 12</b> – Controle de plantas daninhas (%) aos 60 DAA do glifosato em diferentes doses: 0 g ha <sup>-1</sup> (controle); 1.440 g ha <sup>-1</sup> ; 2.160 g ha <sup>-1</sup> , 2.880 g ha <sup>-1</sup> e 5.760 g ha <sup>-1</sup> .....	41
<b>Figura 13</b> – Reinfestação de plantas daninhas (%) aos 60 DAA do glifosato em diferentes doses: 0 g ha <sup>-1</sup> (controle); 1.440 g ha <sup>-1</sup> ; 2.160 g ha <sup>-1</sup> , 2.880 g ha <sup>-1</sup> e 5.760 g ha <sup>-1</sup> .....	42
<b>Figura 14</b> - Controle de plantas daninhas pelo glifosato em diferentes doses em avaliação realizada aos 20, 40 e 60 DAA. A – 0 L.ha-1 aos 20 dias; D – 3 L.ha-1 aos 20 dias; G – 4,5 L.ha-1 aos 20 dias; J – 6 L.ha-1 aos 20 dias; M – 12 L.ha-1 aos 20 dias; B – 0 L.h .....	43
<b>Figura 15</b> - Controle de plantas daninhas pelo glifosato em diferentes formulações com e sem mistura com adjuvante em avaliação realizada aos 20, 40 e 60 DAA . A – Testemunha aos 20 dias; D – Adjuvante aos 20 dias; G – Pilarsato aos 20 dias; J – Pilarsato + Adjuvante aos 20 dias; M – Roundup NA aos 20 dias; P – Roundup NA + Adjuvantes aos 20 dias; S – Roundup WG aos 20 dias; V – Roundup WG + Adjuvante aos 20 dias; B – Testemunha aos 40 dias; E – Adjuvante aos 40 dias; H – Pilarsato aos 40 dias; K – Pilarsato + Adjuvante aos 40 dias; N – Roundup NA aos 40 dias; Q – Roundup NA + Adjuvantes aos 40 dias; T – Roundup WG aos 40 dias; X– Roundup WG + Adjuvante aos 40 dias; C – Testemunha aos 60 dias; F – Adjuvante aos 60 dias; I – Pilarsato aos 60 dias; L – Pilarsato + Adjuvante aos 60 dias; O – Roundup NA aos 60 dias; R – Roundup NA + Adjuvantes aos 60 dias; U – Roundup WG aos 60 dias; Z– Roundup WG + Adjuvante aos 60 dias .....	46
<b>Figura 16</b> – Montagem do teste de lixiviação com Glifosato.....	56
<b>Figura 17</b> – Pontos de análise de avaliação da fluorescência: topo (vermelho) e base (amarelo).....	58
<b>Figura 18</b> - Curvas de calibração obtidas nos ensaios de avaliação da linearidade para Glifosato (A) e AMPA (ácido aminometilfosfônico, principal produto de degradação do glifosato) (B). ....	59
<b>Figura 19</b> - Avaliação visual aos 15 DAE no solo de Mangue (Esquerda) e Solo de APP de Rio (Direita). Tratamentos: T1: 0 g i.a ha <sup>-1</sup> (controle); T2: 1.440g i.a ha <sup>-1</sup> ; T3: 2.160g i.a ha <sup>-1</sup> ; T4: 2.880g i.a ha <sup>-1</sup> (dose comercial) e 5.760g i.a ha <sup>-1</sup> .....	60
<b>Figura 20</b> – Fluorescência transiente da clorofila a em plantas de pepino (A e C – topo; B e D – base) submetidas a diferentes doses de herbicida glifosato. Fluorescência variável relativa entre os passos O	

e P (Wt - A e B, em escala logarítmica) e fluorescência transiente pelo teste JIP (C e D) normalizados em relação ao controle (n=4).....	62
--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Parâmetros fitossociológicos avaliados nesse estudo por subárea de Mangue, Floresta e Área Urbana. ....	19
<b>Tabela 2</b> – Tratamentos do experimento com diferentes produtos comerciais de glifosato e adjuvante. ....	38
<b>Tabela 3</b> – Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas.....	38
<b>Tabela 4</b> - Porcentagem de controle de plantas daninhas aos 20, 40 e 60 dias após a aplicação de diferentes formulações de Glifosato com e sem adjuvante, e controle efetivo aos 60 dias, consideração a reinfestação de plantas invasoras.....	44
<b>Tabela 5</b> - Características químicas e físicas dos solos utilizados antes da incubação.....	55
<b>Tabela 6</b> – Parâmetros de Teste JIP segundo a metodologia de Strasser e Strasser (1995). ....	57
<b>Tabela 7</b> – Valores médios da fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (FM) e eficiência fotossintética máxima (FV/FM) aos 30 DAS.....	61

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
<b>CAPÍTULO I – DIVERSIDADE DE PLANTAS DANINHAS EM LINHA FERROVIARIA SOB INFLUÊNCIA DO BIOMA MATA ATLÂNTICA .....</b>	<b>11</b>
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4 – CONCLUSÃO.....	27
5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
<b>CAPITULO II – EFICIÊNCIA DO GLIFOSATO NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM VIA FÉRREA</b>	<b>34</b>
RESUMO .....	34
ABSTRACT.....	35
1 – INTRODUÇÃO.....	36
2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3 – RESULTADO E DISCUSSÃO .....	39
4 – CONCLUSÕES .....	47
5 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	48
<b>CAPITULO III – LIXIVIAÇÃO DE GLIFOSATO EM SOLOS DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO .....</b>	<b>52</b>
RESUMO .....	52
ABSTRACT.....	53
1 – INTRODUÇÃO.....	54
2 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	55
3 – RESULTADO E DISCUSSÃO .....	60
4 – CONCLUSÃO.....	65
5 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	66

## 1 - INTRODUÇÃO GERAL

Plantas daninhas são aquelas que interferem com atividades humanas, seja de forma direta ou indireta, disputando com culturas de interesse por recursos como água, luz e nutrientes, reduzindo o valor comercial de sementes, poluindo corpos d'água ou dificultando serviços de manutenção em rodovias e ferrovias (ZIMDHAL, 2013), entre outras interferências. Sua disseminação, estabelecimento e a intensidade de sua infestação, dependem de características de sua biologia, como estratégias de propagação, quiescência e dormência (RIBEIRO, 2011). A composição de uma comunidade infestante depende de fatores abióticos como clima e características físico-químicas do solo (ANDREASEN, 1991), fatores que irão definir características intrínsecas das espécies contidas na comunidade e sua resposta interativa ao ambiente.

O levantamento fitossociológico em pesquisas de manejo de plantas daninhas é essencial para conhecer comunidades vegetais no seu ponto de vista estrutural, além da composição da flora regional, o que possibilita o manejo e conservação de ecossistemas (SAMPAIO et al., 1996). Assim, conhecer a composição de uma comunidade invasora e identificar presença de plantas de difícil controle, é imprescindível para o desenvolvimento de estratégias de manejo. Além do levantamento das espécies na área, é importante conhecer a composição da flora e fauna circundante, bem como observar presença de corpos d'água, que podem entrar em contato com agrotóxicos, caso sejam usados (BATTAGLIN, 2014; DELLAMATRICE, 2014; RIBEIRO, 2007).

Em ferrovias, plantas daninhas podem prejudicar o trânsito de trens, aumentar distâncias de frenagem, apresentar perigo à trabalhadores que fazem manutenção na via (NAVRATILOVA, 2011), e podem ainda ser meio propagador de incêndios iniciados por faíscas provenientes do atrito entre os trilhos e a roda do trem (TORSTENSSON, 2001). Nesse sentido, o correto manejo das plantas daninhas se faz necessário de modo a evitar danos às equipes de trabalho, na estrutura permanente bem como em seu entorno.

O uso do controle químico de plantas daninhas em malhas ferroviárias foi introduzido em 1920 (SCHWEINSBERG, 1999) e vem sendo utilizado até hoje por ser um método de menor custo benefício, levando-se em consideração a grande extensão das vias.

O controle químico de plantas daninhas em malha ferroviária depende de concessão de órgãos governamentais, que por meio do licenciamento ambiental permite atividades efetivas ou potencialmente poluidoras (SIMPLICIO, 2015). Em malha ferroviária, os herbicidas com registro para uso nessa modalidade são caracterizados como não agrícolas (CONAMA, 2004). O uso de herbicidas varia de acordo com a legislação local. A legislação busca priorizar a segurança nas comunidades urbanas circundantes e a preservação do meio ambiente, sendo suas diretrizes variantes de região para região. A liberação de um herbicida, bem como a necessidade ou não da diluição do seu produto comercial, leva em consideração a proximidade a áreas urbanas, de forma a evitar possíveis efeitos nocivos ao homem (ANVISA, 2010), além de ser mais restritiva em área de preservação permanente.

Herbicidas utilizados para controle de plantas daninhas atingem o solo de forma direta ou indireta. Quando uma molécula orgânica atinge o solo ela está sujeita a diferentes processos, como retenção, movimentação e transformação (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011).

Uma molécula poderá se movimentar no solo, ser absorvida pela planta, perdida por volatilização, ou lixiviação (SILVA & SILVA, 2007) que pode provocar contaminação de águas subterrâneas, prejudicando plantas sensíveis distantes do local original de aplicação (TORSTENSSON, 2001). Essas moléculas podem ainda interagir com superfícies sólidas do solo: partículas minerais e orgânicas (CALVET, 1989), sendo retidas, permanecendo no solo por mais tempo (CURRAN, 2016).

Em linhas ferroviárias onde o herbicida glifosato vem sendo utilizado para controle de plantas daninhas, de forma expressiva, tem-se verificado dificuldades de controle de algumas espécies. Em alternativa, novas estratégias de controle, de aplicação de herbicidas ou de combinação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação vem sendo estudadas (GHERSA, 2000; HEAP, 1997; HEAP, 2014). É comum concessionárias de malhas ferroviárias importantes, em área de bioma Mata Atlântica, enfrentar grandes problemas no controle de plantas daninhas, incluindo Soja e Milho resistentes ao glifosato, plantas provenientes da queda de grãos transportados pela empresa. É imprescindível em casos como esse controlar efetivamente plantas daninhas que interferem na atividade ferroviária, reduzindo custos e levando em consideração a segurança ambiental.

Objetivou-se neste trabalho avaliar a comunidade de plantas daninhas associadas a um trecho de uma via férrea, avaliar a eficiência do glifosato no controle de plantas daninhas e a lixiviação desse herbicida em solos provenientes de APP sob influência da ferrovia inserida no bioma Mata Atlântica.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Caraterísticas da Mata Atlântica, incluindo suas subáreas, Mangue e Floresta, são discutidas nessa revisão. É descrita a vegetação, o solo e especificidades de cada área, bem como as leis que regem essas áreas tidas como Áreas de Preservação permanente. Além disso é apresentada áreas de transporte ferroviário como um local não-agrícola onde se faz importante o controle de plantas daninhas, sendo apresentada as interferências causadas por estas às atividades humanas nesse local.

O mundo moderno teve início com a chegada das linhas ferroviárias, que impactaram de forma mais grandiosa e imediata do que qualquer outra inovação mecânica ou industrial anterior ou desde então (FAITH, 2014). A malha ferroviária do Brasil possui a maior extensão ferroviária da América Latina: 30.129 km (CNT, 2013). O transporte ferroviário é uma estratégia logística de distribuição de commodities agrícolas de maior importância no território nacional, sendo a logística de comercialização e distribuição essencial devido a extensão do território brasileiro e a importância da agricultura no PIB nacional, sendo ainda insatisfatória frente à extensão territorial e as presentes necessidades, sendo a maior parte escoada por rodovias. Marques (1996), relaciona o avanço do transporte ferroviário com o PIB brasileiro, isso porque as malhas ferroviárias ligam os principais portos brasileiros, como os portos de Santos, Sepetiba, Rio de Janeiro e a Ilha de Guaíba, facilitando exportação dos nossos produtos agrícolas.

O transporte via ferrovias vem ganhando importância com o aumento do custo de energia, pois não só apresentam um gasto menor de energia por t/km, como também demandam menores custos de manutenção. Além disso, com suas características de altos preços fixos e de custos variáveis relativamente baixos, se operado eficientemente, pode reduzir os custos que envolvem grandes carregamentos (CAIXETA FILHO, 2010).

A linha por onde circulam os trens de carga tem sua composição dividida em Superestrutura e Infraestrutura, sendo a primeira constituída pelo lastro e armamento de via como trilho, dormentes e fixações (CARVALHO, 2016) e o segundo constituído pelos aterros e taludes de escavação, sistemas de drenagem superficial e profunda sob o lastro (LAVRADOR, 2011). A manutenção desses materiais é essencial para o bom funcionamento da via e segurança de todos os trabalhadores envolvidos no transporte de materiais.

Dentre os fatores que afetam negativamente o transporte ferroviário e colocam em risco a segurança dos trabalhadores, a presença de plantas daninhas na via é altamente relevante, pois estas interferem direta e indiretamente nesta atividade. A linha ferroviária requer manutenção constante, e trabalhadores precisam circular na via. Algumas espécies de plantas invasoras possuem hábito estolonífero e podem provocar a queda de trabalhadores na via responsáveis pela manutenção desta, podendo causar graves acidentes. Plantas daninhas podem alojar animais peçonhentos e insetos que podem ser nocivos ao homem (CARVALHO, 2013).

Plantas daninhas podem ainda ser material propagador de incêndios, quando em contato com faíscas comumente resultantes do atrito entre as rodas do trem e da linha, podendo se estender além da via e atingir cidades ou área vegetativas como área de APP. Quando plantas daninhas começam a crescer na cama da ferrovia, cria-se um lodo, o que reduz a eficácia do leito da ferrovia pois este perde propriedades de elasticidade e drenagem (SCHWEINSBERG, 1999).

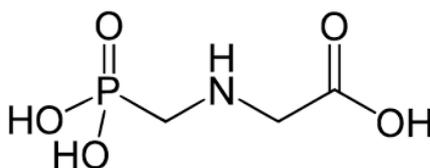
Outra razão para a remoção de plantas daninhas é o risco de derrapagem que estas provocam entre as rodas do trem e a linha, aumentando assim as distâncias de aceleração e de frenagem, dificultando a parada obrigatória em sinais (TORSTENSSON, 2001). O mesmo autor cita o caso de locais mais frios, onde durante o inverno, a água acumulada por plantas daninhas nos espaços ociosos pode congelar e expandir, causando deslocamento da linha.

Por isso, o controle de plantas daninhas é uma parte importante no planejamento de atividades não agrícolas, e uma parte expressiva da receita de uma empresa, como as concessionárias que operam malhas ferroviárias, é direcionada a este fim. Por isso, estas buscam métodos de controle cada vez mais eficientes.

O controle químico de plantas daninhas é baseado no uso de herbicidas, substâncias químicas capazes de selecionar populações de plantas, ou seja, de provocar a morte de plantas específicas (EPA, 2011). Assim como toda atividade que interfere com o equilíbrio do ambiente, o controle químico de plantas daninhas apresenta riscos e seu uso deve ser baseado nos pilares: segurança e sustentabilidade. Seu uso pode resultar em intoxicação direta de animais ou do aplicador, poluição do solo e de corpos d'água, como rios, lagos e o lençol freático, e até do alimento produzido nos sistemas agrícolas (DORES & LAMONICA-FREIRE, 1999). Dentre os herbicidas utilizados no manejo de plantas daninhas em vias férreas destaque é dado ao glifosato.

O glifosato, ou a N-(fosfonometil) glicina, é um herbicida sistêmico, não seletivo, utilizado para controlar plantas daninhas em áreas agrícolas e não agrícolas, com registro em mais de 130 países e é aprovado para o controle de plantas daninhas em mais de 100 culturas (NIZAMUDDIN, 2014).

Quimicamente, o glifosato é uma molécula bastante simples, estruturalmente semelhante aos aminoácidos, contendo um grupo ácido carboxílico (COOH à direita) e um grupo amina (NH no centro) (Figura 2). Este é mais parecido com a glicina, se diferenciando, porém, por possuir o grupo fosfônico (PO (OH)<sub>2</sub>) à esquerda. Isso torna um análogo aminofosfônico da glicina (JAYASUMANA et al., 2014)



**Figura 1** - Estrutura química do herbicida Glyphosate - N-(fosfonometil) glicina.

Além da função amino secundária básica no meio da molécula e o local ácidos monobásico carboxílico, esta molécula também possui um local ácido dibásico fosfônico, sendo as constantes de dissociação (pKa) desses três grupos funcionais, 10,9, 5,9 e 2,3 respectivamente, e portanto, de forma semelhante aos aminoácidos, o glifosato pode formar uma estrutura zwitteriônica, com duas cargas opostas e carga total nula (KNUUTTILA & KNUUTTILA, 1979). Com isso a molécula apresenta excelente solubilidade em água (12,000 mg L<sup>-1</sup>) (BRONSTAD & FRIESTAD, 1985), lipofilicidade muito baixa, e é insolúvel em solventes orgânicos (SZEKACS & DARVAS, 2012).

O glifosato impede o crescimento vegetal, pois inibe a atividade da enzima-5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintase (EPSPs), ligando-se como um análogo do substrato ao seu local catalítico na enzima, impedindo a enzima de produzir EPSP a partir da shikimate-3-fosfato e fosfoenolpiruvato na via ácida do Shikimato (SENSEMAN, 2007). A inibição desta via catabólica bloqueia a síntese de triptofano, fenilalanina e tirosina (MALIK et al, 1989), aminoácidos aromáticos necessários para síntese proteica, essenciais para o crescimento vegetal, que inibidos, causam a necrose rápida da planta (SZEKACS & DARVAS, 2012).

No Solo o glifosato tem sua sorção separada em duas fases: a primeira tida como instantânea, contribuindo com a retenção de mais de 90% do total aplicado, e a segunda um pouco mais lenta, aproximadamente 10 minutos (MORAES & ROSSI, 2010; PRATA, 2002) sendo os resíduos biodegradados por organismos heterotróficos (ANDRÉA et al., 2004).

## BIOMA MATA ATLÂNTICA

A Mata atlântica neotropical, também denominada de floresta latifoliada tropical, possui elevado grau de riqueza de espécies e sustenta uma das maiores taxas de endemismo no mundo e por isso este bioma é reconhecido como um dos 35 “hotspots” do mundo em prioridade de conservação (ZACHOS & HABEL, 2011). É o terceiro maior bioma do Brasil e a segunda maior floresta pluvial tropical do continente, com uma extensão original de cerca de 1.360.000 km<sup>2</sup> (CARDOSO, 2016). Apesar de grande importância, esse bioma neotropical vem sendo explorado e degradado, restando atualmente cerca de 8,5% da extensão original (INPE, 2017), que no início ocupava o litoral brasileiro desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte (costa brasileira), antes do intenso desmatamento durante o século XX (VANNUCCI, 1999).

Os fragmentos florestais remanescentes que não estão sob proteção (Reservas Nacionais e Reservas Biológicas), podem ser encontrados em áreas de baixa propensão à agricultura, como topo de montanhas e/ou encostas íngremes ou locais de baixa fertilidade (Moreno et al, 2003).

A Lei 11.428, de 2006 e o Decreto 6.660/2008, que regulamentou a referida lei, são importantes instrumentos para a conservação e recuperação ambiental na Mata Atlântica. O Artigo 6<sup>o</sup> desta lei impõe que a proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica têm por objetivo geral o desenvolvimento sustentável, a proteção da biodiversidade, da saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social. De acordo com o artigo 2<sup>o</sup>, Ecossistemas como as restingas, manguezais, campos de altitude e diversos tipos de florestas (Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semi-decidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta) formam a nossa Mata Atlântica (BRASIL, 2006).

Todo estudo e pesquisa direcionada à mata atlântica tem alta relevância e significado na busca pela sua conservação. O levantamento florístico é de suma importância para a caracterização da vegetação da mata atlântica, gerando um material que contribui para a conservação de sua biodiversidade.

Na Mata Atlântica o clima tropical úmido é predominante. A temperatura média anual varia de 10 °C a 20 °C e a precipitação média anual está acima de 1000 mm ao longo do ano (CARDOSO, 2016). Os solos são altamente intemperizados, e a alta fertilidade é caracterizada pela matéria orgânica do solo (COUTO MIRANDA ET AL, 2007). Em função da sua extensão e diversidade de latitude, longitude, relevo e clima, a mata atlântica apresenta variações nas formações vegetais, mantendo, porém, certa homogeneidade florística (BARBOSA & THOMAS, 2002).

A criação de leis, resoluções, decretos destinados à proteção, preservação e conservação do meio ambiente começaram a partir dos anos 80. Dentre as leis federais, estaduais e municipais, as de maior relevância nesse quesito são: a Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965 – institui o Código Florestal; e a Resolução CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002 - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente; a Resolução CONAMA n. 369, de 28 de março de 2006 - Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP (ALVES & CALIJURI, 2010).

Segundo a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Código Florestal, as Áreas de Preservação consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa (BRASIL, 2012). Segundo o código Florestal (Lei Federal no 4.771, de 1965). As APPs têm a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

As áreas de preservação permanente localizadas no meio urbano porém, abordam alguns itens específicos, como, proteção de solos e corpos d'água contra movimentação ou ocupações inadequadas; Prevenir inundações, mantendo a permeabilidade do solo e regime hídrico, ao evitar poluição por descarte indevido de materiais; Além da valorização da paisagem e do patrimônio natural e artificial, que possui valor ecológico, histórico, cultural, paisagístico, turístico e funções socioeducativas (SCHAFFER ET AL, 2011).

É possível encontrar áreas de preservação permanente no nosso dia-a-dia, no meio de cidades, como as florestas, ou os mangues no caminho para a praia. As políticas ambientais visam garantir a manutenção desse ambiente protegido, impedindo ocupações irregulares ou uso indevido de áreas de conservação ou preservação.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, na resolução nº 303, de 20 de março de 2002, classifica Manguezal como ecossistema litorâneo de ocorrência em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina; Incluso como área de preservação permanente.

O ecossistema de Mangue é considerado área protegida, de prevenção permanente ou reservas ecológicas, conforme o Código Florestal, Lei nº 4.771, Artigo 2º, de 15/09/1965, Artigo 18º da Lei nº 6.938, de 31/08/1981, Decreto nº 89.336, de 31 de abril de 1984 e Resolução nº 4 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 18/09/1985, formando um conjunto de fatores que poderá resultar em obstáculos contra a degradação desse ecossistema, já que apresenta relevância social, ambiental e econômica. O solo de manguezais geralmente é rico em matéria orgânica e a vegetação presente é comumente tolerante ao encharcamento e deficiência em oxigênio, e a distribuição das espécies pode variar de acordo com o gradiente de inundação (MCKEE, 1993). Os solos de mangue podem ser salinos, onde predomina espécies halófitas, capazes de se adaptar a concentrações elevadas de sal, capazes

de satisfazer todo seu ciclo ontogênico e têm mecanismos para a remoção de sais de tecidos internos (ROY & CHAKRABORTY, 2014).

O ambiente urbano, apresenta certas espécies particularmente adequadas para a persistência neste habitat (BENVENUTI, 2004). Na cidade a temperatura é tipicamente mais elevada do que nas áreas circundantes (LOMBARDO, 2009). Em cidades com um clima quente, como a maioria das cidades no Brasil, tem-se maior frequência de espécies que exibem metabolismo fotossintético C4 de fixação de carbono (SATTIN et al., 1996). As plantas que melhor se destacam em ambiente urbano são as perenes de propagação vegetativa, que têm meristemas de crescimento localizados abaixo da superfície (TORSTENSSON & BORJESSON, 2004).

Florestas são ambientes favoráveis ao desenvolvimento de espécies variadas, devido à alta deposição de matéria orgânica no solo (GARAY, 2014) e disponibilidade de água (OLIVEIRA FILHO, 2015). A composição predominante é a de espécies arbóreas, sendo as espécies herbáceas mais frequentes em clareiras, onde a penetração de luz solar é maior ao ponto de permitir germinação e crescimento, podendo ainda serem encontradas espécies herbáceas adaptadas a baixa intensidade luminosa (MORAES-NETO et al., 2000).

### 3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Patrícia Layne; CALIJURI, Maria Lúcia. Diagnóstico das áreas de ocupação inadequada a partir da delimitação das áreas de proteção permanente no município de Viçosa-MG. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 33, 2010.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2015. Uso de Agrotóxicos Em Área Urbana. Available at: <http://portal.anvisa.gov.br/documents> [Accessed 13 February 2018].
- BARBOSA, MR de V.; THOMAS, W. W. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da Mata Atlântica no Nordeste. ARAÚJO, E. de L.; MOURA, A. do N, p. 19-22, 2002.
- BENVENUTI, S. Weed dynamics in the Mediterranean urban ecosystem: ecology, biodiversity and management. **Weed Research** 44, 341–354. 2004.
- BRASIL. Lei 11.428 de 2006. Das definições, objetivos e princípios do Regime jurídico do bioma mata atlântica. Brasília, DF, dezembro de 2006.
- BRASIL. Lei 12.651 de 2012. Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF, maio de 2012.
- BRONSTAD, J. O.; FRIESTAD, H. O. Behaviour of glyphosate in the aquatic environment. *Herbicide glyphosate*/edited by E. Grossbard, D. Atkinson, 1985.
- CAIXETA FILHO, José Vicente. Logística para a agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Comércio Exterior**, v. 103, p. 18-30, 2010.
- CANTAGALLO, C. et al. Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo no sistema estuarino de Santos, Estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Aquatic and Science Technology**, v. 12, n. 2, p. 33-47, 2008.
- CARDOSO, Josiane Teresinha. A Mata Atlântica e sua conservação. **Revista Encontros Teológicos**, v. 31, n. 3, 2016.
- CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Lages, SC. 1 edição. Pag 8. 2013.
- CARVALHO, A. F. P. Análise paramétrica da vibração do solo induzida pelo tráfego ferroviário. 2016.
- CNT (Confederação Nacional do Transporte). Transporte e Economia: O Sistema ferroviário brasileiro. Brasília. 2013.
- COUTO MIRANDA, C.; PASQUALOTO CANELLAS, L; TRINDADE NASCIMENTO, M. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, 2007.
- CONAMA, RESOLUÇÃO nº 349, de 16 de agosto de 2004 Publicada no DOU no 158, de 17 de agosto de 2004, Seção 1, páginas 70-71. 2004.
- DORES, E. F. G. C; DE-LAMONICA-FREIRE, ERMELINDA NARIA. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, 1999.

EPA, U. Pesticides Industry Sales and Usage 2006 and 2007 Market Estimates. **Pesticides Industry Sales and Usage Reports**, 2011.

FAITH, N. The World the Railways Made: Wolman's Railway Library. Head of Zeus, 2014.

GARAY, I. E. G; SILVA, B. A. O. Forest humus: synthesis and diagnosis om vegetation and soil interrelations. **Ecologia Australis**, v. 1, n. 01, p. 19-46, 2014.

IBAMA, Instituto Brasileiro do meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Registro de agrotóxicos de uso não agrícola. 2018. Registro de agrotóxicos de uso não agrícola. Available at: <http://ibama.gov.br/agrotoxicos/registro-de-agrotoxicos-de-uso-nao-agricola>. [Accessed 13 February 2018].

INPE, Fundação SOS Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica 2015-2016. 2017.

JAYASUMANA, C; GUNATILAKE, S.; SENANAYAKE, P. Glyphosate, hard water and nephrotoxic metals: are they the culprits behind the epidemic of chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka? **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 2, p. 2125-2147, 2014.

LAVRADOR, F. A. C. Vegetação infestante da linha ferroviária do Oeste. Controlo químico de Equisetum. 2011. Tese de Doutorado. ISA/UTL.

LOMBARDO, M. A. Análise das mudanças climáticas nas metrópoles o exemplo de São Paulo e Lisboa. 2009.

MALIK, J.; BARRY, G.; KISHORE, G. The herbicide glyphosate. **BioFactors** (Oxford, England), v. 2, n. 1, p. 17-25, 1989.

MARQUES, S. A. Privatização do Sistema Ferroviário Brasileiro; Texto para Discussão N° 434; agosto de 1996, Distrito federal; Encomendado pelo Ministério do Planejamento e Orçamento ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

MCKEE, K. L. Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution - reciprocal effects? **Journal of Ecology**, 81:477-487. 1993.

MORAES, P. V. D., & ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. **Scientia Agraria Paranaensis**, 9(3). 2010.

MORAES-NETO, S. P.; GONCALVES, J. L. M.; TA.A.I, M.; CENCI, S.; GONCALVES, J. C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 35- 45, 2000

MORENO, Marcel R.; NASCIMENTO, Marcelo T.; KURTZ, Bruno C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 3, p. 371-386, 2003.

NIZAMUDDIN, Ali M. The Patenting of Life, Limiting Liberty, and the Corporate Pursuit of Seeds. Lexington Books, 2014.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FLUMINHAN FILHO, M. Vegetation ecology of the parque florestal quedas do rio bonito, brazil. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 051-064, 2015.

PRATA, F. Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. 149 p.

ROY, S.; CHAKRABORTY, U. Salt tolerance mechanisms in salt tolerant grasses (STGs) and their prospects in cereal crop improvement. **Botanical Studies**. 55:31-39, 2014.

SATTIN, M., BERTI, A., & ZANIN, G. Crop yield loss in relation to weed time of emergence and removal: analysis of the variability with mixed weed infestations. In 2. International Weed Control Congress, Copenhagen (Denmark), 25-28 Jun 1996. SP., 1996.

SCHAFFER, Wigold Bertoldo et al. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra, 2011

SCHWEINSBERG, F. et al. Herbicide use on railway tracks for safety reasons in Germany? *Toxicology Letters*, v. 107, n. 1, p. 201-205, 1999.

SILVA, A. A.; DA SILVA, J. F.. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa (2007): 189-248.

SZEKACS, Andras; DARVAS, Bela. Forty years with glyphosate. In: *Herbicides-Properties, Synthesis and Control of Weeds*. **InTech**, 2012.

TORSTENSSON L & BORJESSON E. Use of imazapyr against *Equisetum arvense* on Swedish railway tracks. **Pest Management Science** 60, 565–569. 2004.

TORSTENSSON, L. Use of herbicides on railway tracks in Sweden. **Pesticide outlook**, v. 12, n. 1, p. 16-21, 2001.

VANNUCCI, M. Os manguezais e nós: uma síntese de percepções. Edusp, 2003.

ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Ed.). Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas. **Springer Science & Business Media**, 2011.

## CAPÍTULO I – DIVERSIDADE DE PLANTAS DANINHAS EM LINHA FERROVIÁRIA NO BIOMA MATA ATLÂNTICA

RESUMO - Plantas daninhas são problemas em áreas não-agrícolas como linhas ferroviárias. Estratégias de controle devem levar em consideração a composição da comunidade vegetal presente na área. Assim, o levantamento fitossociológico se apresenta como uma importante ferramenta. objetivou-se nesse trabalho avaliar a composição florística de comunidades de plantas daninhas em ferrovia situada no bioma mata atlântica. O trabalho foi desenvolvido em um trecho de 130 km de malha ferroviária localizado na baixada santista e região metropolitana de São Paulo. O trecho foi dividido sob influência de três ambientes: Mangue, Floresta e Área Urbana. Para caracterização e estudo fitossociológico, foram feitas coletas em 10 pontos por ambiente, em triplicata, uma coleta no centro da linha principal e uma em cada lateral, somando 30 unidades amostrais para cada área. Para amostragem foi utilizado um quadrado de 0,5 m de lado, arremecado ao acaso uma vez em cada ponto. As plantas contidas no interior do quadrado foram colhidas separadas por espécie e contabilizadas. Em seguida as espécies foram agrupadas por família e foram calculados os índices fitossociológicos densidade, frequência, similaridade de espécies entre áreas e diversidade. Em todo o estudo foram observadas 64 espécies dentro de 21 famílias botânicas, sendo as Poaceae e Asteraceae as de maior representatividade. A área de Floresta apresentou maior riqueza de espécies (40% do número de espécies nesse estudo), maior diversidade ou heterogeneidade florística (2,2 no índice de Shannon). As espécies *Pilea microphylla* (Urticaceae) e *Acalypha arvensis* (Euphorbiaceae) tiveram grande importância neste estudo, sendo as que apresentaram maior densidade e frequência relativas nas três áreas (0,38 Dri e 12,16 Fri; 0,22 Dri e 12,97 Fri, respectivamente). Observou-se ainda altas densidades de *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) para área de floresta, *Digitaria horizontalis* (Poaceae) para a área urbana, e *Cyperus rotundus* (Cyperaceae) em Mangue. Houve similaridade na composição florística entre as áreas de Mangue e Área Urbana (54%), o que prevê uma semelhança entre possíveis táticas de manejo a serem adotadas, possibilitando redução de tempo e custo.

**Palavras-chave:** Levantamento fitossociológico; Ecologia de comunidades; via férrea.

## **CHAPTER I - WEED DIVERSITY IN LINE RAILWAY UNDER INFLUENCE OF ATLANTIC FOREST BIOME**

**ABSTRACT** - Weeds are problems in non-agricultural areas such as railway lines. Control strategies should take into account the composition of the plant community present in the area. Thus, the phytosociological survey is an important tool. The objective of this study was to evaluate the floristic composition of weed communities on a railroad located in the Mata Atlântica biome. The work was developed in a stretch of 130 km of rail network located in the Santista basin and metropolitan region of São Paulo. The section was divided under influence of three environments: Mangue, Forest and Urban Area. For characterization and phytosociological study, collections were made in 10 points per environment, in triplicate, in the center of the main line and a point in lateral, adding 30 sample units for each area. A square of 0.5 m on the side was used for sampling, randomly tied once at each point. The plants contained inside the square were collected sorted by species and counted. Afterwards the species were grouped by family and the phytosociological indexes were calculated density, frequency, species similarity between areas and diversity. Throughout the study, 64 species were observed within 21 botanical families, with Poaceae and Asteraceae being the most representative. The forest area showed higher species richness (40% of the number of species in this study), greater diversity or floristic heterogeneity (2.2 in the Shannon index). The species *Pilea microphylla* (Urticaceae) and *Acalypha arvensis* (Euphorbiaceae) were of great importance in this study, with the highest relative density and frequency in the three different areas (0,38 *Dri* and 12,16 *Fri*; 0,22 *Dri* and 12,97 *Fri*, respectively). It was also observed high densities of *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) for forest area, *Digitaria horizontalis* (Poaceae) for the urban area, and *Cyperus rotundus* (Cyperaceae) in Mangue. There was similarity in the floristic composition between the Mangue and Urban Area areas (54%), which predicts a similarity among possible management tactics to be adopted, allowing a reduction of time and cost.

**Keywords:** Phytosociological survey; Ecology of communities.

## 1 - INTRODUÇÃO

Conhecer a composição de uma comunidade vegetal, bem como entender a distribuição das espécies e o estágio de desenvolvimento das plantas é imprescindível para definição de estratégias de controle eficiente de plantas daninhas. Cada habitat apresenta diferença em seu microclima e características edáficas, fornecendo condições diversas para o estabelecimento e desenvolvimento vegetal, podendo assim, influenciar na diferenciação da composição de uma comunidade (RAMOS, 2015).

A fitossociologia é o estudo quantitativo e qualitativo da composição, estrutura, dinâmica, distribuição e relações ambientais de uma comunidade vegetal (MARTINS, 1989), utilizada em áreas agrícolas e não agrícolas como linha ferroviária (ANTUNIASSI et al, 2004; SUDNIK-WÓJCIKOWSKA & GALERA, 2005). Além da determinação de espécies, o levantamento fitossociológico caracteriza as espécies de acordo com sua importância na comunidade, estabelecendo graus de hierarquização (KENT & COKER, 1999), por exemplo, no caso de plantas daninhas, determinando as espécies ou famílias de maior demanda de controle e manejo, ou maior interferência com as atividades humanas.

A extensão original da Mata atlântica hoje se divide em fragmentos menores de florestas secundárias. A diversidade biológica nesses fragmentos está ligada ao tamanho e formato do fragmento (PRIMACK, 2001), por isso, levantamentos florísticos devem ser feitos em diferentes regiões influenciadas por diferentes condições locais.

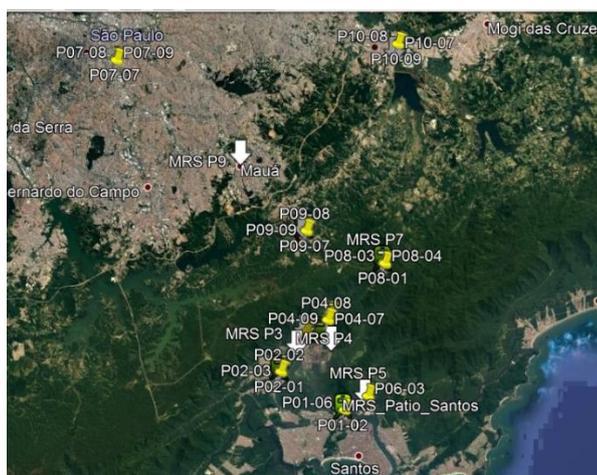
Estudos sobre a composição florística, bem como sua estrutura, fornece informações para tomadas de decisão sobre técnicas de manejo a serem adotadas, como controle de plantas daninhas, e/ou técnicas de conservação, sendo fundamental o planejamento de qualquer intervenção, obtendo-se estimativas sobre composição horizontal e vertical (SOUZA, 2003) e tornando possível previsões sobre dinâmica e evolução de determinada comunidade.

Levantamento fitossociológico é uma ferramenta para obtenção de informações de uma comunidade vegetal, informação que poderá ser utilizada posteriormente como base para trabalhos diversos. No controle de plantas daninhas, o levantamento fitossociológico informa não somente a composição da comunidade, mas também a densidade, e determina quais são as espécies mais importantes, influenciando no período de interferência e no tipo de controle a ser adotado (PINOTTI, 2010), principalmente em malhas ferroviárias onde a grande extensão de área exige planejamento de controle e manejo efetivos.

Nesse sentido, objetivou-se através de levantamento fitossociológico, avaliar as diferentes comunidades de plantas daninhas nas diferentes subáreas associadas a via férrea no bioma Mata Atlântica.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

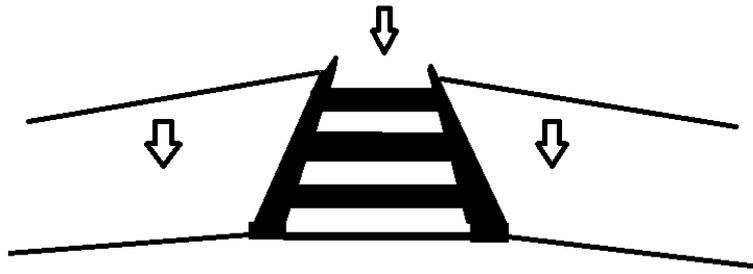
O trabalho foi desenvolvido em um trecho de 130 km de malha ferroviária localizado na região da Baixada Santista e Região Metropolitana de São Paulo, 23° 55'49.4''S 46°20'50.0''W (Figura 2), em julho de 2017. Este trecho está inserido em área do Bioma Mata Atlântica, incluindo mancha urbana e ecossistemas Mangue e Floresta. O clima da região é quente e úmido, com temperatura média superior a 20°C e precipitação anual que varia entre 2.000 e 2.500 mm (CANTAGALLO, 2008).



**Figura 2** – Pontos do levantamento Fitossociológico feitos na malha ferroviária em áreas urbanas, Baixada Santista, Mangue e Floresta. Fonte: Google Earth.

Em junho de 2017 foi realizado um levantamento visual prévio no trecho da ferrovia utilizado no trabalho, para execução do levantamento fitossociológico. O trecho foi dividido em três áreas de influência na ferrovia denominadas de Mangue (Pontos na parte inferior na figura 2), Floresta (Pontos na parte mediana na figura 2) e área Urbana (Pontos na parte superior na figura 2). Em cada área (Mangue, Floresta e área Urbana) foram realizadas 10 amostragens da comunidade vegetal em três pontos na linha: um ponto ao centro dos trilhos e um ponto em cada lado dos trilhos, perfazendo três amostras por ponto, resultando num total de 30 amostras por área (Figura 3).

Na coleta das plantas daninhas foi utilizado um quadrado vazado de 0,40 m de lado lançado de forma aleatória em cada ponto. As plantas daninhas contidas no quadrado foram separadas por espécie, identificadas a partir de referências bibliográficas (LORENZI 2014; LORENZI 2000), e quantificado o número de indivíduos por espécie. De posse do número de indivíduos por espécies foram calculados a Densidade Absoluta, Densidade Relativa, Frequência Absoluta e Frequência Relativa (CURTIS & MCINTOSH, 1950; MUELLER-DOMBOIS e ELLEMBERG, 1974). Foram calculados ainda o índice de similaridade de Sorensen (SORENSEN, 1948) e o índice de diversidade de Shannon (SHANNON, 1949).



**Figura 3** - Esquema dos pontos de coleta por área amostral: centro dos trilhos e laterais.

A densidade é a medida do número de indivíduos de cada espécie que compõe uma comunidade, ou ainda o conjunto de espécies que presentes por unidade de superfície, e a densidade relativa a participação total, em porcentagem, de cada espécie em relação ao número total de indivíduos de todas as espécies.

$$DAi = \frac{ni}{A}; DRi = \frac{DA}{Dt} \times 100; Dt = \frac{N}{A}$$

A densidade absoluta ( $DAi$ ) é calculada pela razão entre o número de indivíduos pela área total em hectare (nº de indivíduos/ha). A densidade relativa da  $i$ -ésima espécie ( $DRi$ ) é expressa em porcentagem (%) e é calculada pela razão entre a densidade absoluta e a densidade total ( $Dt$ ) de indivíduos por hectare, que se trata da soma das densidades de todas espécies amostradas, calculada pela razão entre o número total de indivíduos amostrados e a área total em hectare.

A frequência absoluta é a representação em porcentagem do número de ocorrências de determinada espécie nas diferentes parcelas amostradas, e a frequência relativa o resultado da soma total das frequências absolutas.

$$FAi = \frac{ui}{ut} \times 100; FRi = \frac{FAi}{\sum_{i=1}^P FAi} \times 100$$

A frequência absoluta ( $FAi$ ) é calculada pela razão entre o número de unidades amostrais em que determinada espécie ocorre pelo número total de unidades amostrais. A frequência relativa ( $FRi$ ) é calculada pela razão entre a frequência absoluta e o somatório das frequências absolutas, também em porcentagem.

O índice de similaridade (estimativa do grau de semelhança na composição de espécies, ou a homogeneidade de espécie entre locais) foi calculado pelo índice de Sorensen (IS):

$$IS = \left(\frac{2a}{b+c}\right) \times 100$$

$a$  é igual ao número de espécies comuns às duas áreas;  $b$  e  $c$  igual ao número total de espécies nas duas áreas comparadas. O IS varia de 0 a 100, sendo máximo quando todas as espécies são comuns às duas áreas e mínimo quando não existem espécies em comum (SORENSEN, 1948; MAGURRAN, 1988; LAROCA, 1995).

O Índice de Jaccard também calcula similaridade entre áreas, e pode ser apresentado da seguinte forma:

$$Sj = \frac{2a}{2a+b+c}$$

Onde  $a$  = nº de espécies presente em duas amostras diferentes A e B;  $b$  = nº de espécies presente numa amostra (A) e ausente na outra (B);  $c$  = nº de espécies presente em B e ausente na A (JACCARD, 1912; PIELOU, 1977). Como no exemplo:

		Amostra A	
		nº sp presente	nº sp ausente
Amostra B	nº sp presente	8	2
	nº sp ausente	2	4

$$SJ = \frac{2(8)}{2(8)+(2)+(2)} = \frac{16}{20} = 0,8$$

O valor dos coeficientes de similaridade varia de 0 (nenhuma similaridade) a 1 (total similaridade).

Medidas de diversidade foram feitas afim de avaliar e comparar composição das diferentes áreas, sendo calculadas: Diversidade alfa ( $\alpha$ ) = número de espécies no local; Diversidade beta ( $\beta$ ) = variação entre locais (Índice de Sorensen) e Diversidade gama ( $\gamma$ ) = regional (WHITTAKER, 1972) sendo a diversidade beta medida pelo método multiplicativo:

$$\beta = \frac{\gamma}{\alpha}$$

Este resulta em um fator de substituição entre uma comunidade e outra, ou seja, o número em porcentagem de espécies distintas, por exemplo, um valor de 1,50 corresponde a um fator de substituição de 50%.

O índice de diversidade de espécies de Shannon (H) (SHANNON, 1949) também foi calculado, de acordo a fórmula:

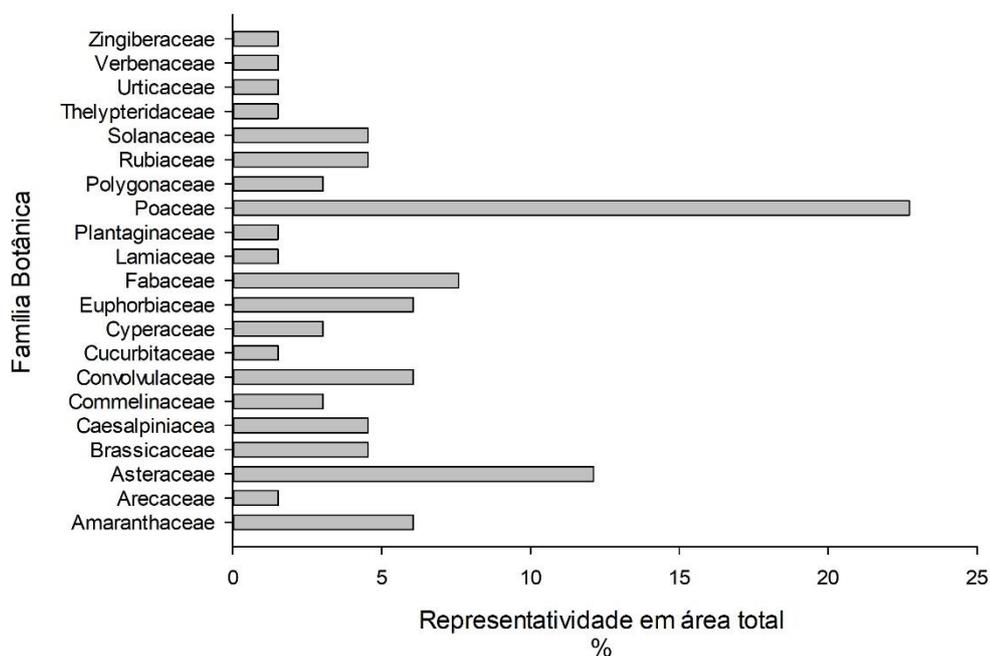
$$H = - \sum Pi * \log Pi ; Pi = ni * N - 1$$

Onde  $P_i$  é a probabilidade de importância de cada espécie e  $n_i$  o valor de importância (número de indivíduos por espécie na área de estudo) e  $N$  o total dos valores de importância número total de espécies na área de estudo) (ODUM, 1971; BEGON, 1990).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento fitossociológico foram encontradas 63 espécies de 21 famílias botânicas, sendo as famílias Poaceae e Asteraceae as de maior representatividade em número de espécies (Figura 4). Outros levantamentos fitossociológicos na região da baixada santista listaram essas duas famílias entre as mais representativas (OLIVEIRA & MAGENTA, 2012; MARTINS et al, 2008; MOURA et al, 2007).

A predominância de determinadas famílias botânicas está relacionada com as características ambientais locais, assim como a capacidade competitiva de cada espécie, como adaptação às condições climáticas do ambiente de inserção. O clima quente e úmido na região de estudo (CANTAGALLO, 2008) permite o estabelecimento de uma variada gama de espécies, principalmente de plantas C4, metabolismo predominante nas plantas da família Poacea, que apresentou maior número de indivíduos, sendo suas características competitivas o fator determinante para a fixação dessas espécies no ambiente.



**Figura 4** – Porcentagem de número de espécies ocorrentes por família em área total (30 pontos por subárea de Mangue, Floresta e Área Urbana).

Os fatores que influenciam no sucesso da dispersão e estabelecimento das poaceas são sua alta taxa de crescimento, fácil adaptação aos diferentes climas e habitats, dispersão em alta velocidade e direção variada, o que resulta no decréscimo de outras populações devido principalmente à competição por recursos (CARVALHO & JACOBSON, 2005). Os capins são

capazes de invadir áreas preparadas (pastagens, canais de irrigação) e ambientes nativos como bordas de matas, lagos e lagoas rasas (KISSMANN, 1991). As asteraceas, além de serem também altamente competitivas, podem apresentar atividade alelopática sobre outras espécies vegetais (TONGMA et al, 1998).

O que pode explicar a maior quantidade de espécies por família botânica é sua habilidade de propagação, como possuir mais de um mecanismo de propagação, ou ter uma propagação sexual de alto desempenho. Uma das características de plantas daninhas que explicam sua maior capacidade de estabelecimento do que as culturas de interesse, e justificam o resultado nesse estudo, é que estas produzem muitas sementes viáveis, assegurando alta taxa de dispersão e restabelecimento de infestação (SILVA & SILVA, 2007).

Apesar da baixa representatividade de algumas famílias botânicas no ponto de vista ecológico, no ponto de vista agrônômico estas são de grande importância devido à presença de espécies problemáticas ou de difícil controle, como as espécies *Euphorbia heterophylla*, o leiteiro da família Euphorbiaceae e *Glycine max*, da família Fabaceae, a soja RR proveniente da carga transportada pela concessionária que gerencia a linha férrea em estudo. A soja neste caso foi introduzida por atividade antrópica e apesar de não representar, até então, importância para a comunidade vegetal segundo os parâmetros fitossociológicos, sua resistência a um dos herbicidas mais utilizado pela concessionária, altera o planejamento de controle na área que está presente.

Na Tabela 1 estão relacionadas as espécies que ocorreram no levantamento, a lista das famílias botânicas e sua representatividade.

**Tabela 1** – Parâmetros fitossociológicos avaliados nesse estudo por subárea de Mangue, Floresta e Área Urbana.

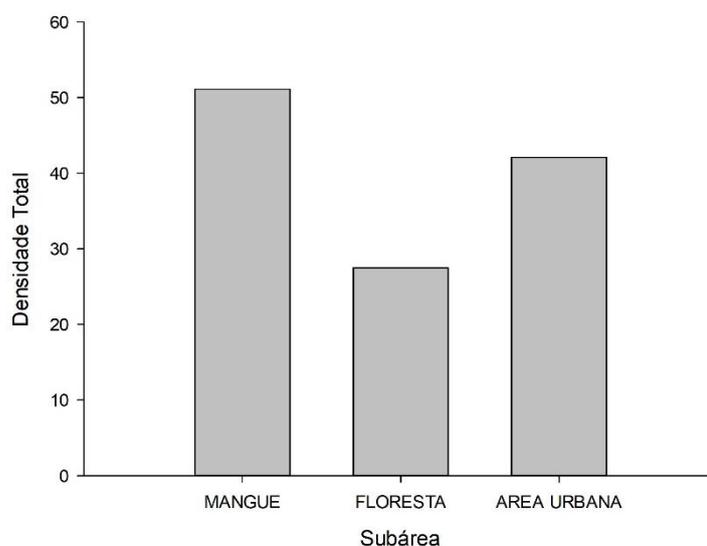
Família	Nome Científico	Nome Comum	Mangue			Floresta			Área Urbana		
			Total	DR (%)	FR (%)	Total	DR (%)	FR (%)	Total	DR (%)	FR (%)
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Mentrasto	102	2,89	5,71	267	14,06	7,69	101	3,47	0,80
	<i>Bidens alba</i>	Picão	4	0,11	1,43	0	-	-	0	-	-
	<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	17	0,48	6,43	19	1,00	3,08	137	4,71	0,80
	<i>Conyza bonariensis</i>	Buva	22	0,62	5,00	14	0,74	3,08	115	3,95	11,20
	<i>Emilia fosbergii</i>	Falsa-Serralha	65	1,84	4,29	33	1,74	9,23	8	0,27	3,20
	<i>Sonchus oleraceus</i>	Serralha Branca	0	-	-	8	0,42	3,08	12	0,41	2,40
	<i>Vernonia polysphaera</i>	Assa-peixe	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Galinsoga parviflora</i>	Picão-branco	17	0,48	0,71	1	0,05	3,08	136	4,67	6,40
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i>	Perpétua do mato	0	-	-	4	0,21	0,77	0	-	-
	<i>Alternanthera ficoidea</i>	Periquito	0	-	-	111	5,85	2,31	2	0,07	0,80
	<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru	0	-	-	0	-	-	4	0,14	1,60
	<i>Alternanthera tenella</i>	Apaga-fogo	16	0,45	1,43	0	-	-	0	-	-
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus L.</i>	Mentruz	3	0,08	0,71	0	-	-	0	-	-
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabiça	1	0,03	0,71	0	-	-	1	0,03	0,80
	<i>Lepidium virginicum</i>	Mastruço	150	4,25	5,00	0	-	-	0	-	-
Caesalpiniaceae	<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	Peninha	0	-	-	0	-	-	1	0,03	0,80
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba	2	0,06	1,43	13	0,68	1,54	2	0,07	0,80
	<i>Commelina erecta</i>	Erva-de-santa-luzia	0	-	-	4	0,21	1,54	0	-	-
Convolvulaceae	<i>Hypochaeris brasiliensis</i>	Almeirão-do-campo	1	0,03	0,71	0	-	-	0	-	-
	<i>Hypochaeris radicata</i>	Erva-das-tetas	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Ipomoea grandifolia</i>	Corda-de-viola	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Ipomoea purpurea</i>	corda-de-viola	4	0,11	2,14	0	-	-	0	-	-
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	Melão-de-São-Caetano	0	-	-	0	-	-	2	0,07	0,80
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca	404	11,44	3,57	18	0,95	4,62	33	1,13	5,60
	<i>Cyperus esculentus</i>	Junça	45	1,27	4,29	38	2,00	0,77	190	6,53	8,80

Família	Nome Científico	Nome Comum	Mangue			Floresta			Area Urbana		
			Total	DR (%)	FR (%)	Total	DR (%)	FR (%)	Total	DR (%)	FR (%)
Euphorbiaceae	<i>Acalypha arvensis</i>	Tapa-Buraco	558	15,80	13,57	480	25,28	6,15	833	28,62	16,80
	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	7	0,20	3,57	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Euphorbia hirta</i>	Erva-andorinha	1	0,03	0,71	0	-	-	0	-	-
	<i>Ricinus communis</i>	Mamona	0	-	-	0	-	-	1	0,03	0,80
Fabaceae	<i>Aeschynomene americana</i>	Angiquinho	10	0,28	2,14	0	-	-	0	-	-
	<i>Cassia occidentalis</i>	Fedegoso	7	0,20	0,71	0	-	-	0	-	-
	<i>Glycine max</i>	Soja	7	0,20	3,57	2	0,11	3,85	4	0,14	2,40
	<i>Senna uniflora</i>	Mata-pasto	0	-	-	0	-	-	1	0,03	0,27
	<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalaria	0	-	-	0	-	-	2	0,07	1,60
	<i>Stachys arvensis L</i>	Orelha-de-urso	0	-	-	0	-	-	2	0,07	1,60
	<i>Scoparia dulcis</i>	Vassourinha-doce	1	0,03	0,71	1	0,05	0,77	0	-	-
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>	Capim-colonião	0	-	-	4	0,21	2,31	0	-	-
	<i>Paspalum notatum</i>	Gramma-batatais	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Setaria parviflora</i>	Capim-rabo-de-raposa	22	0,62	2,14	88	0,21	2,31	29	1,00	1,60
	<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim-brachiária	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	Dyctyoneura	0	-	-	31	1,63	3,85	0	-	-
	<i>Melinis minutiflora</i>	Capim-gordura	0	-	-	3	0,16	0,77	0	-	-
	<i>Rottboellia com-prensa</i>	capim-camalote	0	-	-	38	2,00	2,31	5	0,17	1,60
	<i>Schizachyrium condensatum</i>	Capim-rabo-de-burro	13	0,37	1,43	0	-	-	0	-	-
	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão	101	2,86	10,00	69	3,63	2,31	360	12,37	4,80
	<i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	37	1,05	1,43	0	-	-	0	-	-
	<i>Urochloa brizantha</i>	Braquiário	0	-	-	63	3,32	3,08	1	0,03	0,80
	<i>Eleusine indica</i>	Pé-de-galinha	93	2,63	5,00	23	1,21	2,31	109	3,74	3,20
	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Capim-marmelada	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Coix lacryma-jobi</i>	Lagrima-de-Nossa-Senhora	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
<i>Rhynchelitrum repens</i>	Capim-favorito	0	-	-	0	-	-	11	0,38	3,20	

Família	Nome Científico	Nome Comum	Mangue			Floresta			Area Urbana		
			Total	DR (%)	FR (%)	Total	DR (%)	FR (%)	Total	DR (%)	FR (%)
Polygonaceae	<i>Polygonum convolvulus</i>	Cipó-de-veado	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Persicaria capitata</i>	Tapete-inglês	0	-	-	10	0,53	3,08	0	-	-
Rubiaceae	<i>Diodia saponariifolia</i>	Poaia-do-brejo	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Carapichea ipecacuanha</i>	Poaia	0	-	-	0	-	-	2	0,10	1,60
	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia-branca	1	0,03	0,03	0	-	-	0	-	-
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i>	Balão	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
	<i>Solanum americanum</i>	Maria-pretinha	3	0,03	2,14	5	0,26	1,54	1	0,03	0,80
	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris dentata</i>	Rabo-de-gato	0	-	-	2	0,11	1,54	0	-	-
Urticaceae	<i>Pilea microphylla</i>	Brilhantina	1828	51,76	8,57	536	28,23	12,31	805	27,65	13,60
Verbenaceae	<i>Lantana câmara</i>	Cambará-de-cheiro	0	-	-	2	0,11	1,54	0	-	-
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	Lírio-do-brejo	0	-	-	1	0,05	0,77	0	-	-

Tabela dos parâmetros fitossociológicos apresentando total de indivíduos de cada espécie por subárea, Densidade Relativa (DR) e Frequência Relativa (FR)

A densidade é a representação da quantidade de indivíduos por área. Valores elevados de densidade refletem a elevada plasticidade ecológica dessas espécies e a sua capacidade de adaptação a ambientes estressantes (PEARMAN et al, 2008). No ponto de vista ecológico, áreas com alta densidade de plantas podem ser entendidas como alto grau de conservação (SOARES, 1999) ou menor distúrbio antrópico (SOARES et al 2003) dependendo da interação entre espécies e origem das mesmas. No contexto agrônômico pode ser entendido como maior infestação de plantas daninhas por unidade de área, principalmente quando observada dominância de determinada espécie ou família, ou observada presença de espécies exóticas. A densidade de plantas daninhas nas diferentes subáreas é observada na figura 6.



**Figura 5** – Densidade de plantas daninhas (Indivíduos/m<sup>2</sup>) em linha ferroviária em Subáreas de mangue, floresta e urbana.

Para as três áreas, observou-se densidade elevada da espécie *Pilea microphylla* (380 plantas m<sup>2</sup> na área de Mangue, 111 plantas m<sup>2</sup> na área de Floresta e 167 plantas m<sup>2</sup> na área Urbana) (Tabela 1). Essa espécie pertence a família das urticaceaes, apresenta porte rasteiro de baixa estatura, muito frequente em locais úmidos e de alto teor de matéria orgânica (BHELLUM & HAMID, 2016; LORENZI, 2000). Essa planta tem produção elevada de sementes, que são de fácil transporte pelo vento, promovendo assim rápida reinfestação (MESQUITA et al., 2007).

Em segundo lugar, tem-se a espécie *Acalypha arvensis* (Tabela 1) pertencente à família das Euphorbiaceaes (CARDIE et al., 2013), com grande densidade nas três áreas de estudo, sendo sua densidade maior em área urbana (173 plantas m<sup>2</sup>) quando comparado com mangue (116 plantas m<sup>2</sup>) e floresta (100 plantas m<sup>2</sup>). Esta é uma planta herbácea anual, cuja ontogenia ocorre no período de um ano, porém, dependendo da sua agressividade, seu poder de reinfestação e disseminação pode prolongar o seu estabelecimento (SILVA & SILVA, 2007).

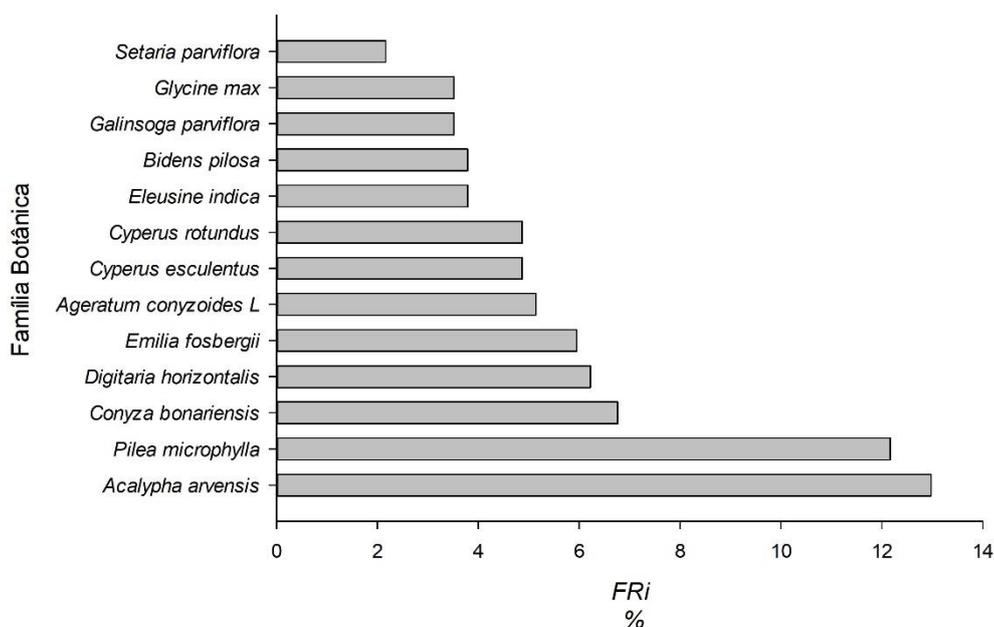
*Digitaria horizontalis* apresentou alta densidade relativa na área urbana, com 12,37%, abaixo de *Pilea microphylla* com 27,65% e *Acalypha arvensis* com 28,62%. As plantas do gênero *Digitaria* são altamente agressivas, mas apesar de apresentar alta performace em

competição com outras plantas, não apresenta tolerância no controle químico (TROPALDI et al., 2015).

A espécie *Ageratum conyzoides* é uma planta daninha de importância em diversas culturas e pastagens. Por vezes é uma das primeiras espécies a colonizar áreas degradadas e assim capaz de evitar que outras plantas se estabeleçam. Sua capacidade competitiva tem grande impacto sobre a biodiversidade nativa (OKUNADE, 2002). Nesse estudo teve também grande expressão de números de indivíduos por área em floresta (14%), uma espécie comumente representativa em levantamentos fitossociológicos em florestas úmidas (DEKA et al., 2012; ARUNACHALAM & ARUNACHALAM, 2002; CHIKOYE et al., 1999).

Na área de mangue, *Pilea microphyll* (51,62 %) e *Acalypha arvensis* (15,76 %) são espécies que se destacam, sendo a primeira de pouca interferência real às atividades humanas em linha férrea devido ao seu porte rasteiro. A espécie *Cyperus rotundus*, popularmente conhecida como tiririca, apresentou importância de 11,41%. Está é uma planta daninha que está entre as piores, sendo relatada como principal invasora em diversos países (ARIAS et al, 2011) tanto em áreas agrícolas quanto não agrícolas.

A frequência de uma espécie, ou a sua ocorrência em diferentes lugares, pode expressar poder de adaptação desta a adiversidades e heterogeneidade ambiental. Nesse caso, quanto maior a frequência, maior foi o número de amostragem em que a espécie apareceu, indicando ser uma espécie presente e adaptada aos diferentes ambientes amostrados: mangue, floresta e área urbana. Em área total, considerando todos os pontos de mangue, floresta e área urbana, as espécies mais frequentes foram *Pilea microphylla* (12,16), *Acalypha arvensis* (12,97%), *Digitaria horizontalis* (6,22%) e as Asteraceae *Bidens Pilosa* (3,78), *Ageratum conyzoides* (5,14) e *Conyza bonariensis* (6,76%) (Figura 6).



**Figura 6** – Frequência relativa (FRi) das espécies mais representativas em área total.

Considerando as três áreas em estudo, as espécies *Pilea microphylla* e *Acalypha arvensis* apresentaram maior frequência e densidade, o que reforça a ideia de que estas espécies foram competitivamente superiores às demais espécies nesse estudo. Em termos de critérios analíticos, quanto maior a frequência relativa da espécie, mas ela se destaca em relação ao conjunto das demais, sendo de maior importância fitossociológica nas comunidades estudadas (SILVA, 2005). Já nesse estudo, sua importância reflete no planejamento de manejo e controle de plantas daninhas visando a redução do impacto dessas plantas na atividade ferroviária, que deverá levar em consideração a frequência do método de controle utilizado nas diferentes áreas.

Morton et al. (2000), quantificando comunidade herbácea em um Floresta Calcária em Guam, encontrou uma frequência relativa de menor valor para *Pilea microphylla* (3,6%), o que pode ser relacionado às condições adversas para essa espécie, que tem melhor desenvolvimento em florestas de ambientes úmidos. A espécie *Acalypha arvensis* foi classificada como espécie de alta frequência em variados ambientes e localidades como Amazonas-Brasil (MILEO et al., 2016), Pará-Brasil (MIRANDA et al., 2009) e Belize Valley-Honduras (KELLMAN, 1974). Para cada área, observou-se a frequência das espécies nos diferentes pontos de avaliação, levando em consideração os pontos centrais e laterais da linha. Para o ambiente Mangue, observou-se maior frequência das espécies *Acalypha arvensis* (13,57%), *Digitaria horizontalis* (10%), *Pilea microphylla* (8,57%) e *Bidens pilosa* (6,43%) (Tabela 1).

A espécie *Bidens pilosa*, é uma planta daninha encontrada em todo território brasileiro, sendo uma das plantas daninhas de maior concernimento (KISSMAN, 1992). Sua ocorrência e alta frequência em sistemas ecológicos é apresentada em diversos trabalhos fitossociológicos (GALVÃO et al., 2007; FALLEIRO et al., 2005; MACEDO et al., 2003).

A espécie *Digitaria horizontalis*, popularmente conhecida como capim colchão, é uma planta da família das poaceas e seu manejo é de grande importância em cultivos agrícolas e não agrícolas, sendo sua frequência relativa de 10% em área de mangue, por outro lado, estudo relata que a frequência pode chegar até 55% (MIRANDA et al., 2009).

Para o ambiente Floresta, observou-se maior frequência das espécies *Pilea microphylla* (12,31%), *Emilia forbergii* (9,23%), *Ageratum conyzoides* (7,69%) e *Acalypha arvensis* (6,15%) (Tabela 1). A maior frequência de *Pilea microphylla* nesta área pode ser explicada pelo alta umidade relativa local e pelas características do solo como alta umidade e teor de matéria orgânica.

A espécie *Emilia forbergii*, conhecida como falsa serralha, apresentou nesse estudo uma frequência relativa de 9,23% em área de floresta, valor representativamente maior do que o encontrado por Miranda Neto et al. (2014) também em área de floresta restaurada: 0,51%. Esta espécie apresenta rápido crescimento, com a capacidade de crescer como uma planta daninha e colonizar áreas perturbadas (WAGNER et al., 1999; PRUSKI, 2014), sua baixa frequência pode estar relacionada à desvantagens competitivas contra outras espécies invasoras.

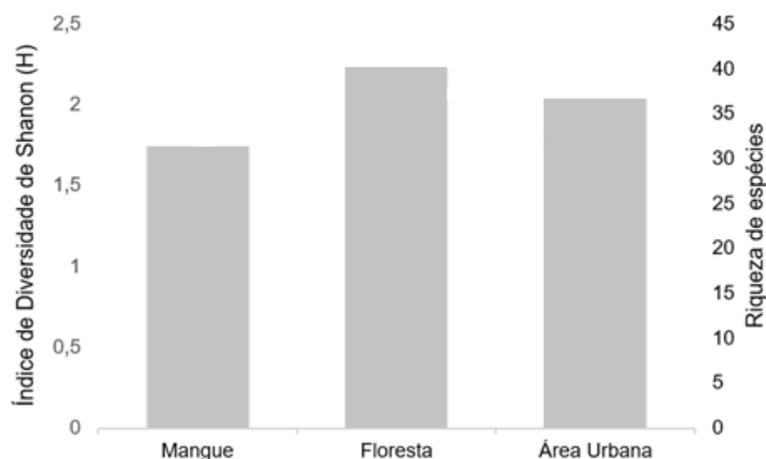
O Mentrasto, *Ageratum conyzoides*, é uma planta daninha infestante de lavouras, hortas e terrenos baldios, possui ampla distribuição, ocorrente em todas as regiões do Brasil (NAKAJIMA, 2010) sua elevada frequência nesse estudo (7,69%) pode ser explicada pelo fato de se desenvolver melhor em solos férteis e com altos teores de matéria orgânica (MATOS, 1994) como neste caso, em área de floresta.

Na Area Urbana, observou-se maior frequência das espécies *Acalypha arvensis* (16,80%), *Pilea microphylla* (13,60%), *Conyza bonariensis* (11,20%) e *Cyperus difformis* (8,80%). Para a espécie *Conyza bonariensis*, sua frequência em determinados lugares pode variar de acordo com as características ambientais e das características competitivas de outras plantas. Martins (2017), encontrou frequência relativa similar (11,48%) em área com alta umidade e teor de matéria orgânica, enquanto em outros trabalhos a frequência relativa para essa espécie foi menor que 2% (FABRICANTE, 2016; MACIEL et al, 2010; SILVA, 2014).

A espécie *Cyperus difformis* foi também uma das espécies com maior frequência relativa em área urbana nesse estudo (8,80%), esta espécie está listada na lista Holm como uma das piores plantas daninhas do mundo, sendo problema especialmente na cultura do arroz, da cana-de-açúcar, do milho e hortaliças. Essa espécie pode se espalhar por vias navegáveis e crescer em locais perturbados, margens do lago e nas margens dos rios (HOLM et al, 1977).

A área de Floresta foi a que apresentou maior riqueza de espécies, com maior diversidade ou heterogeneidade florística, característica já estabelecida para a floresta da Mata Atlântica (Begon et al., 1996). A topografia variada pode ser o elemento influenciador da composição da flora, seus altos níveis de diversidade e endemismo (REZDOWISK, 1978) uma característica das zonas costeiras, que apresentam uma grande complexidade e fragilidade devido aos diversos processos de formação do relevo, incluindo fatores de ordem estrutural, climáticos e oceanográficos (GIGLIOTTI et al, 2008) (Figura 7).

Para o índice de Shannon, quanto maior o valor, maior a diversidade de espécies presentes na área (MELO, 2008). A riqueza de espécies é uma informação importante sobre a diversidade de espécies presentes na área e a necessidade específica de controle no local. Assim, maior homogeneidade pode significar tolerância química de alguns biótipos de espécies frente a um determinado grupo químico de herbicidas.



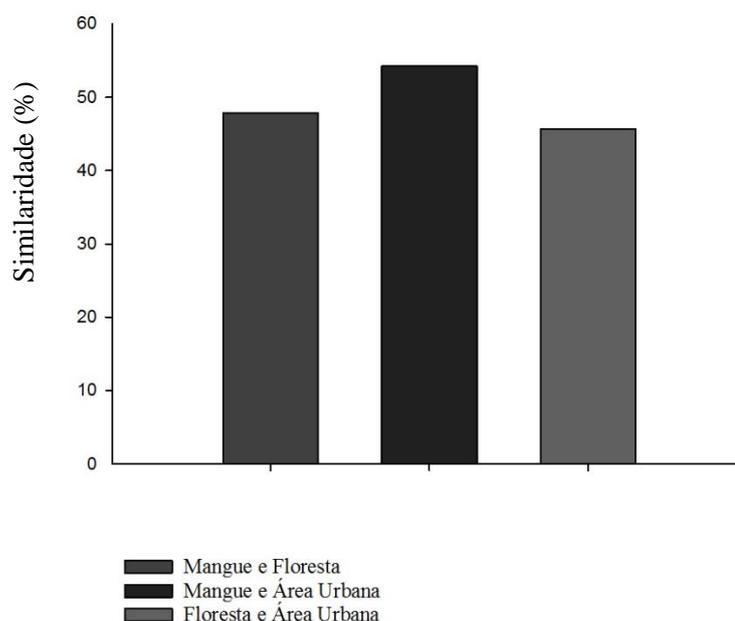
**Figura 7** - Índices de Shanon-Weaver (Riqueza de espécies) de espécies de plantas daninhas ao longo de linha ferroviária em áreas de mangue, floresta e urbana.

A área de mangue apresentou maior homogeneidade comparada as áreas urbana e floresta, com espécies similares e de mesma família botânica, tendo assim menor riqueza de espécies. Essa redução na diversidade comparada a floresta, pode ser explicada pelas condições

abióticas às quais este ecossistema está submetido, como inundação, salinidade e baixo nível de oxigenação do solo (ROSSI & MATTOS, 2011).

Os valores de diversidade observados nesse estudo, obtidos através do índice de Shannon, podem ser considerados baixos quando comparados com valores obtidos em trabalhos de levantamento fitossociológico em Floresta Atlântica de encosta bem conservada, onde os valores chegaram até 4,48 (ZILLER, 2001), o que podem ser explicados devido à interferência de atividade humana intensa.

Conhecer a similaridade entre áreas, pode facilitar o planejamento de controle, pois quanto mais símil as áreas, maior a probabilidade de repetir-se produtos, dosagens e tecnologia de aplicação. Considera-se que há similaridade florística entre duas áreas quando o índice de Sorensen é de no mínimo 50% (FONSECA & SILVA JUNIOR, 2004), neste caso, houve similaridade entre as áreas de Mangue e Área Urbana, com 54%. Dentro dos padrões de Sorensen, não houve similaridade entre as áreas, Floresta e Área urbana e entre as áreas Floresta e Mangue, apresentando maior divergência de espécies entre elas, ou seja, menor similaridade de espécies (Figura 8).



**Figura 8** – Similaridade (%) de espécies de plantas daninhas entre as diferentes áreas de levantamento

A ausência de similaridade entre a área de florestas e outras áreas pode ser justificada pela alta biodiversidade florestal e maior riqueza de espécies. A área de mangue tem seu número de espécies limitado pelas suas características intrínsecas como enxarcamento e salinidade, e a área urbana devido perturbação antrópica mais acentuada, enquanto a Floresta de Mata Atlântica abriga mais de 20 mil espécies de plantas, sendo que mais de 8 mil são endêmicas (MYERS et al, 2000).

#### 4 – CONSIDERAÇÕES

O levantamento fitossociológico de plantas daninhas associadas a via férrea no bioma Mata Atlântica resultou na comparação da vegetação das diferentes subáreas, presença e ausência de similaridade entre elas, densidade vegetativa e frequência de determinadas espécies, informações de grande valia para o planejamento do manejo e controle de plantas daninhas na área. A área de mangue foi a que apresentou maior número de plantas daninhas por m<sup>2</sup> (densidade), incluindo plantas de difícil controle como leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e Soja RR (*Glycine max*) proveniente de carga de grãos feito pela concessionária, o que representa uma área com maior demanda de controle e atenção no manejo de plantas daninhas quando comparada as outras áreas nesse estudo. Com a similaridade entre área de mangue e área urbana é possível prever também, similaridade nas práticas de manejo, facilitando o planejamento das mesmas. As informações obtidas nesse estudo, sobre famílias e espécies presentes na área, possibilita de melhor ajustar o planejamento de plantas daninhas nessa área, reduzindo custos e reduzindo o impacto de plantas daninhas na atividade ferroviária.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, P. L.; CALIJURI, M. L. Diagnóstico das áreas de ocupação inadequada a partir da delimitação das áreas de proteção permanente no município de Viçosa-MG. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 33, 2010.
- ANTUNIASSI, U. R., E. D. VELINI, AND H. C. NOGUEIRA. "Soil and weed survey for spatially variable herbicide application on railways." **Precision Agriculture** 5, no. 1 (2004): 27-39.
- ARIAS, R. S. et al. Isolation and characterisation of the first microsatellite markers for *Cyperus rotundus*. **Weed research**, v. 51, n. 5, p. 451-460, 2011.
- ARUNACHALAM, A., & ARUNACHALAM, K. (2002). Evaluation of bamboos in eco-restoration of 'jhum' fallows in Arunachal Pradesh: ground vegetation, soil and microbial biomass. **Forest Ecology and Management**, 159(3), 231-239.
- BARBOSA, MR de V.; THOMAS, W. W. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da Mata Atlântica no Nordeste. 2002.
- BRASIL. Lei 11.428 de 2006. Das definições, objetivos e princípios do Regime jurídico do bioma mata atlântica. Brasília, DF, dezembro de 2006.
- BRASIL. Lei 12.651 de 2012. Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF, maio de 2012.
- BEGON, M. J. L.; HARPER C. R; TOWNSEND. The Nature of Community, P. 613-647. In: **Ecology: Individuals, populations and communities**. 2<sup>o</sup> edition, Blackwell Science, 945p. 1986.
- BEGON, M. J. L; HARPER; C. R. TOWNSEND. "**Ecology: individuals, populations and communities Blackwell Scientific**." Boston, Massachusetts, USA (1996).
- BENVENUTI, S. Weed dynamics in the Mediterranean urban ecosystem: ecology, biodiversity and management. **Weed Research** 44, 341–354. 2004.
- BHELLUM, B. L., & HAMID, S. *Pilea microphylla* (L.) Liebm.(Urticaceae): a naturalised taxon for the flora of Jammu and Kashmir State, India. **Current Life Sciences**, 2(2), 55-57. 2016.
- CANTAGALLO, C. et al. Mapeamento de sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo no sistema estuarino de Santos, Estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Aquatic and Science Technology**, v. 12, n. 2, p. 33-47, 2008.
- CARDIE, J. M., NEE, M., & MUÑOZ RODRÍGUEZ, P. Synopsis of *Acalypha* L.(Euphorbiaceae) of Peru and Bolivia, with description of a new species. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 70, No. 2). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2013.
- CARDOSO, Josiane Teresinha. A Mata Atlântica e sua conservação. **Revista Encontros Teológicos**, v. 31, n. 3, 2016.

CARVALHO, F. A., and TKB JACOBSON. "Invasão de plantas daninhas no Brasil—uma abordagem ecológica." SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS 1 (2005).

CHIKOYE, D., EKELEME, F., & AMBE, J. T. Survey of distribution and farmers' perceptions of speargrass [*Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel] in cassava-based systems in West Africa. **International Journal of Pest Management**, 45(4), 305-311. 1999.

CONAMA, RESOLUÇÃO nº 349, de 16 de agosto de 2004 Publicada no DOU no 158, de 17 de agosto de 2004, Seção 1, páginas 70-71.

COUTO MIRANDA, Cristiana do; PASQUALOTO CANELLAS, Luciano; TRINDADE NASCIMENTO, Marcelo. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, 2007.

CURTIS, J. T.; MCINTOSH, R. P. The Interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. **Ecology**, v. 31, p. 434-455, 1950.

DEKA, J., TRIPATHI, O. P., & KHAN, M. L. High dominance of *Shorea robusta* Gaertn. in alluvial plain kamrup sal forest of Assam, NE India. **International Journal of Ecosystem**, 2(4), 67-73. 2012.

FABRICANTE, J. R., ARAÚJO, K. C., CASTRO, R. A., & COTARELLI, V. M. Banco de sementes do solo de sítios de Caatinga sob influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco. **Scientia Plena**, 12(4). 2016.

FALLEIRO, R. M., FAGUNDES, J. L., SILVA, A. A., SOUZA, C. M., SOUZA, B. A., SEDIYAMA, C. S., & SILVA, C. S. W. Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. 2005.

FONSECA, M. S.; SILVA JUNIOR, M. C. Fitossociologia e similaridade florística em trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. **Acta Botânica Brasília**, v. 18, n. 1, p. 19-29, 2004.

GALVÃO, J. C. C., SOUZA, L. V., MIRANDA, G. V., TUFFI SANTOS, L. D., FERREIRA, L. R., VAZ DE MELO, A., & SANTOS, I. C. Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional. 2007.

GARAY, I. E. G; SILVA, B. A. O. Forest humus: synthesis and diagnosis om vegetation and soil interrelations. **Ecologia Australis**, v. 1, n. 01, p. 19-46, 2014.

GIGLIOTTI, M. S.; OLIVEIRA, R. C.; BACCI, P. H. M. Compartimentação geomorfológica da região metropolitana da Baixada Santista – SP a partir do uso de imagens LANDSAT 7 ETM+. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 7.; Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, 2., 2008, Belo Horizonte. Belo Horizonte: UFMG, p.01-15, 2008

HOLM L. G; PLUCKNETT D. L; PANCHO J. V; HERBERGER J. P. The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. Honolulu, Hawaii, USA: University Press of Hawaii. 1977.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/home.php>> Acesso em: 19 de jan. 2007.
- INPE, Fundação SOS Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica 2015-2016. 2017.
- IPEF. Boletim informativo especial curso de atualização: herbicidas em florestas. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, (v. 2) 1977.
- JACCARD, P. The distribution of the flora in the alpine zone. *New phytologist*, v. 11, n. 2, p. 37-50, 1912.
- KELLMAN, M. C. The viable weed seed content of some tropical agricultural soils. **Journal of Applied Ecology**, 669-677. 1974.
- KENT, M.; COKER, P. *Vegetation description and analysis, a practical approach*. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. p363.
- KISSMANN, K. G. *Plantas infestantes e nocivas: plantas dicotiledoneas*. BASF Brasileira. 1992.
- LAROCA, Sebastião. *Ecologia: princípios & métodos*. Vozes. Pag 135. 1995.
- LOMBARDO, M. A. *Análise das mudanças climáticas nas metrópoles o exemplo de São Paulo e Lisboa*. 2009.
- LORENZI, H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 608 p. 2000.
- LORENZI, Harri. *Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*. Nova Odessa: Editora Plantarum Ltda. 7º edição. 2014.
- MACEDO, J. F., BRANDÃO, M., & LARA, J. F. R. Plantas daninhas na pós-colheita de milho nas várzeas do rio São Francisco, em Minas Gerais. *Planta Daninha*, 21(2), 239-248. 2003.
- MACIEL C.D.G. et al. Monitoramento de plantas daninhas em gramados de grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüggé) no Município de Paraguaçu Paulista, SP. *Rev Bras Horticult Ornament*. 2010.
- MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton. 1988.
- MARTINS, D. A. P. *Restauração de áreas degradadas por exploração mineral no Planalto Catarinense*. 2017.
- MARTINS, S. E., ROSSI, L., SAMPAIO, P. D. S. P., & MAGENTA, M. A. G. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertoga, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(1), 249-274. 2008.
- MARTINS, F. R. *Fitossociologia de florestas do Brasil: um histórico bibliográfico*. Pesquisas, São Leopoldo 40: 103-164. (Série Botânica). 1989.

- MATOS, F. D. A. Proposta de validação farmacognóstica de drogas vegetais, plantas medicinais e fitoterápicos. *Infarma-Ciências Farmacêuticas*, 3(1/6), 9-14. 1994.
- MCKEE, K. L. Soil physicochemical patterns and mangrove species distribution - reciprocal effects? *Journal of Ecology*, 81:477-487. 1993.
- MELO, A. S. O que ganhamos' confundindo'riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?. *Biota Neotropica*. Vol. 8, n. 3 (jul./set. 2008), p. 21-27. 2008.
- MESQUITA, E. R., BARROS, A. F., FERREIRA, F. A., FREITAS, F. C. L., BARBOSA, J. G., & GROSSI, J. A. S. Controle químico de brilhantina (*Pilea microphylla*) no cultivo de orquídeas. 2007.
- MICHAEL P.W. Some weedy species of *Amaranthus* (amaranths) and *Conyza/Erigeron* (fleabanes) naturalised in the Asian-Pacific region. In: Proceedings of the 6th Asian-Pacific Weed Sci. Soc. Conference (Jakarta, Indonesia, 11–17 July 1977). Asian-Pacific Weed Science Society, Jakarta, 87–95. 1977.
- MILEO, L. J., SILVA, J. F., ALBERTINO, S. M. F., LEITE, B. N., MENEZES, D. S., & SANTOS, A. F. Phytosociology of Weeds in Cultivation of Two Varieties of Cassava1. *Planta Daninha*, 34(2), 267-276. 2016.
- MIRANDA, I. S., MITJA, D., & SILVA, T. S. (2009). Mutual influence of forests and pastures on the seedbanks in the Eastern Amazon. *Weed research*, 49(5), 499-505.
- MORAES-NETO, S. P.; GONCALVES, J. L. M.; TA.A.I, M.; CENCI, S.; GONCALVES, J. C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 35- 45, 2000.
- MORENO, Marcel R.; NASCIMENTO, Marcelo T.; KURTZ, Bruno C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. *Acta Botanica Brasilica*, v. 17, n. 3, p. 371-386, 2003.
- MORTON, J. M., AMIDON, F. A., & QUINATA, L. R. Structure of a limestone forest on northern Guam. *MICRONESICA-AGANA-*, 32(2), 229-244. 2000.
- MOURA, C., PASTORE, J. A., & FRANCO, G. A. D. C. (2007). Flora vascular do Parque Estadual Xixová-Japuí Setor Paranapuã, São Vicente, Baixada Santista, SP. *Rev. Inst. Flor*, 149-72.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley e Sons, p. 547. 1974.
- MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. FONSECA & J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-845. 2000.
- NAKAJIMA, J. *Ageratum* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010.
- ODUM, E. P; ODUM, H. T.; ANDREWS, Joan. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Saunders, 1971.
- OKUNADE A. L. *Ageratum conyzoides* L. Asteraceae. *Fitoterapia* 73: 1-16, 2002.

- OLIVEIRA FILHO, A. T.; FLUMINHAN FILHO, M. VEGETATION ECOLOGY OF THE PARQUE FLORESTAL QUEDAS DO RIO BONITO, BRAZIL. *CERNE*, v. 5, n. 2, p. 051-064, 2015.
- OLIVEIRA, W. R. L., & MAGENTA, M. A. G. . Colonization by native and exotic vegetation in Sector I Grotão Nucleus Pinhal de Miranda, Cubatão, SP. *Unisanta BioScience*, 1(2), 44-48. 2012.
- PEARMAN, P. B., GUIBAN, A., BROENNIMANN, O., & RANDIN, C. F. Niche dynamics in space and time. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(3), 149-158. 2008.
- PIELOU, E. C. *Mathematical Ecology*. New York, Wiley. 385p.
- PINOTTI, E. B. et al. Levantamento florístico de plantas daninhas na cultura da mandioca no município de Pompéia–SP. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, n. 1, p. 120-125, 2010.
- PRIEUR-RICHARD A.H., LAVOREL S., GRIGULIS K. AND DOS SANTOS A. Plant community diversity and invasibility by exotics: invasion of Mediterranean old fields by *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis*. *Ecol. Lett.* 3, 412–422. 2000.
- PRIMACK, R. B. *Biologia da conservação e diversidade biológica*. In: Primack, RB; Rodrigues, E. *Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Vida, p. 01-68, 2001.
- PRUSKI J. F. *Asteraceae*. In.: *Flora Mesoamericana*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. Volume 5. 2ed. 2005.
- RAMOS, Maiara Bezerra. Influência dos fatores edáficos na composição e estrutura da comunidade arbustiva-arbórea ao longo de um gradiente altitudinal no semiárido brasileiro. 2015.
- ROY, S.; CHAKRABORTY, U. Salt tolerance mechanisms in salt tolerant grasses (STGs) and their prospects in cereal crop improvement. *Botanical Studies*. 55:31-39, 2014.
- ROSSI, M., & MATTOS, I. F. A. Solos de mangue do estado de São Paulo: caracterização química e física. **Revista do departamento de Geografia**, 15, 101-113. 2011.
- SATTIN, M., BERTI, A., & ZANIN, G. Crop yield loss in relation to weed time of emergence and removal: analysis of the variability with mixed weed infestations. In 2. International Weed Control Congress, Copenhagen (Denmark), 25-28 Jun 1996. SP., 1996.
- SCHAFFER, Wigold Bertoldo et al. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra, 2011.
- SHANNON, CLAUDE ELWOOD. *The Mathematical Theory of Communication*. By CE Shannon and Warren Weaver. Urbana, 1949.
- SILVA DA, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. *Cerne*, 11(2). 2005.
- SILVA, M. Y. B. D. Florística e estrutura de uma formação pioneira com influência fluvio-lacustre 12 anos após derramamento de óleo, Araucária, Paraná. 2014.
- SOARES, M. L. G. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 59(3): 503-515. 1999.

SOARES, M.L.G., CHAVES, F.O., CORRÊA, F.M. & SILVA JUNIOR, C.M.G. Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). *An. Inst. Geoc.* 26:101- 106. 2003.

SORENSEN, T. A. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *K dan Vidensk Selsk Biol Skr* 5:1-34. 1948

SOUZA, D. R. Sustentabilidade ambiental e econômica do manejo em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, 2003.

STOLLER, E. W., & SWEET, R. D. Biology and life cycle of purple and yellow nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). **Weed Technology**, 1(1), 66-73. 1987.

SUDNIK-WÓJCIKOWSKA, B. & GALERA, H. Floristic differences in some anthropogenic habitats in Warsaw. *Annales Botanici Fennici* 42: 185-193. 2005.

TONGMA, S., KOBAYASHI, K., & USUI, K. Allelopathic activity of mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in soil. **Weed Science**, 432-437. 1998.

TORSTENSSON L & BORJESSON E. Use of imazapyr against *Equisetum arvense* on Swedish railway tracks. **Pest Management Science** 60, 565–569. 2004.

TROPALDI, L., VELINI, E. D., CARBONARI, C. A., ARALDI, R., CORNIANI, N., GIROTTO, M., & DE FREITAS, I. P. Detecção da tolerância de diferentes espécies de capim-colchão a herbicidas inibidores do fotossistema II utilizando a técnica da fluorescência. **Ciência Rural**, 45(5), 767-773. 2015.

VANNUCCI, Marta. Os manguezais e nós: uma síntese de percepções. Edusp, 2003.

WAGNER, W. L., HERBST, D. R., & SOHMER, S. H. Manual of the flowering plants of Hawai'i--Revised Edition. Bishop Museum special publication. 1999.

WHITTAKER, Robert H. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, p. 213-251, 1972.

ZACHOS, Frank E.; HABEL, Jan Christian (Ed.). Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas. Springer Science & Business Media, 2011.

Ziller, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, 30(178), 77-79. 2001.

## CAPITULO II – EFICIÊNCIA DO GLIFOSATO NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM VIA FÉRREA

RESUMO - Objetivou-se nesse trabalho avaliar a eficiência do glifosato, isolado ou em mistura com adjuvante, no controle de plantas daninhas em via férrea, inserida em uma região de influência da Mangue na Baixada Santista SP, trecho de maior infestação de planta daninhas. Para isso, foram realizados dois experimentos *in situ*, no mês de julho de 2017: No primeiro foi avaliado o efeito de doses de glifosato: 0 g. ha<sup>-1</sup> (controle); 1.440 g.ha<sup>-1</sup>, 2.160 g.ha<sup>-1</sup>, 2.880 g.ha<sup>-1</sup> (dose comercial) e 5.760 g.ha<sup>-1</sup>, aplicando o produto comercial padrão utilizado na área. No segundo experimento, foram utilizadas três formulações comerciais a base de glifosato, em suas doses recomendadas pelo fabricante (Roundup NA® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>), Roundup WG® (2,3 Kg p.c. ha<sup>-1</sup>) e Pilarsato® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>), com e sem adição de surfactante organossiliconado. Aos 20, 40 e 60 dias após aplicação (DAA) foi realizada a avaliação visual de controle das plantas daninhas na parcela, atribuindo-se notas variando de 0% (ausência de efeito fitotóxico pelo herbicida) a 100% (morte das plantas). Aos 60 DAA avaliou-se a reinfestação de plantas daninhas. Não houve diferença no controle de plantas daninhas nas avaliações realizadas aos 20 e 40 DAA. Aos 60 DAA, o controle foi maior para a dose 5.760 g.ha<sup>-1</sup> e menor para a dose 1.440 g.ha<sup>-1</sup>. A reinfestação na área aos 60 DAA foi maior nas parcelas que receberam a dose 5.760 g.ha<sup>-1</sup>, e menor para a dose 1.440 g.ha<sup>-1</sup> DAA. No experimento 2, verificou-se controle das plantas daninhas acima de 80%, independente do uso ou não do adjuvante. Para o produto comercial Roundup WG o incremento do adjuvante proporcionou aumento no controle das plantas daninhas aos 20 e 40 DAA (de 85 a 92% e 86 a 95%, respectivamente). Para o Roundup NA verificou-se maior controle aos 20 (86%) e 40 DAA (85%) quando aplicado isoladamente, comparado à aplicação com adição de adjuvante (80% aos 20 dias e 83% aos 40 DAA). Para o produto comercial Pilarsato o controle de plantas daninhas não diferiu entre aplicação do produto isolado ou com adjuvante. De acordo com o experimento verificou-se a eficiência do glifosato no controle de plantas daninhas em via férrea, tanto isolado quanto em mistura com adjuvante, alcançando controles classificados como suficiente, bom, e na sua maioria muito bom.

Palavras chave: Glifosato; Plantas daninhas; Mangue.

## CHAPTER II - EFFICIENCY OF GLYPHOSATE IN THE CONTROL OF WEEDS IN RAILWAY

SILVA, Ester Fonseca. **Phytosociological survey and weed management in a railway - Cap 2: Efficiency of glyphosate in the control of weeds in the railroad**. 2019. 83p. Masters dissertation. Graduate Program in Phytotechnology. Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

**ABSTRACT** - The objective of this work was to evaluate the efficiency of glyphosate, alone or in combination with adjuvant, in the control of weeds in a railway track, inserted in a region of influence of Mangue in Baixada Santista SP, railway section with greater weed infestation. For this, two experiments were carried out in situ, in July 2017: In the first, the effect of doses of glyphosate: 0 g ha<sup>-1</sup> (control); 1.440 g ha<sup>-1</sup>, 2.160 g ha<sup>-1</sup>, 2.880 g ha<sup>-1</sup> (commercial dose) and 5.760 g ha<sup>-1</sup>, applying the standard commercial product used in the field. In the second experiment, three commercial formulations based on glyphosate were used, in their doses recommended by the manufacturer (Roundup NA® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>), Roundup WG® (2,3 Kg p.c. ha<sup>-1</sup>) e Pilarsato® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>)), with and without addition of organosiliconated surfactant. In both experiments the application was performed using a CO<sub>2</sub> pressurized costal pulverizer, working at a constant pressure of 30 lb Pol-2, equipped with a four-bar bar, equipped with XR 110.02 type tip, applying a volume of 200 L ha<sup>-1</sup>. At 20, 40 and 60 days after application (DAA) the visual evaluation of weed control in the plot was performed, with scores varying from 0% (absence of phytotoxic effect by herbicide) to 100% (plant death). At 60 DAA weed reinfestation was established. There was no difference in weed control in the evaluations performed at 20 and 40 DAA. At 60 DAA, the control was higher for the 5.760 g ha<sup>-1</sup> dose and lower for the 1.440 g ha<sup>-1</sup> dose. Reinfestation in the area at 60 DAA was higher in the plots receiving the dose 5.760 g ha<sup>-1</sup>, and lower at the dose 1.440 g ha<sup>-1</sup> DAA. In experiments 2, weed control was verified above 80%, regardless of the use or not of the adjuvant. For the commercial product Roundup WG the adjuvant increment provided increased weed control at 20 and 40 DAA (from 85% to 92.5% and 86.3 to 95%, respectively). For the NA Roundup, 20 (86.3%) and 40 AAD (85.5%) were more controlled when applied alone, compared to the application with adjuvant addition (80.0% at 20 days and 83.8% to 40 DAA). For the commercial product Pilarsato the control of weeds did not differ between application of the product alone or with adjuvant. According to the experiment, the efficiency of glyphosate in the control of weeds was verified, both isolated and in admixture with adjuvant, reaching controls classified as sufficient, good, and mostly very good.

Key words: Glyphosate; Weeds; Mangrove.

## 1 – INTRODUÇÃO

A presença de plantas daninhas na linha férrea interfere direta e indiretamente no transporte ferroviário, colocando em risco a segurança dos trabalhadores em operações de manutenção dessas vias, podendo provocar queda de colaboradores, causando graves acidentes, além de alojar animais peçonhentos e insetos que podem ser nocivos ao homem (CARVALHO, 2013). Plantas daninhas podem ainda ser material propagador de incêndios, e aumentar o risco de derrapagem, aumentando assim as distâncias de aceleração e de frenagem, dificultando a parada obrigatória em sinais (TORSTENSSON, 2001).

Dentre os herbicidas utilizados no manejo de plantas daninhas em vias férreas destaque é dado ao glifosato. O uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em malhas ferroviárias foi introduzido em 1920 (SCHWEINSBERG, 1999), o controle químico vem sendo utilizado até hoje por ser um método de menor custo benefício, levando-se em consideração a grande extensão das vias.

O glifosato é um herbicida não seletivo, pós-emergente, e pode ser usado em pré-plantio para controle de plantas daninhas em culturas anuais ou usado em pós-emergência para controle da vegetação em áreas não-agrícolas, como sites industriais e ferrovias. Controla uma gama de espécies de daninhas anuais e perenes, mais eficiente no controle de gramíneas anuais (SENSEMAN, 2007). Glifosato é um herbicida sistêmico que age inibindo a enzima enolpiruvil-shikimato3-fosfato (EPSP) sintase, bloqueando a produção de aminoácidos aromáticos importantes do desenvolvimento vegetal, resultando na inibição do crescimento da planta logo após a aplicação, observando-se clorose foliar e posteriormente progredindo para necrose da planta (GRAVENA et al., 2008).

A absorção do glifosato é feita moderadamente através da cutícula quando aplicado em pós-emergência, podendo ser influenciada por diversos fatores, como as características intrínsecas da planta, condições ambientais, concentração do herbicida utilizado, dose, uso ou não de aditivos, e o método de aplicação (YAMADA & CASTRO, 2007). É o herbicida de maior participação no mercado mundial, sendo aplicados somente na última década, 6.1 bilhões de Kg de glifosato no Mundo, representando 71.6% do total entre 1974-2014 (BENBROOK, 2016) e diferentes formulações tem surgido no mercado visando aumento de performance e atender diferentes demandas. O sal de isopropilamina do glifosato (Roundup NA e Pilarsato como exemplos de produtos comerciais) é mais facilmente absorvido do que o ácido glifosato, e surfactantes/adjuvantes e o sulfato de amônio aumentam ainda mais a absorção do sal de isopropilamina (MACISAAC, 1991).

Muitas pesquisas comparam a atividade e desempenho de diferentes formulações do herbicida glifosato (MARBLE et al. 2017; PERÉZ et al. 2011; NORRIS, 2001), confirmando que diferentes sais de glifosato e aditivos adjuvantes são instrumentais na otimização dos processos de absorção e ação do herbicida (TRAVLOS et al., 2017).

Além disso, diversos trabalhos buscam avaliar o efeito da adição de adjuvante à diferentes formulações de glifosato, avaliando fatores como qualidade de aplicação e eficiência de controle (SALVALAGGIO, 2018; LEITE et al 2017; NASCIMENTO et al 2012), pois os adjuvantes são substâncias que facilitam a aplicação, pois melhora o molhamento, aderência, espalhamento e na dispersão da calda durante a pulverização, reduzindo perdas e melhorando o desempenho do agente químico de controle (SASAKI et al., 2015).

Nesse sentido, objetivou-se nesse trabalho avaliar a eficiência do glifosato, isolado ou em mistura com adjuvante, no controle de plantas daninhas em via férrea, inserida em uma região de Mangue.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos na Ilha Barnabé, na cidade de Santos, localizada no Estado de São Paulo, 23° 55'49.4''S 46°20'50.0''W (Figura 1), de agosto a novembro de 2017. O clima da região é quente e úmido, com temperatura média superior a 20°C e precipitação anual que varia entre 2.000 e 2.500 mm (CANTAGALLO, 2008). Para estes experimentos foi selecionada uma área homogênea em nível de infestação e plantas daninhas.



**Figura 9** - Ilha Barnabé, Santos, SP. Fonte: Google Earth (Acesso 07. Ago. 2018).

No primeiro experimento foram avaliados cinco tratamentos, sendo quatro doses de glifosato e uma testemunha: 0 g ha<sup>-1</sup> (controle); 1.440 g ia ha<sup>-1</sup>; 2.160 g ia ha<sup>-1</sup>, 2.880 g ia ha<sup>-1</sup> e 5.760 g ia ha<sup>-1</sup>. Foi utilizado o produto comercial Pilarsato®, sendo este produto padrão de aplicação nessa área pela concessionária que administra a ferrovia.

No segundo experimento foi avaliado a eficiência do glifosato, em três formulações comerciais com e sem mistura com adjuvante Agral®, surfactante não-íonico (Tabela 2). Os produtos comerciais a base de glifosato testados foram: Roundup NA® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>), Roundup WG® (2,3 Kg p.c. ha<sup>-1</sup>) e Pilarsato® (4,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>).

Nos dois experimentos os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais apresentavam área de 24 m<sup>2</sup> (4m x 6m) partindo do trilho central em direção ao final da área de servidão da ferrovia. Para aplicação do herbicida foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> com barra de quatro bicos munida com pontas tipo XR 110.02, trabalhando a pressão constante de 30 lb

Pol<sup>-2</sup>, aplicando volume de 200 L ha<sup>-1</sup>. No momento da aplicação a velocidade do vento era de 13 Km/h a temperatura 30 °C e a umidade relativa 75%.

**Tabela 2** – Tratamentos do experimento com diferentes produtos comerciais de glifosato e adjuvante.

Tratamento	Produto	Ingrediente ativo	Adjuvante
1	Testemunha	-	-
2	Adjuvante	-	36 mL ha <sup>-1</sup>
3	Pilarsato	2.160 g i.a ha <sup>-1</sup>	-
4	Pilarsato + Adjuvante	2.160 g i.a ha <sup>-1</sup>	36 mL ha <sup>-1</sup>
5	Roundup NA	2.160 g i.a ha <sup>-1</sup>	-
6	Roundup NA + Adjuvante	2.160 g i.a ha <sup>-1</sup>	36 mL ha <sup>-1</sup>
7	Roundup WG;	1.823 g i.a ha <sup>-1</sup>	-
8	Roundup WG + Adjuvante	1.823 g i.a ha <sup>-1</sup>	36 mL ha <sup>-1</sup>

Aos 20, 40 e 60 dias após aplicação (DAA) do herbicida foi realizado avaliação visual de controle das plantas daninhas, atribuído-se notas variando de 0 a 100 (%), em que 0 representa ausência de controle (ausência de efeito fitotóxico pelo herbicida) e 100 a morte das plantas, de acordo com Associação Latino-Americana de Plantas Daninhas (ALAM, 1974) (Tabela 3).

**Tabela 3** – Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas.

Notas	Controle	Denominação
1	0 – 40	Nenhum/Pobre
2	41 – 60	Regular
3	61 – 70	Suficiente
4	71 – 80	Bom
5	81 – 90	Muito Bom
6	91 – 100	Excecente

**Tabela 4** – Espécies de plantas daninhas ocorrentes na área onde os testes com o herbicida glifosato foram conduzidos.

Família	Nome Científico	Família	Nome Científico
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	<i>Bidens alba</i>
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i>
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i>	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>

Família	Nome Científico	Família	Nome Científico
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i>	Brassicaceae	<i>Coronopus didymus L.</i>
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i>
Caesalpiniaceae	<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>	Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>
Convolvulaceae	<i>Hypochaeris brasiliensis</i>	Convolvulaceae	<i>Ipomoea grandifolia</i>
Convolvulaceae	<i>Hypochaeris radicata</i>	Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>
Euphorbiaceae	<i>Acalypha arvensis</i>	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Fabaceae	<i>Aeschynomene americana</i>
Fabaceae	<i>Cassia occidentalis</i>	Fabaceae	<i>Glycine max</i>
Fabaceae	<i>Scoparia dulcis</i>	Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>
Poaceae	<i>Setaria parviflora</i>	Poaceae	<i>Digitaria insularis</i>
Poacea	<i>Schizachyrium condensatum</i>	Poaceae	<i>Eleusine indica</i>
Solanaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Solanaceae	<i>Solanum americanum</i>
Urticaceae	<i>Pilea microphylla</i>		

Aos 60 DAA foi realizada avaliação da reinfestação de plantas daninhas, onde a rebrota ou o surgimento de novos indivíduos foram contabilizados, atribuindo-se notas, onde 0% representa ausência de reinfestação e 100% reinfestação total de plantas na parcela.

Os dados obtidos nos experimentos submetidos à análise da variância (ANOVA) ( $p \leq 0,05$ ) e em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade no programa RBIO (BHERING, 2017). Adicionalmente no experimento 1, os dados obtidos foram submetidos à regressão não-linear onde foram ajustadas equações de regressão ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ) pelo modelo sigmoidal de três parâmetros:

$$\hat{y} = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

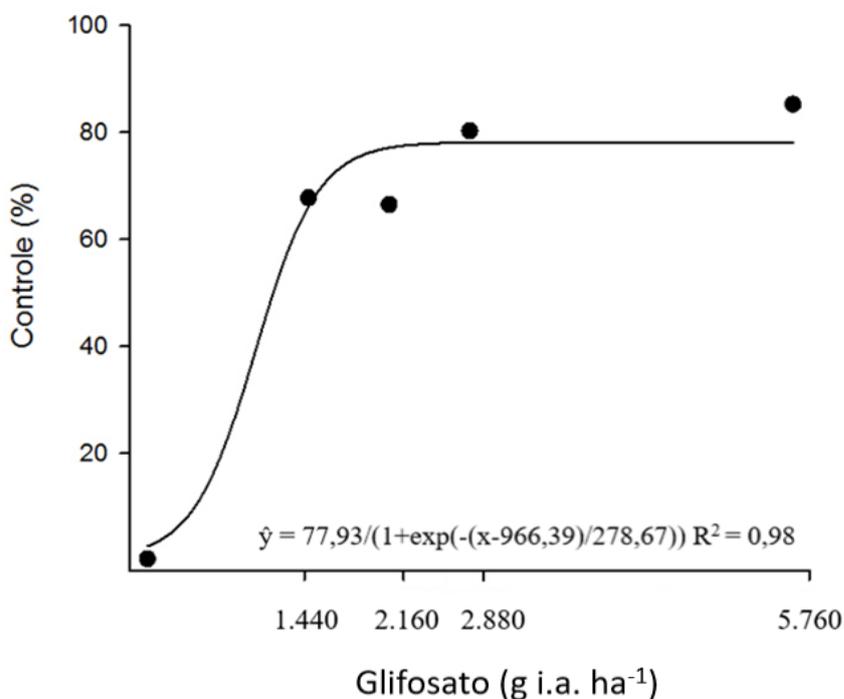
Nesta equação  $\hat{y}$  é o controle (%) da espécie em relação à testemunha;  $x$  é a dose do herbicida (i.a  $ha^{-1}$ );  $a$  e  $b$  são parâmetros de regressão não linear do modelo; e  $x_0$  é a dose inicial do herbicida. Os parâmetros de regressão e as curvas foram plotadas utilizando o programa Sigma Plot (Versão 14.0 for Windows, Systat Software Inc., Point Richmond, CA).

### 3 – RESULTADO E DISCUSSÃO

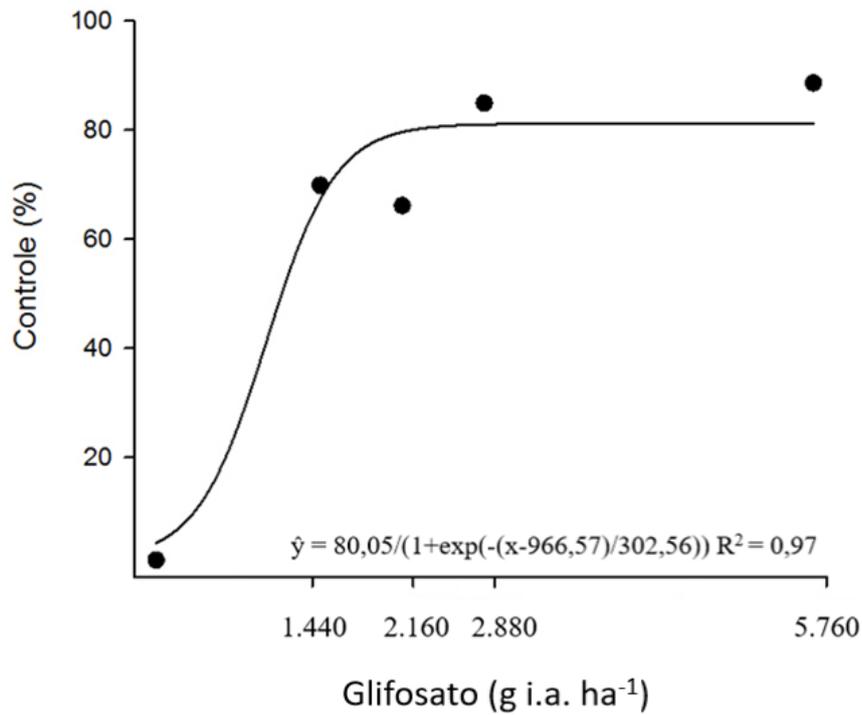
#### EXPERIMENTO 1

O controle das plantas daninhas exercido pelo glifosato na dose  $2.880 g ha^{-1}$ , em avaliação realizado aos 20 e 40 DAA foi de 80% e para a dose  $5.760 g ha^{-1}$ , maior que 80% (Figura 10 e 11). Esses valores são considerados muito bom na avaliação de eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas de acordo com ALAM (1974), já as doses  $1.440 g ha^{-1}$  e  $2.160 g ha^{-1}$  apresentaram controle a partir de 60%, sendo valor considerado suficientes.

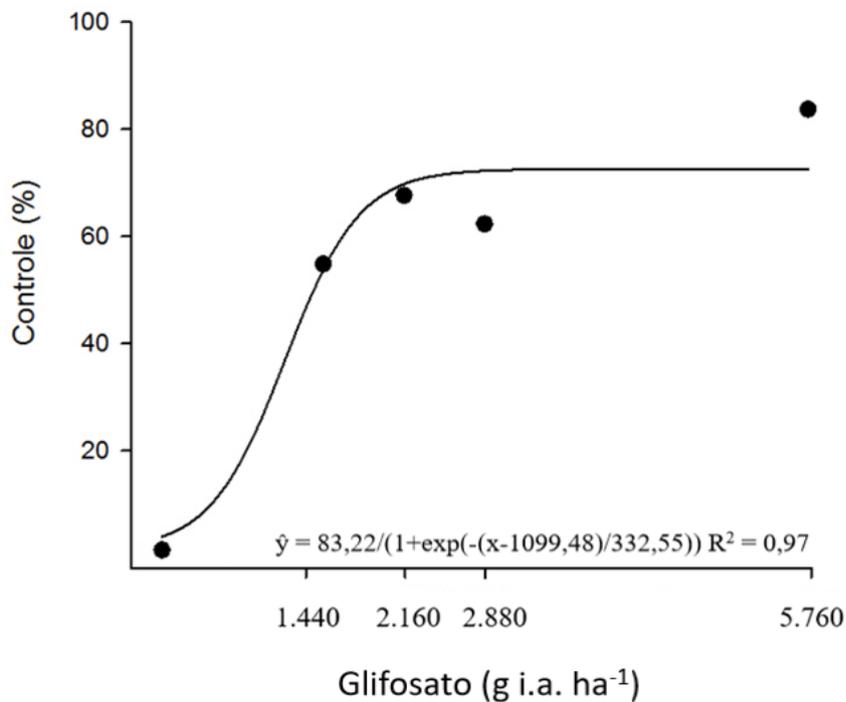
Aos 60 DAA o controle foi reduzido abaixo de 80% para todas as doses, mantendo-se apenas para a dose 5760 g ha<sup>-1</sup> (Figura 12). Nesse caso a redução se deu em função do surgimento de novas plantas provenientes do banco de sementes da área. Esta redução de controle, ou elevado ressurgimento de plantas dependem das espécies presentes na área, bem como a composição do banco de semente, o que justifica resultados encontrados aqui e resultado semelhantes encontrados por Christoffoleti et al. (1998) e Rorato et al. (2013), quanto a redução da eficiência de controle do glifosato após sessenta dias de aplicado. Poddar et al. (2014) observaram bom controle com glifosato aos 90 dias para plantas daninhas de folhas largas, o que diverge muito da realidade do presente estudo, que em levantamento fitossociológico na região foram encontradas 63 espécies de 21 famílias botânicas diferentes (vide cap. 1).



**Figura 10** – Controle de plantas daninhas (%) aos 20 DAA.



**Figura 11** – Controle de plantas daninhas (%) aos 40 DAA.

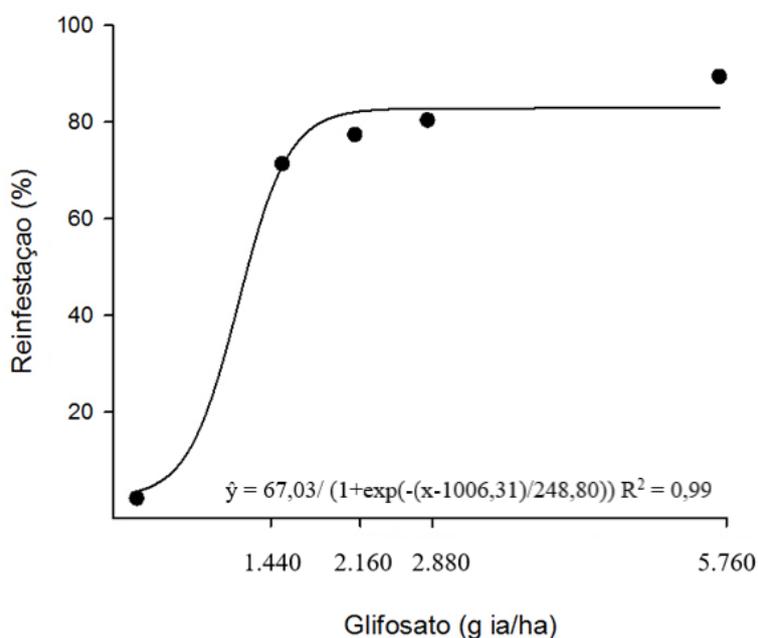


**Figura 12** – Controle de plantas daninhas (%) aos 60 DAA.

Com o uso de herbicidas pós-emergentes, as plantas daninhas podem ser controladas sem aplicação direta no solo, priorizando a superfície vegetal (COBLE, 1981). Embora esses herbicidas sejam altamente eficazes, muitos têm pouca ou nenhuma atividade residual.

Portanto, existe a possibilidade de que o crescimento da população de plantas daninhas, ou ressurgimento de plantas daninhas ocorra após o controle inicial ter sido alcançado.

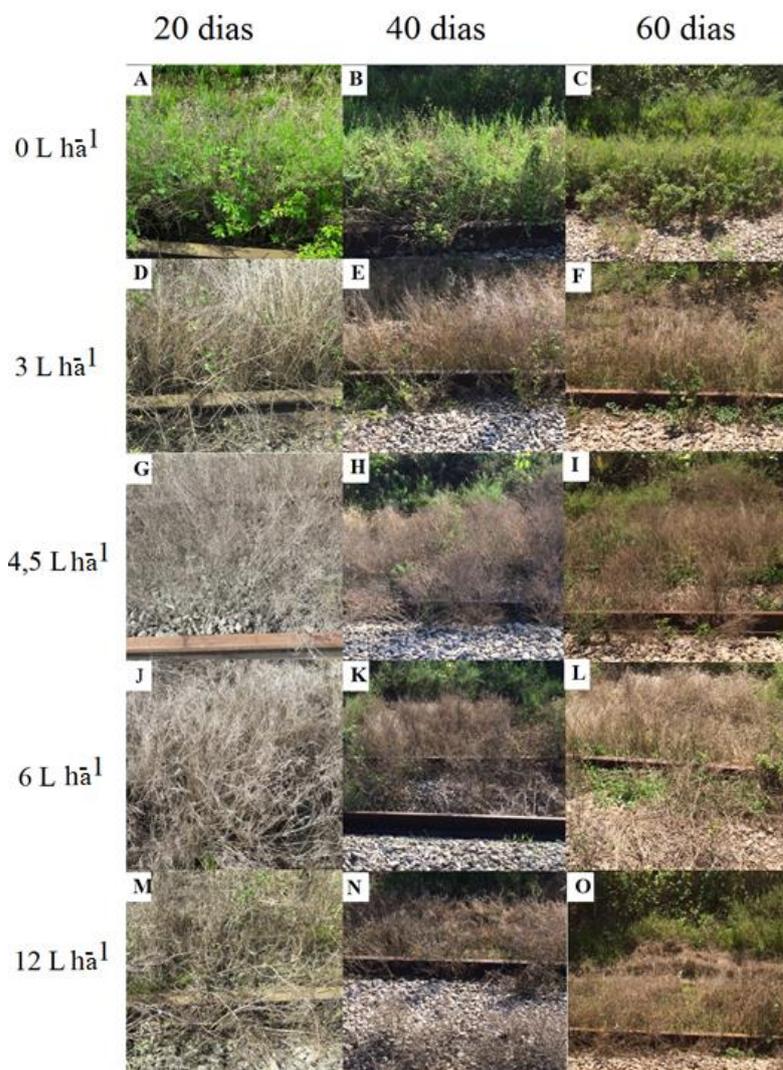
Essa reinfestação foi verificada nesse estudo em avaliação realizada a partir dos 60 DAA, sendo maior para o dobro da dose comercial, 5.760 g ha<sup>-1</sup>, e menor para a metade da dose, 1.440 g i.a ha<sup>-1</sup>, isso porque, quanto mais efetivo o controle de plantas daninhas, maior a oportunidade para o surgimento de plantas provenientes de banco de sementes. Esse ressurgimento mostra a importância da redução entre os intervalos de aplicação feito pela concessionária ferroviária (Figura 13).



**Figura 13** – Reinfestação de plantas daninhas (%) aos 60 DAA.

O período de persistência do glifosato no ambiente varia de acordo com a microbiota do solo e sua disponibilidade para biodegradação, ou com o poder de adsorção das moléculas do herbicida ao solo (SOUZA et al., 1999). A interação do herbicida com o solo depende das características físicas e químicas do solo, podendo ter 90% do produto aplicado instantaneamente retido e o restante aproximadamente 10 minutos após a aplicação, caracterizando uma sorção rápida deste herbicida (PRATA, 2002). Dessa forma, estima-se não haver resíduo do herbicida no solo, e plantas provenientes do banco de sementes não sofrem ação deste, independente da dosagem.

Na figura 14 é possível verificar presença de plantas daninhas, proveniente de reinfestação natural, aos 60 DAA, nas parcelas que receberam os tratamentos de herbicida nas diferentes doses, bem como o controle da vegetação aos 20 e 40 DAA (Figura 14).



**Figura 14** - Controle de plantas daninhas pelo glifosato em diferentes doses em avaliação realizada aos 20, 40 e 60 DAA. A – 0 L.ha-1 aos 20 dias; D – 3 L.ha-1 aos 20 dias; G – 4,5 L.ha-1 aos 20 dias; J – 6 L.ha-1 aos 20 dias; M – 12 L.ha-1 aos 20 dias; B – 0 L.h

Os intervalos de aplicação geralmente utilizados no controle de plantas daninhas, também dependem da composição da comunidade invasora, das características de agressividade dessas plantas, como velocidade de reestabelecimento. Plantas que se propagam vegetativamente tendem a reinfestar uma área de forma mais rápida e tem alto potencial infestante (CARVALHO, 2013), por isso, observar a presença de plantas com essa capacidade é importante na hora de programar as atividades de aplicação do herbicida. Martini et al. (2002), verificaram reinfestação de uma área dominada por planta de propagação vegetativa (*Cynodon dactylon*) em 43 dias para diferentes produtos de glifosato.

## EXPERIMENTO 2

No experimento com uso de adjuvante e diferentes formulações comerciais a base de glifosato, todos os tratamentos apresentaram controle igual ou superior a 80% em avaliação

realizada aos 20 dias após aplicação (Tabela 4). Esse resultado indica eficácia elevada dos diferentes produtos comerciais no controle da vegetação existente na área, com ou sem o adjuvante Agral.

**Tabela 5** - Porcentagem de controle de plantas daninhas aos 20, 40 e 60 dias após a aplicação de diferentes formulações de Glifosato com e sem adjuvante, e reinfestação de plantas invasoras aos 60 DAA.

Tratamento	Produto Comercial	Dias após a aplicação			
		20 <sup>1</sup>	40	60	Reinfestação
		% Controle			
1. 0 L ha <sup>-1</sup>	Testemunha	0,0c <sup>2</sup>	0,0c	0,0c	0,0c
2. Surfactante organossiliconado (36 mL ha <sup>-1</sup> )	Agral	0,0c	0,0c	0,0c	0,0c
3. Glifosato (2.160 g ha <sup>-1</sup> )	Pilarsato	85,0ab	87,5ab	92,0a	38,8a
4. Glifosato (2.160 g ha <sup>-1</sup> ) + surfactante organossiliconado (36 mL ha <sup>-1</sup> )	Pilarssato + Agral	85,0ab	87,5ab	96,5a	40,8a
5. Glifosato (2.160g ha <sup>-1</sup> )	Roundup NA	86,3ab	87,5ab	95,8a	34,5ab
6. Glifosato (2.160g ha <sup>-1</sup> ) + surfactante organossiliconado (36 mL ha <sup>-1</sup> )	Roundup NA + Agral	80,0b	83,8b	92,0a	27,5b
7. Glifosato (1.823g ha <sup>-1</sup> )	Roundup WG	85,0ab	86,3ab	87,0a	43,8a
8. Glifosato (1.823g ha <sup>-1</sup> ) + surfactante organossiliconado (36 mL ha <sup>-1</sup> )	RoundupWG + Agral	92,5a	95,0a	97,3a	40,5a
CV (%)		8,06	8,68	10,37	15,96

1. Dias após a aplicação; 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste DUNCAN ao nível de 5% de significância.

Em avaliações realizadas aos 20 e 40 DAA, o Roundup WG foi o que proporcionou maior controle de plantas daninhas, quando em mistura com o adjuvante, quando comparado ao tratamento controle (Tabela 4).

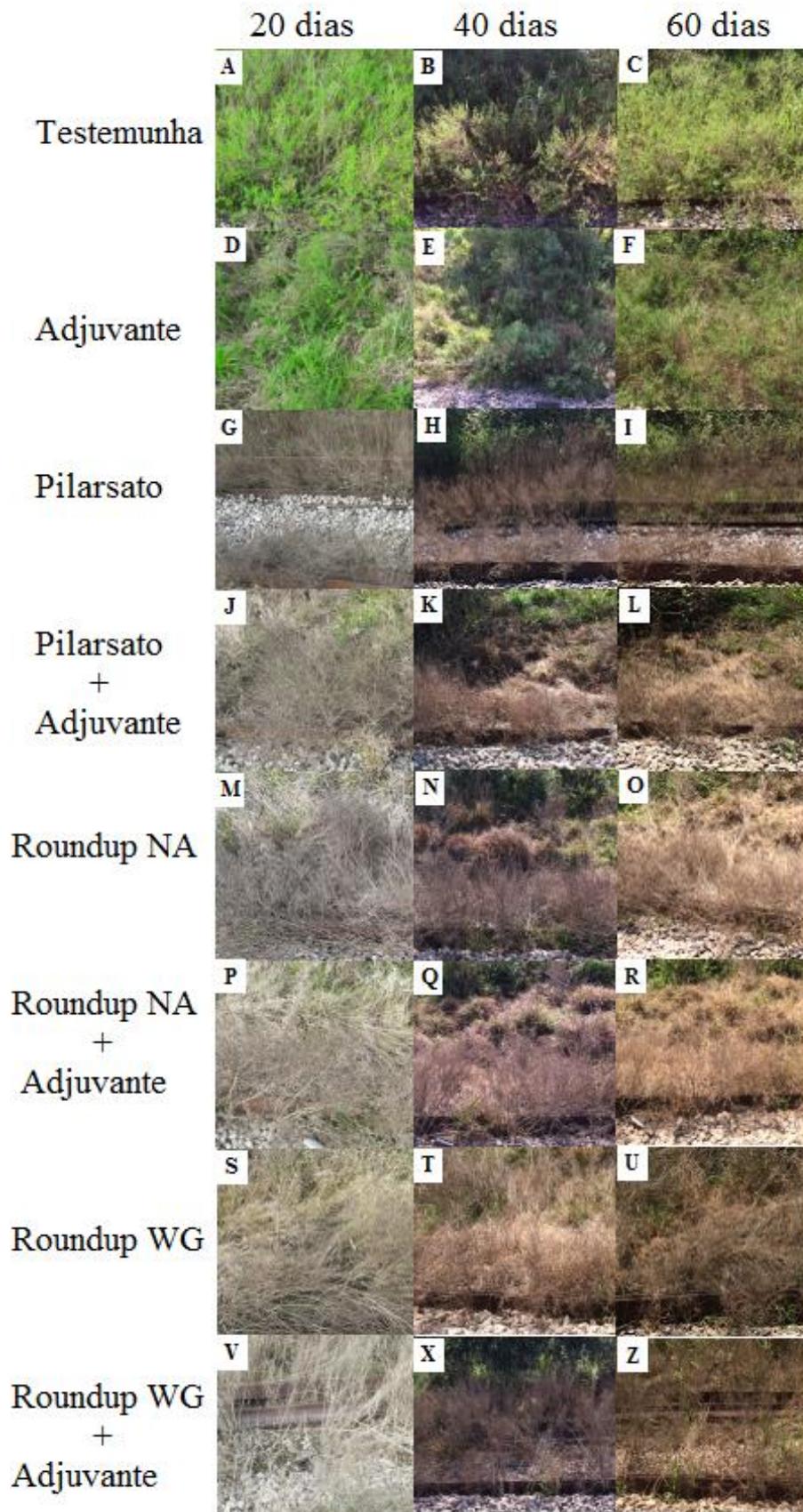
O Agral é um espalhante adesivo do grupo químico Alquil Fenol Etoxilado, muito utilizado em adição à herbicidas (CHOW, 2018; FOY, 2018; GASKIN & KIRKWOOD, 2018). Sua adição ao herbicida glifosato tem resposta positiva observada no controle de plantas

daninhas, aumentando a absorção das moléculas do herbicida pelas folhas dessas plantas (RUITER & MEINEN, 1996; SHERRICK et al., 1986; WIRTH & ZOLLINGER, 2018; ZOLLINGER et al., 2016), sempre dependendo do produto comercial utilizado como base e sua propensão à ação efetiva quando misturados com outros produtos.

O Roundup WG proporcionou incremento no controle de plantas daninhas quando foi adicionado o adjuvante. Nesse tratamento o controle de plantas daninhas se aproximou de 100% evidenciando incremento na eficiência do herbicida. Esse resultado foi observado tanto aos 20 e 40 DAA (Tabela 4). Sieverding et al. (2006), estudando um novo adjuvante baseado em um surfactante trisiloxano, também obtiveram melhor resposta de controle com adição de adjuvante do que com o Roundup WG isoladamente. Produtos de fórmula granulada como o Roundup WG apresenta maior concentração de ingrediente ativo (MONSANTO, 2018), e seu controle é potencializado com o uso de adjuvante, que favorece a absorção do produto pela superfície vegetal.

Para o Roundup NA® a adição do adjuvante proporcionou redução na eficiência de controle de plantas daninhas nas avaliações realizadas aos 20 e 40 DAA (Tabela 4, Figura 15), ainda assim apresentando controle acima de 80%, considerado muito bom (ALAM, 1974). O mesmo resultado foi encontrado por Espírito Santo et al. (2017), em ensaio utilizando Roundup Original e Agral, onde a porcentagem de controle foi maior para aplicação de glifosato sem adjuvante.

Para o produto comercial Pilarsato, não houve diferença na redução de reinfestação para os tratamentos com adição adjuvante. Aos 60 dias houve reinfestação de plantas daninhas para todos os tratamentos, sendo a menor reinfestação nas parcelas que receberam aplicação do Roundup NA mais adjuvante. (Tabela 4, Figura 15).



**Figura 15** - Controle de plantas daninhas pelo glifosato em diferentes formulações com e sem mistura com adjuvante em avaliação realizada aos 20, 40 e 60 DAA . A – Testemunha aos 20 dias;

D – Adjuvante aos 20 dias; G – Pilarsato aos 20 dias; J – Pilarsato + Adjuvante aos 20 dias; M – Roundup NA aos 20 dias; P – Roundup NA + Adjuvantes aos 20 dias; S – Roundup WG aos 20 dias; V – Roundup WG + Adjuvante aos 20 dias; B – Testemunha aos 40 dias; E – Adjuvante aos 40 dias; H – Pilarsato aos 40 dias; K – Pilarsato + Adjuvante aos 40 dias; N – Roundup NA aos 40 dias; Q – Roundup NA + Adjuvantes aos 40 dias; T – Roundup WG aos 40 dias; X – Roundup WG + Adjuvante aos 40 dias; C – Testemunha aos 60 dias; F – Adjuvante aos 60 dias; I – Pilarsato aos 60 dias; L – Pilarsato + Adjuvante aos 60 dias; O – Roundup NA aos 60 dias; R – Roundup NA + Adjuvantes aos 60 dias; U – Roundup WG aos 60 dias; Z – Roundup WG + Adjuvante aos 60 dias

#### **4 – CONSIDERAÇÕES**

Glifosato controla efetivamente a infestação de plantas daninhas sem a necessidade de adição de adjuvante, independente da dose utilizada. O incremento no controle de planta daninhas com adição de adjuvante ao herbicida depende do produto comercial e sua formulação. Nesta área a reinfestação de plantas daninhas ocorre após os 60 DAA, desta forma, existe por parte da concessionária que administra a ferrovia, a necessidade de redução do ciclo de aplicação que atualmente é de 90 dias.

## 5 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALAM. Asociación Latinoamericana De Malezas. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. Alam, Bogotá 1.1 p. 35-38. 1974.

AMARANTE JUNIOR, O. P.; DOS SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M., e RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. Química Nova, p. 589-593, 2002.

BENBROOK, C. M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. Environmental Sciences Europe. 2016.

CAETANO, M. Recorde, venda de defensivo no país em 2013 atingiu US\$11,5 bi. Valor Econômico. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias/2014/06/26/recorde-venda-de-defensivo-no-pa%C3%ADs-em-2013-atingiu-us-115-bi>>. Acesso em: 06 de agosto de 2017.

CAIXETA FILHO, J. V. Logística para a agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Comércio Exterior**, v. 103, p. 18-30, 2010.

CARVALHO, L. B. Plantas Daninhas. Lages, SC. 1 edição. Pag 8. 2013.

CARVALHO, A. F. P. Análise paramétrica da vibração do solo induzida pelo tráfego ferroviário. 2016.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BRANCO, E. F; COELHO J. F. J; BRITVA, M; FILHO, B. G. Controle de plantas daninhas em Pinus taeda através do herbicida imazapyr. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1998.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Transporte e Economia: O Sistema ferroviário brasileiro. Brasília. 2013.

CHOW, PAUL NP. Adjuvants and Agrochemicals: Volume 1: Mode Of Action and Physiological Activity. CRC Press, 2018.

COBLE, H. D.; WIIAMS, F. M.; & RITTER, R. L. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) interference in soybeans (*Glycine max*). Weed Sci. 29:339-342. 1981.

DO ESPÍRITO SANTO, T. L.; MENDONÇA, C. G.; SGANZERLA GRAICHEN F. A.; RAETANO, C. G.; & TEODORO, P. E. Control of conyza bonariensis with glyphosate associated to adjuvants applied with different spray nozzles. **Bioscience Journal**. 2017.

FAITH, N. The World the Railways Made: Wolman's Railway Library. Head of Zeus, 2014.

FOY, CHESTER L. Adjuvants for agrichemicals: 0. Crc press, 2018.

GASKIN, R. E.; KIRKWOOD, R. C. The effect of certain nonionic surfactants on the uptake and translocation of herbicides in bracken (*Pteridium aquilinum* [L.] Kuhn). Adjuvants and Agrochemicals: Volume 1: Mode of Action and Physiological Activity (2018).

GRAVENA, R.; VICTORIA FILH, R.; ALVES P. L. C. A.; MAZZAFERA, P.; GRAVENA A. R.. Low glyphosate rates do not affect Citrus limonia (L.) osbeck seedlings. *Pest. Manag. Sci.*, v. 65, n. 4, p. 420-425, 2009.

HANS, H. AND MEINEN, E. Adjuvant-increased glyphosate uptake by protoplasts isolated from quackgrass *elytrigia repens* (L.) Nevski. *Weed Science*, 38-45. 1996.

LAVRADOR, F. A. C. Vegetação infestante da linha ferroviária do Oeste. Controle químico de Equisetum. Tese de Doutorado. ISA/UTL. 2011.

LEITE, S. M. M.; SOUZA, E. F.; SOUZA, K. F. Efeito de doses de glifosato associado à espalhante adesivo e sulfato de amônio no controle de capim pé-de-galinha e grama seda. **Revista Unimar Ciências**, v. 23, n. 1-2, 2017.

MACISAAC, S. A.; PAUL, R N.; DEVINE, M. D. A scanning electron microscope study of glyphosate deposits in relation to foliar uptake. *Pest Management Science*, v. 31, n. 1, p. 53-64, 1991.

MARBLE, C.; SAHA, D.; PEARSON, B. J.; PEREZ H. E. Mulching for weed control: influence of type, depth, herbicide formulation and activation irrigation level on germination and growth of three container nursery weed species©. In: Proceedings of the 2017 Annual Meeting of the International Plant Propagators' Society 1212. p. 297-302. 2017.

MARQUES, S. A. Privatização do Sistema Ferroviário Brasileiro; Texto para Discussão N° 434; agosto de 1996, Distrito federal; Encomendado pelo Ministério do Planejamento e Orçamento ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

MARTINI, G., JUNIOR, P., FERRARI, A.F., FELICI, G.V., PIVA, F.M. AND DURIGAN, J.C. Eficácia de uma nova formulação de glifosato para o controle de grama-seda (*Cynodon dactylon*), em pomar de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, pp.683-686. 2002.

MOSANTO. Linha de produtos roundup®: Roundup WG®. <http://www.roundup.com.br/online/roundup-wg>. Acesso em: 01/07/2018.

NASCIMENTO, Alexandre Ballarotti et al. Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 5, n. 2, p. 105-116, 2012.

NORRIS, J. L.; SHAW, DAVID R.; SNIPES, C. E. Weed control from herbicide combinations with three formulations of glyphosate. *Weed Technology*, v. 15, n. 3, p. 552-558, 2001.

PÉREZ, G. L.; VERA, M. S.; MIRANDA, L. Effects of herbicide glyphosate and glyphosate-based formulations on aquatic ecosystems. In: *Herbicides and environment*. InTech, 2011.

PRATA, F. Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PODDAR, R., S. BERA, R. K. GHOSH, AND D. PAL. Efficacy of ammonium salt of Glyphosate 71% SG on weed management in cotton and its influence on soil microflora. **Journal of Crop and Weed** 10, no. 1 (2014): 147-151.

RORATO, D. N.; FORNAROLLI, D. A.; OLIVEIRA N. C.; OLIVEIRA NETO, A. M.; Eficiência do herbicida Saflufenacil, no controle de *Conyza* spp. em dessecação pré-plantio da soja. *Campo Digital* 8, no. 2. 01-08. 2013.

SALVALAGGIO, Adriana Cologni et al. Espalhamento e tensão superficial de gotas de soluções com herbicidas e adjuvantes em folhas de *Digitaria insularis*. **Journal of neotropical agriculture**, v. 5, n. 3, p. 60-64, 2018.

SASAKI, R. S., TEIXEIRA, M. M., SANTIAGO, H., MADUREIRA, R. P., MACIEL, C. F. S., & FERNANDES, H. C. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. *Ciência Rural*, 45(2), 274-279. 2015.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows, version 14.0. 2011.

SCHWEINSBERG, F. Herbicide use on railway tracks for safety reasons in Germany. *Toxicology Letters*, v. 107, n. 1, p. 201-205, 1999.

SHERRICK, S. L., HARVEY A. H.; HESS, F. D. Effects of adjuvants and environment during plant development on glyphosate absorption and translocation in field bindweed (*Convolvulus arvensis*). *Weed Science* 811-816. 1986.

SIEVERDING, E., G. D. HUMBLE, AND I. FLEUTE-SCHLACHTER. A new herbicide adjuvant based on a non-super spreading trisiloxane surfactant. *Zeitschrift fur pflanzenkrankheiten und pflanzenschutz-sonderheft*. 2006.

SOUZA, A. P.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A. A. Respiração microbiana do solo sob doses de glyphosate e de imazapyr. *Planta Daninha*, v.17, p.387-398, 1999.

TORSTENSSON, L. Use of herbicides on railway tracks in Sweden. *Pesticide outlook*, v. 12, n. 1, p. 16-21, 2001.

TRAVLOS, I; CHEIMONA, N; BILALIS, D. Glyphosate efficacy of different salt formulations and adjuvant additives on various weeds. **Agronomy**, v. 7, n. 3, p. 60, 2017.

WIRTH, D, AND ZOLLINGER, R. Increase in Herbicide Efficacy Using High Surfactant Oil Concentrate Adjuvants. In *Pesticide Formulation and Delivery Systems: 37th Volume, Formulations with Ingredients on the EPA's List of Minimal Concern*. ASTM International, 2018.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. *Informações Agronômicas*, n. 119, p. 1-32, 2007.

ZOLLINGER, R.; YOUNG, B.; BERNARDS, M.; AND PETERSON, D. "Efficacy of Non-Ammonium Sulfate Water Conditioning Adjuvants." In Pesticide Formulation and Delivery Systems: 36th Volume, Emerging Trends Building on a Solid Foundation. ASTM International, 2016.

### **CAPITULO III – LIXIVIAÇÃO DE GLIFOSATO EM SOLOS DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO**

RESUMO - Objetivou-se nesse trabalho avaliar a lixiviação de glifosato em solos de Áreas de Preservação Permanente (APP de Rio e APP de mangue) transposta por uma linha férrea. Solos de áreas de APP de mangue e de Rio, situados na cidade de Cubatão, no Litoral Paulista, foram coletados e utilizados em experimentos em casa de vegetação. A parcela experimental consistiu-se de uma coluna de PVC (40 cm de altura e 10 cm de diâmetro) contendo solos das áreas de APP. Após o preenchimento das colunas, os solos foram saturados com água e deixados de repouso por 72 horas até atingirem 80% da capacidade de campo. Foi realizada aplicação do Glifosato nas doses: 0g i.a ha<sup>-1</sup> (controle), 1.440g i.a ha<sup>-1</sup>, 2.160g i.a ha<sup>-1</sup>, 2.880g i.a ha<sup>-1</sup> (dose comercial) e 5.760g i.a ha<sup>-1</sup>. A aplicação do herbicida foi realizada usando um pulverizador costal de pressão constante pressurizado por CO<sub>2</sub>, operando a x lb pol<sup>2</sup>, munido de quatro pontas tipo TT 110.02, espaçados de 50 cm aplicando-se volume de calda de 150 l ha<sup>-1</sup>. Após a aplicação do herbicida foi realizada uma simulação de precipitação de 20 mm h<sup>-1</sup> sobre as colunas contendo solo. Após sete dias após aplicação do herbicida, os tubos foram seccionados e colocados horizontalmente para receber sementes *Cucumis sativa*, usada como bioindicadora da presença do herbicida. Aos 15 e 30 dias após aplicação do herbicida, foram realizadas avaliações visuais da intotoxicação bem como da fluorescência da clorofila a das plantas de *Cucumis sativa*. adicionalmente, amostras de solo foram submetidas a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para análise de resíduos do herbicida. Não foi verificado, pela análise visual, sintomas de intoxicação das plantas de *Cucumis sativa* em nenhum dos tratamentos avaliados. A análise do desempenho fotossintético das plantas apresentou indicativos de deficiências fotossintéticas que podem ser explicadas por estresse químico por contato com o herbicida. Pela Cromatografia líquida, não foi verificado resíduos de glifosato nos solos.

Palavras chave: Lixiviação; Glifosato; Solos; App.

### CHAPTER III - GLYPHOSATE LEACHING IN PERMANENT PRESERVATION AREA SOIL

**ABSTRACT** - The objective of this work was to evaluate the leaching of glyphosate in soils of Permanent Preservation Areas (Rio APP and mangrove APP) transposed by a railway line. Soils from APP areas of mangrove and Rio situated in Santos, city of litoral of São Paulo, were collected and river from railway areas were used in greenhouse experiments. The experimental plot consisted of a PVC column (40 cm high and 10 cm in diameter) containing soils from APP areas. After filling the columns, the soils were saturated with water and left to be repositioned for 72 hours until reaching 80% of the field capacity. Glyphosate was applied at the following doses: 0g ia ha<sup>-1</sup> (control), 1,440g ia ha<sup>-1</sup>, 2,160g ia ha<sup>-1</sup>, 2,880 g ia ha<sup>-1</sup> (commercial dose) and 5,760 g ia ha<sup>-1</sup>. The application of the herbicide was performed at the top of the columns, followed by the application of simulated water (precipitation of 20 mm h<sup>-1</sup> after application of the product). After 7 days of treatment, the tubes were sectioned and placed horizontally to receive seeds of cucumber (*Cucumis sativa*), bioindicator sensitive to the herbicide. After 15 and 30 days, visual evaluations of the phytotoxicity were performed in the bioindicator and the chlorophyll a fluorescence was evaluated to obtain detailed information on the photosynthetic efficiency of the cucumber plants. In addition, soil samples were subjected to high performance liquid chromatography (HPLC) for residue analysis. No phytotoxicity sitomas were observed in visual analysis of the plants for any of the treatments. Liquid chromatography did not indicate glyphosate residues in soils. The photosynthetic performance analysis of this plant showed indicative of photosynthetic deficiencies that can be explained by chemical stress caused by contact with the herbicide.

**Keywords:** Leaching; Glyphosate; Solos; App.

## 1 – INTRODUÇÃO

O controle químico de plantas daninhas em ferrovias foi introduzido na década de 1920, através do uso de clorato de sódio e, posteriormente, iniciou-se uso do glifosato, que por décadas vem sendo utilizado (SCHWEINSBERG, 1999). Anterior ao controle químico, plantas daninhas eram controladas de forma manual, por arranquio ou capina, o que geralmente não removia as raízes e as plantas daninhas voltavam a crescer rapidamente.

O uso constante de apenas glifosato em situações como estradas, ferrovias, áreas urbanas e áreas de resíduos gerais, fornece uma pressão de seleção muito forte para biótipos de plantas daninhas resistentes ao glifosato (HARRINGTON, 2014). Por isso, é importante ter conhecimento do efeito herbicida utilizado, bem como seu comportamento e persistência no solo. Quando um herbicida atinge o solo este pode permanecer na solução do solo, podendo desta forma agir no controle de plantas indesejáveis, pode se perder por processos como lixiviação, ou ser inativo provisoriamente ou permanentemente, dependendo da afinidade da molécula pela superfície, isso porque o solo tem a habilidade de reter moléculas orgânicas, impedindo que essas hajam sobre organismos vegetais, seja por adsorção, absorção ou degradação por microrganismos (OLIVEIRA & BRIGHENTI, 2011).

Herbicidas se comportam de forma diferente nos taludes ferroviários dispostos em aterros, quando comparados a áreas agrícolas, onde são maiores a mobilidade e persistência das moléculas dos herbicidas (TORSTENSSON, 2005). Também é importante ter conhecimento do tipo de solo utilizado no aterro, pois moléculas do herbicida interagem diferentemente de acordo com o solo da área. Essas moléculas podem ser adsorvidas quando presentes no solo em minerais de argila e matéria orgânica (SOUZA JUNIOR, 2007). Quanto menor o conteúdo destes minerais, menor a capacidade de adsorção e maior o risco de contaminação de áreas subjacentes. Além disso, a quantidade de matéria orgânica está relacionada com a quantidade de microrganismos degradadores de moléculas orgânicas (TORSTENSSON, 1980), reduzindo a persistência dos resíduos do herbicida.

Uma forma de identificar resíduos de herbicida no solo é a partir da avaliação de plantas expostas a esses resíduos. A análise do desempenho fotossintético de plantas pode servir de ferramenta na identificação de fitotoxidez derivada de estresse químico. A análise das variáveis obtidas pela emissão da fluorescência da clorofila *a* é uma técnica conhecida e utilizada em diversas áreas para discriminar os efeitos do estresse (PIMENTEL, 2014), a partir de um método rápido e não destrutivo para elucidar vários aspectos do desempenho fotossintético em plantas superiores (STRASSER et al., 2000, 2004), fornecendo informações detalhadas sobre a estrutura, conformação e função do aparelho fotossintético. Outro método analítico para a determinação de resíduos de glifosato no solo é o uso da metodologia de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), permitindo quantificar a lixiviação dessas substâncias no meio ambiente.

Objetivou-se nesse estudo avaliar por meio de ensaio com bioindicadora, o potencial de lixiviação de diferentes doses do herbicida glifosato em dois solos provenientes de área de preservação permanente transpassados por ferrovia.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados testes de lixiviação de glifosato em solos coletados em Áreas de Preservação Permanente (APP) de Rio e Mangue, com diferentes características químicas (Tabela 5). O Solo foi coletado em um trecho de malha ferroviária no município de Cubatão, localizada na região litorânea do estado de São Paulo. Para avaliação da lixiviação os solos foram levados para as dependências do Laboratório de Plantas Daninhas e Pesticidas no Ambiente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, dispostos em tubos de PVC de 40 cm de altura e 10 cm de diâmetro, com abertura longitudinal, previamente revestidos internamente com parafina. Os solos foram saturados com água e deixados de repouso por 72 horas até atingirem 80 % da capacidade de campo.

Os tratamentos foram compostos pelas doses de glifosato, aplicadas nos diferentes solos. As doses de glifosato avaliadas foram: 0 g i.a ha<sup>-1</sup> (controle), 1.440g i.a ha<sup>-1</sup>, 2.160g i.a ha<sup>-1</sup>, 2.880g i.a ha<sup>-1</sup> e 5.760g i.a ha<sup>-1</sup>. Para aplicação do herbicida foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, munido de uma barra com quatro bicos equipadas com pontas do tipo TT 110.02, trabalhando a pressão constante de 30 lb Pol<sup>-2</sup>, aplicando um volume de calda de 120 L ha<sup>-1</sup>.

A aplicação do herbicida foi seguida de simulação de chuva de 20 mm/hora. Após 7 dias, os tubos de PVC foram abertos longitudinalmente, e dispostos na horizontal onde foram semeadas sementes de Pepino (*Cucumis sativa*) utilizado como bioindicadores da presença do herbicida. Os tratamentos foram dispostos no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições

**Tabela 6** - Características químicas e físicas dos solos utilizados antes da incubação.

Solo	Característica Física			Textura	Característica Química								
	Granulometria				pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	CTC	P	K	MO
	Areia	Silte	Argila										
	%				cmolc/dm <sup>3</sup> TFSA					mg/dm <sup>3</sup>	dag/Kg		
MANGUE	70	21	9	Areia-Franca	7,3	8,7	4,6	0,0	0,66	9,9	136,1	130	33,2
APP	55	31	15	Franco arenosa	6,6	8,6	0,2	0,0	1,98	11,1	250,6	137	30

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5; P - Na - K - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na<sub>2</sub> Cr<sub>2</sub> O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 10N.



**Figura 16** – Montagem do teste de lixiviação com Glifosato. Tudos de PVC preenchidos, aplicação do herbicida e tubos dispostos para semeadura de bioindicadora.

Aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE) das plantas de pepino, foram realizadas avaliações visuais da intoxicação na bioindicadora atribuindo-se notas que variaram de 0 a 100 nos diferentes tratamentos, para os dois solos, onde 0 significa ausência de intoxicação e 100 a morte da planta (ALAM, 1974).

Aos 30 DAE foi avaliada a fluorescência da clorofila *a*. A emissão da fluorescência transiente polifásica da clorofila *a* foi mensurada com fluorômetro portátil modelo HandyPEA (Hanstech, King's Lynn, Norfolk, UK), em folhas jovens completamente expandidas, e previamente adaptadas ao escuro por 30 minutos. A fluorescência transiente foi obtida mediante a emissão de um pulso de luz saturante (intensidade de  $3.000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). A intensidade de fluorescência emitida pelas clorofilas foi medida entre 50  $\mu\text{s}$  e 1 s, obtendo os seguintes passos: O (50  $\mu\text{s}$ , fluorescência inicial,  $F_0$ ), J (2 ms), I (30 ms) e P (fluorescência máxima, FM).

A partir da intensidade da fluorescência transiente da clorofila *a* foram calculados os parâmetros do Teste JIP (Tabela 6) segundo a metodologia de Strasser e Strasser (1995) e Strasser et al. (2004), e os dados normalizados em relação ao controle (TSMILLI-MICHAEL e

STRASSER, 2008). Complementarmente, as curvas de intensidade de fluorescência transiente foram normalizadas como fluorescência relativa variável ( $W_t = (F_t - F_0)/(F_M - F_0)$ ).

**Tabela 7** – Parâmetros de Teste JIP segundo a metodologia de Strasser e Strasser (1995).

<b>Parâmetros da fluorescência</b>	<b>Descrição</b>
<b>Parâmetros extraídos</b>	
$F_t$	Intensidade de fluorescência no tempo $t$ após início da iluminação actínica
$F_{50 \mu s}$	Intensidade de fluorescência mínima a $50 \mu s$
$F_{100 \mu s}$ e $F_{300 \mu s}$	Intensidade de fluorescência a $100$ e $300 \mu s$ , respectivamente
$F_J$ e $F_I$	Intensidade de fluorescência no passo J ( $2$ ms) e no passo I ( $30$ ms), respectivamente
$F_P (= F_M)$	Fluorescência máxima no passo P
Área	Área complementar total entre a indução da curva de fluorescência e FM
<b>Parâmetros Derivados e Parâmetros OJIP</b>	
$F_0 \cong F_{50 \mu s}$	Fluorescência mínima quando todos os centros de reação do FSII estão abertos
$F_M = F_P$	Fluorescência máxima quando todos os centros de reação do FSII estão fechados
$F_0/F_M$	Razão entre a fluorescência inicial e máxima, de folhas adaptadas ao escuro – rendimento quântico da dissipação
$F_V/F_0$	Razão entre a fluorescência variável e a fluorescência mínima
<b>Rendimentos e razões de fluxo</b>	
$\Phi_{P_0} = TR_0/ABS = 1 - F_0/F_M = F_V/F_M$	Rendimento quântico máximo da etapa fotoquímica primária
$\Phi_{E_0} = \Phi_{P_0} * \psi_0 = 1 - (F_J/F_M) = ET_0/ABS$	Rendimento quântico do transporte de elétrons
$\psi_{E_0} = ET_0/TR_0 = 1 - V_J$	Eficiência/probabilidade para o transporte de elétrons - eficiência/probabilidade que um elétron é movido além de $Q_A$
$\delta R_0 = RE_0/ET_0 = (1 - V_I)/(1 - V_J)$	Eficiência/probabilidade com a qual um elétron vindo do intersistema de carreadores de elétrons é utilizado na redução dos aceptores de elétrons na porção acceptora de elétrons do FSI
$\Phi_{R_0} = RE_0/ABS = \Phi_{P_0} \times \psi_{E_0} \times \delta R_0$	Rendimento quântico para redução dos aceptores de elétrons na porção acceptora de elétrons do FSI
<b>Fluxos específicos ou atividades expressas por centro de reação (RC)</b>	
$ABS/RC = M_0 \times (1/V_J) \times (1/\phi_{P_0})$	Fluxo específico de absorção por centro de reação ativo
$TR_0/RC = M_0/V_J$	Fluxo específico de captura da energia de excitação por centro de reação ativo

$DI_0/RC = ABS/RC - TR_0/RC$	Fluxo específico de dissipação do excesso de energia por centro de reação ativo com capacidade de redução da quinona A ( $Q_A$ )
$ET_0/RC = (M_0/VJ) \times \psi E_0 = (M_0/VJ) \times (1 - VJ)$	Fluxo de transporte de elétrons além de $Q_A^-$ por centro de reação ativo
$RE_0/RC = (RE_0/ET_0) \times (ET_0/RC)$	Fluxo específico de elétrons com capacidade de reduzir os aceptores finais de elétrons na porção aceptora de elétrons do FSI por centro de reação ativo
<b>Índice de Performance</b>	
$PIABS = (RC/ABS) \times (\Phi P_0/(1 - \Phi P_0)) \times (\psi E_0/(1 - \psi E_0))$	Índice de performance de conservação de energia dos fótons absorvidos pelo FSII até a redução do intersistema de aceptores de elétrons
$PITOTAL = (RC/ABS) \times (\Phi P_0/(1 - \Phi P_0)) \times (\psi E_0/(1 - \psi E_0)) \times (\delta R_0/(1 - \delta R_0))$	Índice de performance total, conservação de energia dos fótons absorvidos pelo FSII que serão utilizados para a redução do aceptor final de elétrons do FSI
Subscrito “0” indica que o parâmetro se refere ao tempo zero	

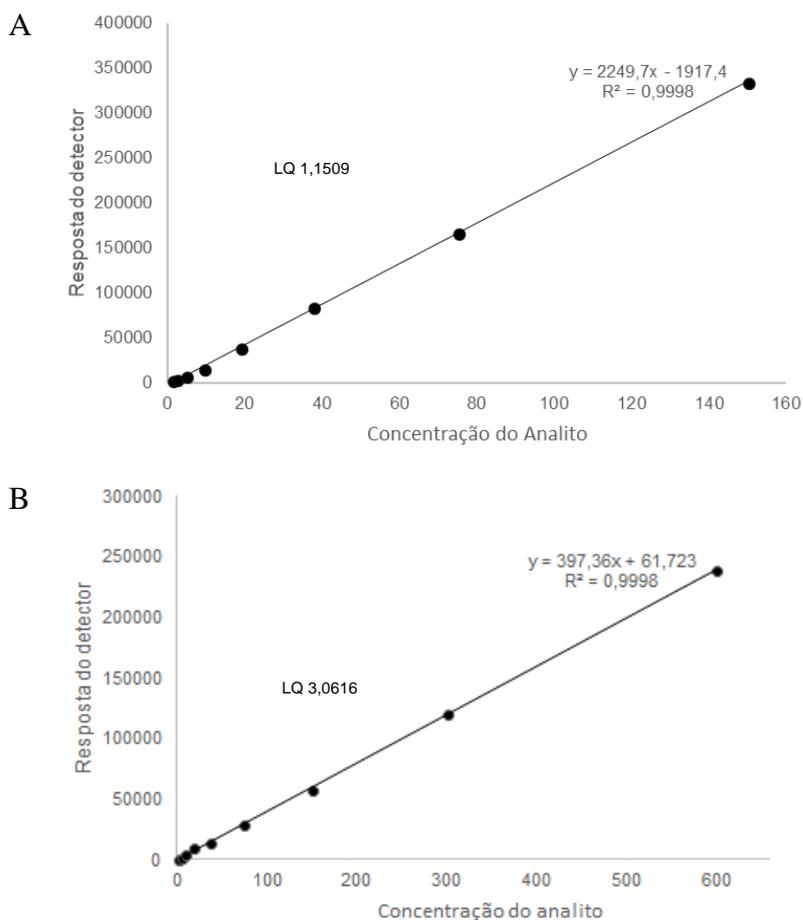


**Figura 17** – Pontos de análise de avaliação da fluorescência: topo (vermelho) e base (amarelo).

Aos sete dias após aplicação do herbicida (DAA) e simulação de 20 mm de chuva, amostras dos solos (APP mangue e rio) referentes ao topo e base das colunas foram coletadas e encaminhadas ao laboratório para análise da presença do herbicida. Para essa determinação foi utilizado o método de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (FEINBERG, 2005).

Na figura 18, são apresentadas as curvas de calibração, limite de quantificação (menor concentração de uma substância que pode ser quantificada com exatidão e precisão aceitáveis)

e intervalo linear do método analítico utilizado no sistema LC-MS/MS (cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas sequencial).



**Figura 18** - Curvas de calibração obtidas nos ensaios de avaliação da linearidade para Glifosato (A) e AMPA (ácido aminometilfosfônico, principal produto de degradação do glifosato) (B).

Os parâmetros foram analisados no programa Biolyser. Os dados gerados no experimento foram submetidos à análise da variância (ANOVA) ( $p \leq 0,05$ ) e em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade no programa RBIO (BHERING, 2017).

### 3 – RESULTADO E DISCUSSÃO

Independentemente das doses do herbicida e dos solos utilizados, plantas de pepino emergiram sem sintomas visíveis de intoxicação (Figura 19), o que significa ausência do herbicida no solo em limites que possam causar efeitos nessas plantas. Diferentes índices de toxicidade do glifosato nessa espécie foi observado por RODRIGUES (2016); ROSA( 2017), reafirmando a sensibilidade da mesma ao herbicida quando. Os solos tropicais, como os solos desse estudo, apresentam alta capacidade de troca catiônica (CTC) contribuindo de forma expressiva na indisponibilidade do herbicida glifosato por meio do fenômeno de adsorção (TONI et al., 2006), além disso, houve a contribuição da matéria orgânica nesse fenômeno por formação de pontes de hidrogênio que culminam na retenção das moléculas do herbicida. Em casos como este, onde a matéria orgânica está presente em altas concentrações, ela que normalmente desempenha papel secundário na adsorção de glifosato (DA CRUZ et al., 2002) assume papel principal e de grande importância, podendo prevenir lixiviação do herbicida e contaminação de águas subterrâneas e áreas de preservação.



**Figura 19** - Avaliação visual aos 15 DAE no solo de Mangue (Esquerda) e Solo de APP de Rio (Direita). Tratamentos: T1: 0 g i.a ha<sup>-1</sup> (controle); T2: 1.440g i.a ha<sup>-1</sup>; T3: 2.160g i.a ha<sup>-1</sup>; T4: 2.880g i.a ha<sup>-1</sup> (dose comercial) e 5.760g i.a ha<sup>-1</sup>.

Os valores do rendimento quântico foram acima de 0,70 para todos os tratamentos (Tabela 7). Essa é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do PSII, quando todos seus centros de reação estão abertos (BAKER, 2008).

No que se refere as análises de fluorescência, a variação do rendimento quântico máximo do PSII ( $F_v/F_M$ ), em plantas que não sofreram estresse, é de 0,75 a 0,85, quando o

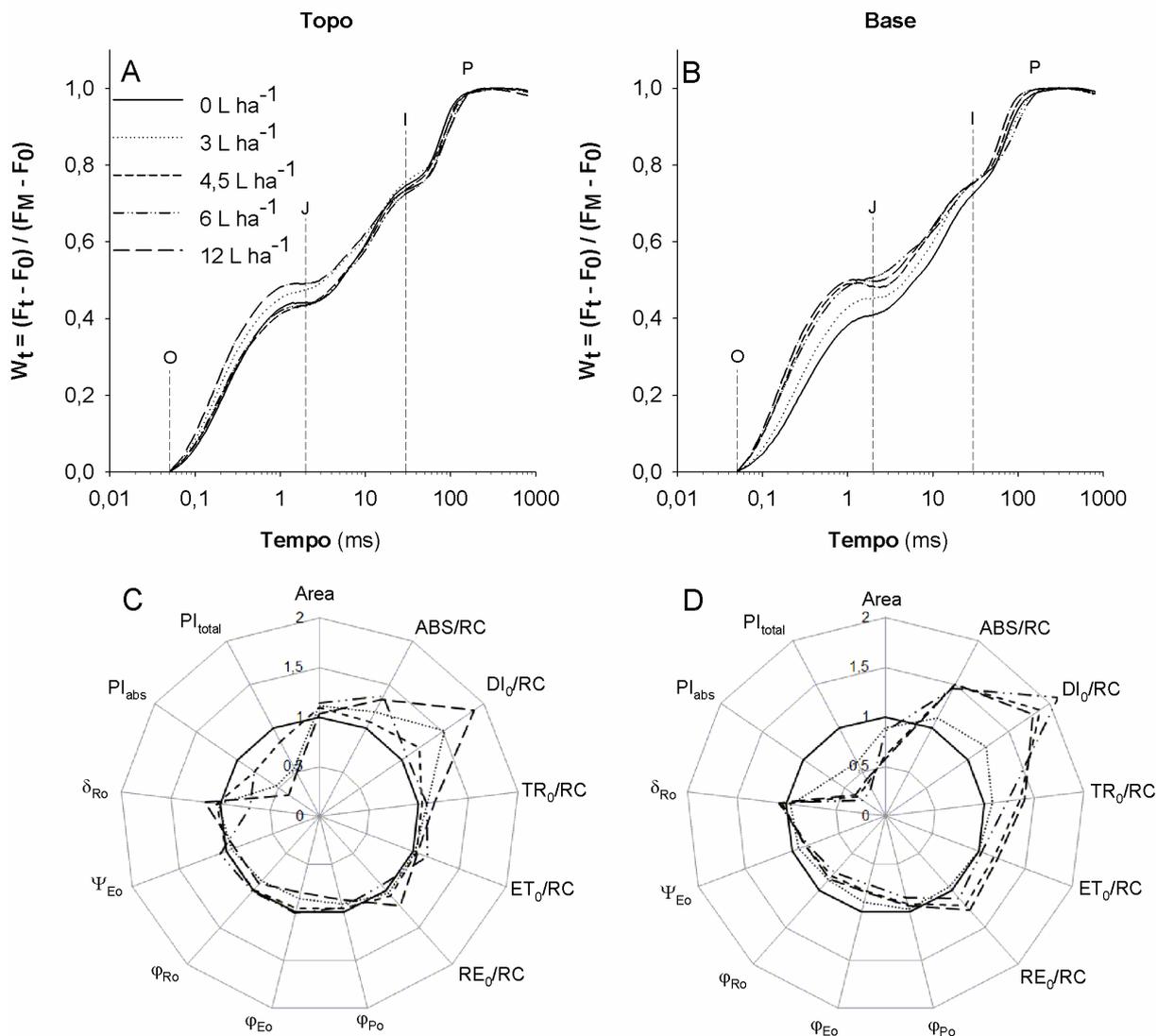
rendimento quântico não obedece a esta faixa de variação, pode haver um indicativo de condições inibitórias do PSII (ARAUS & HOGAN, 1994). Esse rendimento pode variar também de espécie para espécie, e sistema de cultivo, onde espécies sob nenhum estresse apresentam rendimentos baixos (COLOMBO, 2018; RIBAS, 2017).

**Tabela 8** – Valores médios da fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm) e eficiência fotossintética máxima ( $F_v/F_M = 1 - F_o/F_m$ ) aos 30 DAE.

	Parâmetros Fotossintéticos em Solo de Mangue						
	Fo	Fm	1-Fo/Fm ( $F_v/F_M$ )	Fo	Fm	1-Fo/Fm ( $F_v/F_M$ )	
T01 T	400	1637	0,7556	T01 B	347	1321	0,7373
T02 T	479	1741	0,7248	T02 B	503	1755	0,7134
T03 T	442	1751	0,7475	T03 B	547	1815	0,6986
T04 T	325	1454	0,7764	T04 B	480	1690	0,7160
T05 T	345	1484	0,7670	T05 B	405	1682	0,7592

Oukarroum et al. (2007) afirmam porém, que os índices de performance  $PI_{ABS}$  e  $PI_{TOTAL}$  são mais sensíveis à detecção e quantificação do estresse vegetal do que a eficiência fotossintética máxima do PSII ( $F_v/F_M = \phi P_0$ ), e por isso, alguns trabalhos defendem que uma interpretação mais consistente da avaliação da resposta do PSII à condições de estresse deve ser feita a partir dos parâmetros  $PI_{ABS}$  e  $PI_{TOTAL}$ , por serem mais sensíveis, quando comparados ao  $F_v/F_M$ . (REINERT et al, 2016; SOUSA et al, 2014).

Houve redução dos parâmetros  $PI_{ABS}$  e  $PI_{TOTAL}$  para todos os tratamentos quando comparados à testemunha.  $PI_{ABS}$  é um parâmetro de fluorescência que fornece informação quantitativa sobre a vitalidade da planta (STRASSER et al., 2000) e  $PI_{Total}$  é o parâmetro mais sensível do teste JIP, expressa a diferença geral potencial de conservação de energia que depende de todas as eficiências para a transdução de energia sequencial (YUSUF et al., 2010). Essa redução dos índices pode ser resultado de uma restrição no metabolismo primário das plantas causado por moléculas tóxicas do herbicida. Valores negativos, ou redução do índice, expressa perda na capacidade de conservação de energia, esta dependente de todas as eficiências para a transdução de energia sequencial (YUSUF et al 2010) (Figura 20).



**Figura 20** – Fluorescência transiente da clorofila a em plantas de pepino (A e C – topo; B e D – base) submetidas a diferentes doses de herbicida glifosato. Fluorescência variável relativa entre os passos O e P ( $W_t$  - A e B, em escala logarítmica) e fluorescência transiente pelo teste JIP (C e D) normalizados em relação ao controle ( $n=4$ ).

Dose (L há <sup>-1</sup> )	Parâmetros													
	Fo/Fm	Fv/Fm	ABS/RC	DIo/RC	TRo/RC	ETo/RC	REo/RC	phi(Po)	phi(Eo)	phi(Ro)	psi(Eo)	delta(Ro)	PI abs	PI total
	Topo													
0	0,242	0,758	3,164	0,765	2,398	1,340	0,608	0,758	0,424	0,192	0,559	0,454	1,254	1,042
3	0,308	0,692	3,762	1,160	2,602	1,366	0,632	0,692	0,363	0,168	0,525	0,462	0,659	0,567
4,5	0,282	0,718	3,444	0,970	2,474	1,397	0,652	0,718	0,406	0,189	0,565	0,467	0,961	0,841
6	0,291	0,709	3,603	1,050	2,553	1,446	0,700	0,709	0,401	0,194	0,566	0,484	0,882	0,828
12	0,342	0,658	4,213	1,440	2,773	1,409	0,738	0,658	0,334	0,175	0,508	0,524	0,472	0,520

	Base													
0	0,247	0,753	2,787	0,689	2,098	1,241	0,575	0,753	0,445	0,207	0,592	0,464	1,582	1,368
3	0,271	0,729	3,108	0,843	2,265	1,242	0,551	0,729	0,400	0,177	0,548	0,443	1,050	0,836
4,5	0,325	0,675	4,247	1,379	2,868	1,482	0,707	0,675	0,349	0,167	0,517	0,477	0,524	0,478
6	0,359	0,641	4,042	1,450	2,592	1,276	0,637	0,641	0,316	0,158	0,492	0,499	0,429	0,427
12	0,295	0,705	4,192	1,237	2,955	1,488	0,732	0,705	0,355	0,175	0,503	0,492	0,578	0,560

A absorção média por centro de reação ativo (ABS/RC) aumenta, devido à inativação de alguns Centros de reação (RCs), ou seja, o aumento em ABS/RC se dá devido a diminuições em centros reacionais reduzindo Plastoquinonas ( $Q_A$ ) ativas, (STRASSER E STIRBET, 1998) A  $Q_A$  é um metabólito envolvido no transporte de elétrons em sistemas vivos, sendo reduzida quando aceita dois elétrons do fotossistema II e dois cátions de hidrogênio ( $H^+$ ) do estroma do cloroplasto. Essas diminuições dos centros reacionais podem indicar fotoinibição, onde o estresse diminui a taxa fotossintética (TSIMILLI-MICHAEL & STRASSER, 2008), refletem também no tamanho do sistema antena que se ajustam de acordo com a disponibilidade de luz no ambiente, sendo ABS/RC uma estimativa do tamanho aparente do sistema coletor de luz (PERBONII, 2013) (Figura 20).

Observou-se ainda aumento da  $TR_0/RC$  (Fluxo específico de captura da energia de excitação por centro de reação ativo) que significa maior absorção e aprisionamento de energia pelos centros de reações (Figura 20). Quanto maior este valor, maior a inibição da reoxidação de  $Q_A^-$  para  $Q_A$  (STRASSER et al., 2000), o que justifica o aumento da absorção média por centro de reação. Houve também aumento expressivo do fluxo de dissipação de energia ( $DI_0/RC$ ), que está relacionado à perda parcial da energia absorvida pelo FSII, por meio de calor, emissão de fluorescência ou ainda, transferência de energia para outros sistemas (STRASSER et al., 2000).

Na análise de fluorescência relativa, todos os tratamentos do estudo apresentaram comportamento semelhante em curva típica predominantemente sigmoide nos gráficos de indução cinética da fluorescência da Chl a, característica do transiente OJIP, evidenciando atividade do aparato fotossintético (Figura 20 A-B). Observa-se elevação do sinal fluorescente do nível inicial ( $0 \approx F_0$ ) para o nível máximo de fluorescência ( $P \approx F_m$ ) e um aumento não significativo entre os passos intermediários J e I, indicando ausência de dano no PSII, mantendo sua forma normal O-J-I-P (SARKAR & RAY, 2016) as letras O, J, P, I indicam o tempo em que cada ponto ocorre na curva (ROSSI, 2011).

A área acima desta curva é proporcional ao estado de oxidação dos aceptores de elétrons no lado redutor do FSII e inversamente proporcional ao estado de redução. Quanto maior essa

área, maior a transferência de elétrons do centro de reação (RC) para o ‘pool’ de plastoquinona (PQ) (MEHTA et al., 2010; SILVA et al., 2011), justificado pela maior eficiência na capacidade de reoxidação da Quinona A induzindo à eficiência no transporte de elétrons excitados do intersistema até o FSI (OUKARROUM et al., 2009). Se esta área é reduzida, a transferência de elétrons do RC para o PQ *pool* é bloqueada devido ao acúmulo de aceptores reduzidos (ROSSI, 2011). Esse acúmulo de plastoquinonas reduzidas culminando na redução desse *pool* de plastoquinona, e a redução do lado aceptor do FSII ( $Q_A$  e  $Q_B$ ) são representadas nas fases O-J e J-I, fases que apresentaram maiores alterações (Figura 20 A-B).

Não foram detectados resíduos do herbicida, ou do ácido aminometilfosfônico (AMPA), que é seu principal metabólito nos diferentes solos e doses testados. Os limites de quantificação foram mínimos, e ainda assim não foram detectados o glifosato e AMPA.

A degradação do glifosato no solo é muito rápida e realizada por grande variedade de microrganismos que usam o produto como fonte de energia, fósforo, nitrogênio e carbono, por meio de duas rotas catabólicas, produzindo o AMPA como o principal metabólito, e sarcosina como metabólito intermediário na rota alternativa. O AMPA (Aminomethyl phosphonic acid) é o produto da biodegradação do glifosato em sistemas naturais antes da mineralização final e a quebra do produto em complexos fosfonados, sendo degradado em dióxido de carbono e amônia (BÖRJESSON & TORSTENSSON, 2000).

Em solos de florestais, Veiga et al. (2001), observaram que a concentração de glifosato e AMPA na fase líquida e sólida do solo diminuíram ao longo de 8 semanas de monitoramento, mas apresentaram concentrações muito baixa um mês após tratamento. Esses autores observaram ainda, que a concentração do herbicida foi maior nos horizontes mais profundos do solo, e nas camadas mais superficiais a concentração na solução foi menor devido a degradação pelos microorganismos presentes na superfície.

A característica de sorção instantânea do herbicida glifosato, pode ser outra justificativa para ausência de resíduos. Esse fenômeno está relacionado principalmente a características do solo e do teor de matéria orgânica presente no solo. Prata (2002) avaliando a adsorção e dessorção do glifosato em três solos brasileiros com diferentes atributos mineralógicos, observou que a sorção do glifosato é instantânea, elevada e está relacionada, principalmente, à fração mineral do solo, com papel secundário da matéria orgânica na adsorção em solos oxidados. Solos ácidos, de modo geral, tem maior capacidade de sorção (SILVA & SILVA 2007).

A sorção do glifosato no solo ocorre em duas fases: a primeira, praticamente instantânea, contribui com a retenção de mais de 90% do total aplicado, e a segunda, um pouco mais lenta. Entretanto, a fase lenta foi quantificada em aproximadamente 10 minutos, em solos sob plantio direto e sob plantio convencional (variando quantidade de palhada e matéria orgânica no solo) (MORAES & ROSSI, 2010).

#### **4 – CONSIDERAÇÕES**

Nesse estudo não se verificou presença de glifosato ou de AMPA, proveniente da decomposição do herbicida nos solos estudados. As plantas de pepino não apresentaram sinais de fitotoxidez pelo herbicida, levando à inferência que o glifosato não lixiviou, por ser adsorvido rapidamente ao solo. A análise do desempenho fotossintético desta planta mostrou indicativos de deficiências fotossintéticas que podem ser explicadas por estresse causado pelo herbicida presente no solo em quantidades não detectadas pela CLAE.

## 5 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALAM: Asociación Latinoamericana De Malezas. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. Alam, Bogotá 1.1 (1974): 35-38.

ANDREASEN, C.; STREIBIG, J. C.; HAAS, H. Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. *Weed Research*, v. 31, n. 4, p. 181-187, 1991.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Nota Sobre o Uso de Agrotóxicos Em Área Urbana. 2010.

ASCARD, J. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research* 35, 397–411. 1995.

BATTAGLIN, W. A. et al. Glifosato and its degradation product AMPA occur frequently and widely in US soils, surface water, groundwater, and precipitation. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 50, n. 2, p. 275-290, 2014.

BRAGA, D. F.; FREITAS, F. C. L.; ROCHA, P. R. R.; ARAUJO, A. G. D.; MELO, V. C. Leaching of sulfentrazone in soils from the sugarcane region in the northeast region of Brazil. *Planta Daninha*, v. 34, n. 1, p. 161-169, 2016

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annu Rev Plant Biol* 59: 89–113. 2008.

BHERING, L.L. RBIO: A Tool for Biometric and Statistical Analysis Using the R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17: 187-190p, 2017.

BÖRJESSON, Et; TORSTENSSON, L. New methods for determination of glyphosate and (aminomethyl) phosphonic acid in water and soil. **Journal of Chromatography A**, v. 886, n. 1-2, p. 207-216, 2000.

CALVET, R. Adsorption of organic chemicals in soils. *Environmental health perspectives*, v. 83, p. 145, 1989.

COLOMBO, J. N.; PUIATTI, M.; SILVA FILHO, J. B.; VIEIRA, B.; CÁSSIA, J. & COPATI G. D. C. Viabilidade agroecônômica do consórcio de taro (*Colocasia esculenta* L.) e pepino em função do arranjo de plantas. **Revista Ceres**, v. 65, n. 1, 2018.

CURRAN, W. S. Persistence of herbicides in soil. *Crops and Soils*, v. 49, n. 5, p. 16-21, 2016.

DA CRUZ, L. H.; DE SANTANA, H.; ZAIA, C. T. B. V.; ZAIA, D. A. M.; J. BRAZ. Adsorção de Glifosato sobre solos e minerais. *Chemical Society*. 2002.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1296-1301, 2014.

FEINBERG, M. Validation of analytical methods based on accuracy profiles. **A Journal of Chromatography**, v. 1158, p. 174-183, 2007. ICH. International Conference on Harmonisation

of Technical Requirements for. Registration of Pharmaceuticals for Human Use. ICH Q2A Guideline Validation of analytical procedures: definitions and methodology, 2005.

GHERSA, C. M et al. Advances in weed management strategies. *Field crops research*, v. 67, n. 2, p. 95-104, 2000.

GOKHALE, Z., & SAYRE, R. T. photosystem ii, a structural perspective. in the *chlamydomonas sourcebook* (pp. 573-602). 2009.

HEAP, I. M. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. *Pest Management Science*, v. 51, n. 3, p. 235-243, 1997.

HARRINGTON, K. C.; JAMES, T. K.; PARKER, M. D. Managing glifosato resistance. 2014.

HEAP, I. Herbicide resistant weeds. In: *Integrated Pest Management*. Springer Netherlands, 2014. p. 281-301.

KRÜGER, GERT HJ, MEROPE TSIMILLI-MICHAEL, AND RETO J. STRASSER. Light stress provokes plastic and elastic modifications in structure and function of photosystem II in camellia leaves. *Physiologia Plantarum* 101, no. 2 (1997): 265-277.

LAZÁR, Dušan. The polyphasic chlorophyll a fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. *Functional Plant Biology*, v. 33, n. 1, p. 9-30, 2006.

LEMOS, RC de; SANTOS, RD dos. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

MEHTA, P.; JAJOO, A.; MATHUR, S.; BHARTI, S. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, Paris, v. 48, p. 16-20, 2010.

MORAES, P. V. D., & ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. *Scientia Agraria Paranaensis*, 9(3). 2010.

NAVRATILOVA, S. A; WINKLER, J. Structure of weed species on railway. 2011.

OLIVEIRA, M. F., e BRIGHENTI A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. OLIVEIRA JR., RS; CONSTANTIN, J.; INOUE, MH *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Ominipax 20 (2011).

OUKARROUM, A.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R.J. Drought stress effects on photosystem I content and photosystem II thermotolerance analyzed using Chl a fluorescence kinetics in barley varieties differing in their drought tolerance. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 137, p. 188-199, 2009.

PERBONII, E. G. M.; OLIVEIRAI, P. V.; BACARINI, V. J. B. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. *Ciência Rural*, v. 43, n. 1, 2013.

PIMENTEL C. Photoinhibition in a C4 plant, *Zea mays* L.: a minireview. *Theor Exper Plant Physiol*. 26:157-65. 2014.

- RIBAS, R. G. T. Densidades populacionais de pepino sobre índices agroeconômicos do consórcio com alface. Repositório Unesp. 2017.
- RIBEIRO, L. C. Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de espécies do cerrado sensu stricto e da mata de galeria do bioma Cerrado expostas a diferentes condições de estresse. 2011.
- RIBEIRO, M. L et al. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 688, 2007.
- RODRIGUES, L. B. Efeitos ecotoxicológicos do glifosato e formulações em diferentes organismos. Trabalho de dissertação. UFG. 2016.
- ROSA, D. M. Adição de vermicomposto na biorremediação de solo contaminado com o herbicida glifosato com vistas à transição agroecológica. Trabalho de Conclusão de Curso. UFPEL, Pelotas. 2017.
- ROSSI, M. S. Respostas fisiológicas do maracujazeiro (*Passiflora edulis* SIMS) ao alagamento. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.
- SAMPAIO, Everardo VSB. Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas. SBB-Seção Regional de Pernambuco, 1996.
- SARKAR, R. K., & RAY, A. Submergence-tolerant rice withstands complete submergence even in saline water: Probing through chlorophyll a fluorescence induction OJIP transients. *Photosynthetica*, 54(2), 275-287. 2016.
- SILVA, A. A.; DA SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa (2007): 189-248.
- SILVA, D. M.; DOS SANTOS, K. T.; DUARTE, M. M. Eficiência fotoquímica em folhas do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. golden durante o estágio reprodutivo e caracterização da ontogenia dos frutos1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1066-1073, 2011.
- SIMPLÍCIO, C.G; DE CASTRO, Clarice Rogério. Responsabilidade Civil do Estado pela Concessão de Licença Ambiental. **Revista de Direito Ambiental e Socio-ambientalismo**, v. 1, n. 1, p. 208-230, 2015.
- SCHWEINSBERG, F. et al. Herbicide use on railway tracks for safety reasons in Germany? *Toxicology Letters*, v. 107, n. 1, p. 201-205, 1999.
- SOLOS, EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. 1997.
- SOUZA JUNIOR, I. G. et al Contribuição dos constituintes da fração argila de solos subtropicais à área superficial específica e à capacidade de troca catiônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1355-1365, 2007.

STRASSER, R. J., & STIRBET, A. D. Heterogeneity of photosystem ii probed by the numerically simulated chlorophyll a fluorescence rise (o-j-i-p). *Mathematics and computers in simulation*, 48(1), 3-9. 1998.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A. & TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: Yunus M, Pathre U and Mohanty P (Eds). *Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation*. Pp. 445–483. Taylor & Francis, London. 2000.

STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M. & SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. ***Advances in Photosynthesis and Respiration*** 19: 321-362. 2004.

TSIMILLI-MICHAEL, M.; STRASSER, R. J. In vivo assessment of stress impact on plant's vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of mycorrhization on host plants. In: *mycorrhiza*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 679-703. 2008.

TONI, L. R. M; SANTANA, H. de.; ZAIA, D. A. M. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. ***Química Nova***, v. 29, p. 829, 2006.

TORSTENSSON, Lennart; BÖRJESSON, Elisabet; STENSTRÖM, John. Efficacy and fate of glifosato on Swedish railway embankments. ***Pest management science***, v. 61, n. 9, p. 881-886, 2005.

TORSTENSSON, L. Role of microorganisms in decomposition. In: HANCE, R.J., ed. *Interactions between herbicides and the soil*. London: Academic Press, 1980. 349 p.

ZIMDAHL, R. L. *Fundamentals of weed science*. Academ press. 2018.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento fitossociológico foi importante para o conhecimento das espécies presentes e de maior dificuldade de controle nas diferentes subáreas de estudo, bem como a similaridade dessas características entre as áreas e a equiparidade de possíveis práticas de controle. O ensaio sobre a eficiência de controle com o herbicida glifosato foi positivo nas diferentes dosagens, mostrando que o herbicida tem o uso eficaz na área, sendo apenas necessária uma alternativa nas áreas onde são observadas plantas geneticamente modificadas e resistentes ao herbicida. No solo o herbicida mostrou baixa propensão à contaminação de solos e águas subterrâneas por meio de perdas por lixiviação e permanência de resíduos, devido à sua característica de rápida sorção às partículas do solo. Considera-se que para alcançar resultados satisfatórios nas práticas de manejo, deve-se considerar características da composição vegetal de cada área, e que deve-se buscar alternativas ao uso do herbicida glifosato em áreas onde ocorre plantas que não são controladas pelo mesmo.