



Ganhos na capina química via vagão pulverizador com melhorias na tecnologia de aplicação

1º Pavei, M.A.¹, 2º Gusso, J.S.T.¹,

¹ Rumo Malha Sul S.A., Rua Emílio Bertolini, 100, 82920-030, Curitiba, Paraná

1º mariana.pavei@ext.rumolog.com, 2º jonathan.gusso@rumolog.com

RESUMO

No transporte ferroviário as manutenções realizadas no lastro podem ser consideradas atividades estratégicas, onde os resultados estão diretamente interligados ao desempenho, confiabilidade, segurança no transporte e na redução dos custos. Dentre as manutenções realizadas, a erradicação da vegetação presente na via férrea é de grande importância, tendo como finalidade evitar os impactos causados pelas plantas invasoras nas atividades relacionadas ao tráfego de trens e a manutenção das linhas, promovendo maior segurança na operação ferroviária. O manejo de plantas daninhas na ferrovia é realizado através de controle mecânico com roçadeiras e outros equipamentos adaptados. Porém das modalidades de controle mais utilizadas destaca-se o controle químico, ou seja, a aplicação de herbicidas não agrícola. Apesar das vantagens operacionais existentes nos equipamentos ferroviários de capina química, por serem adaptados necessitam de inserção de tecnologia de aplicação. Sendo assim, torna-se essencial a busca de melhorias na aplicação para otimizar o uso dos herbicidas a fim de minimizar os prejuízos e problemas causados por velocidade de trabalho, tamanho de gotas, deriva e outros fatores que podem vir a aumentar custos, além de promover a contaminação ambiental. Este artigo tem como objetivo evidenciar os ganhos obtidos com introdução de tecnologia de aplicação de herbicidas em vagão de composição ferroviária de capina química. O projeto de melhorias no sistema pulverizador foi realizado pela empresa especializada em tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. A principal causa a ser tratada com a manutenção foi garantir uma distribuição uniforme do produto em toda área tratada. Para isso, foi instalado um controlador automático de velocidade x vazão e redimensionado todo sistema de barra de aplicação com pontas adequadas ao volume de calda usado e tamanho de gotas adequado à velocidade de trabalho. Outro equipamento instalado na composição da capina química foi um misturador de calda no vagão depósito. Os resultados obtidos com a instalação do novo sistema, foram principalmente: economia de 12,6% do volume de herbicida usado no ano, redução de aproximadamente 40% do volume de água usado na operação, além de uniformidade de controle das plantas presentes no lastro. Outro ganho obtido foi a instalação de equipamento misturador de calda, reduzindo em 75% o tempo de execução da atividade de preparo da calda e lavagem das embalagens vazias. Com isso houve também redução do tempo de exposição dos operadores aos produtos químicos. As medidas adotadas trouxeram mais economia, eficiência, agilidade e segurança na operação da capina química.

Palavras-Chaves: via permanente, capina química, vagão pulverizador, tecnologia de aplicação.

1. INTRODUÇÃO

A realização da capina química para controle da vegetação na ferrovia é considerada uma atividade de rotina, inerente aos ciclos de manutenção da via como as demais atividades de troca de dormentes e trilhos, troca de lastro, reparo em Obras de Arte Especial (OAE) e demais estruturas que compõe a infra e superestrutura ferroviária.

As plantas localizadas na via são identificadas como plantas daninhas, vegetais estes que se desenvolvem em locais indesejados ou que competem com as cultivadas (de interesse comercial), na sua ocorrência. Dependendo da região do país, são designadas também, como mato, inço, plantas invasoras, juquira e ervas daninhas, podendo seu controle ser realizado por diferentes métodos (LORENZI, 2000).

A via férrea é formada pela infraestrutura e superestrutura, que definem as estruturas básicas de uma ferrovia, onde os termos utilizados seguem o Glossário de Termos Ferroviários do DNIT:

- a) **VIA FÉRREA (via):** Duas ou mais fiadas de trilhos assentados e fixadas paralelamente sobre dormentes, de acordo com as bitolas, constituindo a superfície de rolamento.
- b) **INFRAESTRUTURA:** Parte inferior da estrutura. Na via permanente, a infraestrutura é tudo que fica da plataforma para baixo. Conjunto de obras destinadas a formar a plataforma da ferrovia e suportar a superestrutura da via permanente.
- c) **SUPERESTRUTURA:** Parte superior da estrutura da via, formada pelo trilho, dormente e o lastro, a superestrutura que suporta diretamente os esforços dos veículos e os transmite à infraestrutura.
- d) **LASTRO:** Parte da superestrutura ferroviária, que distribui uniformemente na plataforma os esforços da via férrea transmitidos através dos dormentes, impedindo o deslocamento dos mesmos, oferecendo suficiente elasticidade à via, reduzindo impactos e garantindo-lhe eficiente drenagem e aeração.
- e) **GABARITO DE VIA:** - Seção transversal reta necessária à passagem livre de trem ou

veículo, referida ao boleto.

Diante dessa parametrização de termos, a vegetação não é item presente em nenhuma dessas estruturas, nas condições que foram adequadas e projetadas, conforme preconizam MICHEZ & GUILLERM (1984), que é de fundamental conhecimento sobre o tipo, distribuição e grau de infestação da vegetação que se estabelece de forma nociva na faixa de domínio, e impacta negativamente as atividades da ferrovia.

A vegetação de porte herbáceo necessita controle pelos riscos iminentes que geram perante a operação, onde a sua presença geram patologias sobre as estruturas de via.

Na ferrovia a vegetação tem sua procedência do banco de sementes do solo e na invasão de sementes oriundas de áreas adjacentes, além das espécies de interesse comerciais, e também oriundas das perdas no transporte. O banco de sementes é algo que vem sendo incorporado ao longo dos anos, de maneira que o manejo de plantas daninhas devem contemplar ações também em pré-emergência além da cotidiana da pós-emergência.

A ausência do controle da vegetação infestante da via pode prejudicar as atividades relacionadas ao tráfego de trens, a manutenção das linhas ferroviárias e de pátios, e as obras especiais de engenharia que compõe a infraestrutura e superestrutura da via férrea (FURLANI, 1992).

A presença da vegetação gera grandes impactos desde a operação, manutenção, acidente na ferrovia e a segurança operacional como a segurança pessoal. Registros realizados durante quase uma década, em diferentes trechos ferroviários, indicam acidentes com diversas causas que poderiam ser mitigados se identificados previamente, onde um dos fatores que sempre é salientado na investigação do acidente e corrobora muito nas causas é a presença da vegetação no gabarito da via, com o recobrimento dos defeitos e também a adição de fatores de degradação como a permanência da umidade elevada nos locais.

Alguns exemplos de acidentes registrados

são: AMV desnivelado; bitola aberta em dormentação inservível; bitola aberta fixação deficiente/ineficiente; bitola com variação de má fixação; queda do lastro barreira/pedras; nivelamento empeno abatimento de plataforma; nivelamento empeno drenagem deficiente/insuficiente; empeno lastro contaminado; nivelamento falta/excesso de superelevação com abatimento de plataforma; nivelamento falta/excesso de superelevação por dormentação inservível; nivelamento falta/excesso de superelevação drenagem insuficiente; nivelamento falta de superelevação por falha no nivelamento manual/mecanizado; nivelamento falta de superelevação por lastro contaminado, via com carreamento irregular de pedras (erosão); obstáculos sobre a via (vegetação); via trilhos desgastados; via trilhos fadigados; via parafuso e/ou placa partido; via solda partida; via trilhos trincado.

Em muitos dos acidentes a vegetação colabora principalmente nos casos que se encontram problemas com nivelamento, bitola e trilho, onde são relacionados:

- a) Perda do nivelamento por lastro contaminado, acarretando desnivelamento transversal e longitudinal e riscos de acidentes;
- b) O mesmo desnivelamento longitudinal pode acelerar a fadiga do trilho que fica trabalhando verticalmente, gerando trincas e quebras;
- c) Degradação acelerada dos dormentes, acarretando perda de bitola; e
- d) Alguns dessas patologias são causadas pelas dificuldades em inspeção visual do trecho e detecção de defeitos seja pelas equipes de Via ou pelos maquinistas, como trilhos quebrados e outros materiais metálicos (placas e fixações).

Essas patologias são causas principais de acidentes ferroviários, em diferentes escalas de gravidades, podendo ser desde simples descarrilamentos até situações gravíssimas como tombamentos de locomotivas e vagões.

Para a operação da via a presença da vegetação também gera impactos diretamente ao tráfego de trens, principalmente nos casos de parada completa

das composições, para checagem de segurança dos itens indicados como fora de conformidade (perda de pressão, rodeiros superaquecidos, indicadores de via desligados, trincas de trilhos) todos esses desvios requerem o desembarque do maquinista e checagem visual ou com o uso de equipamento específico dos desvios. As dificuldades mais críticas são apresentadas nos seguintes casos:

- a) Perda de pressão: A vegetação nas laterais da via e entrevia dificulta a locomoção do maquinista, visualização e checagem de defeitos nas mangueiras e engates em todos os vagões da composição (80-100 vagões cada composição);
- b) Rodeiros superaquecidos: Necessidade do maquinista checar todos os rodeiros da composição para superaquecimento, apenas após a realização da checagem a composição é liberada, cada vagão tem 4 eixos, total de 16 rodeiros por vagão;
- c) Indicadores de via desligados: Necessidade de checagem visual da agulha do AMV, para identificação de defeitos, necessidade de aplicação de "sargento" para trava e operação de AMV com segurança.
- d) Trincas de trilhos: a vegetação sobre a via dificulta a identificação de trincas verdadeiras nos trilhos, o que muitas vezes requerem que as composições trafeguem em velocidade reduzida até conferência visual pela equipe de manutenção.

E da mesma forma a vegetação presente no gabarito gera dificuldades para a manutenção da via, sendo inicialmente com a identificação dos defeitos pelos rondas e posteriormente a correção dos defeitos pelas equipes da manutenção, onde um dos pontos mais afetados são as leituras do vagão de Inspeção Autônoma e do carro controle, que utilizam equipamentos de leitura da bitola, câmeras e lasers sobre os trilhos, onde quaisquer obstáculos geram interferências ou sombras nas leituras, como também sujam esses equipamentos, prejudicando a qualidade e eficiência desses métodos.

Com relação aos acidentes pessoais, são reportados casos de torções e tropeços com quase queda de rondas e colaboradores que

atuam nesses locais com vegetação, dado que não são identificados desníveis ou obstáculos, por conta de a vegetação recobrir os dormentes ao nível dos trilhos, além de acidentes por algum tipo de animal peçonhento.

Para uma efetiva manutenção da ferrovia deve-se efetuar o levantamento, controle e o acompanhamento da via, a fim de planejar as atividades necessárias, desenvolvendo assim um plano de ações de curto, médio e longo prazo. Outra forma de ações são as imediatas e emergências, considerando aquilo que possa gerar danos irreversíveis ao meio ambiente ou mesmo acidentes que causem a interrupção do tráfego da via (NABAIS, 2014).

No controle da vegetação existem alguns produtos registrados no IBAMA para serem utilizados na capina química em ambientes “não agrícolas” ou NA, de forma a não causarem danos tanto ao homem como a outros animais. Os produtos NA são indicados para uso em capinas químicas no controle não seletivo e pós e pré-emergente não agrícola. Seu uso é recomendando, conforme orientações do IBAMA (2013), para o controle de plantas infestantes anuais e perenes em aceiros de cercas, margens de rodovia, ferrovias, faixa sob linhas de tensão e oleodutos.

A operação da aplicação da capina química consiste na aplicação efetiva do produto agrotóxico (herbicida) para o controle de plantas daninhas, que infestam a plataforma da ferrovia através da pulverização do produto formulado sobre a plataforma da via, utilizando equipamentos mecanizados, buscando assim a maior homogeneidade e segurança operacional e ambiental e na aplicação.

As melhorias realizadas na manutenção da composição de aplicação da capina química na ferrovia visaram a inclusão de tecnologia de aplicação por meio da combinação de controlador automático de vazão x velocidade, o redimensionamento dos sistemas de aplicação, tornando assim um sistema mais efetivo e segura para a operação.

Desta forma o trabalho tem por objetivo apresentar as medidas realizadas para a obtenção dos ganhos referente a economia e

maximização dos recursos e segurança na aplicação da capina química na ferrovia, com a utilização de vagão pulverizador especializado para a atividade.

2. MATERIAIS E METODOS

Alvo do estudo

O vagão pulverizador vinculado a operação da capina química foi o alvo do estudo de forma a apresentar as melhorias obtidas, onde a pulverização consiste na aplicação efetiva do produto para o controle de plantas daninhas, que infestam a plataforma da ferrovia através da pulverização do produto formulado sobre a plataforma.

A aplicação do produto é efetuada em uma largura variável de até 8m, ou seja, 4,0 metros para cada lado a partir do eixo da via onde existe a ocorrência das plantas daninhas, com barra composta por bicos específicos que atuam de maneira isolada se necessário.

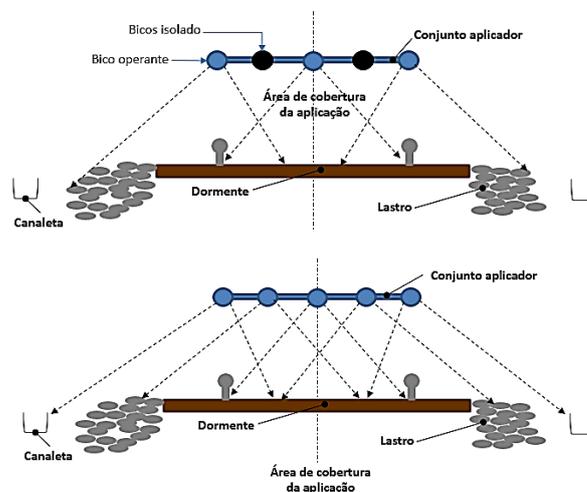


Figura 1 Esquemático de aplicação da capina química.

Por se tratar de uma atividade em ambiente incomum, diferenciado das áreas de aplicação de herbicidas em lavouras e rodovias, os equipamentos de aplicação são específicos ou adaptados para tal fim. Independente da forma de aplicação, todos seguem recomendação quanto a concentração de calda e volume aplicado. Segue descrição dos equipamentos e formas de aplicação:

A. Equipamento tracionado por locomotiva: composto por 1 (um) vagão tanque com

capacidade para 4.000 litros de calda, contendo conjunto de bombas para promover a pressão desejada. São usados bicos especiais com jato descentrado que proporciona baixa deriva com excelente padrão de deposição e cobertura. Esses bicos produzem um jato de pulverização com redução de 50% na quantidade de gotas mais facilmente carregadas pelo vento (gotas menores que 100 microns). Os equipamentos de apoio consistem em 3 (três) vagões tanque com capacidade para 40.000 litros cada de água limpa destinado ao preparo de cada. Um vagão comercial (almoxarifado) para transporte do produto embalado originalmente e armazenamento de embalagens vazias.

Espécies alvo do controle

Um fator importante a avaliação das espécies alvo do controle, visto que os resultados da aplicação dependem das condições locais da ferrovia e o nível de infestamento por plantas daninhas. Todas as áreas da ferrovia possuem um comportamento semelhantes no quesito diversidade de espécies, com baixa variação regionais específicas, o inventário de espécies consideradas daninhas na ferrovia é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 1 Inventário de espécies de plantas daninhas invasoras na ferrovia.

FAMÍLIA / ESPÉCIE	NOME POPULAR
AMARANTHACEAE	
<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Carurú
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Carurú-de-Espinho
ASTERACEAE	
<i>Bidens pilosa</i> L.	Picão-Preto
CONVOLVULACEAE	
<i>Ipomoea acuminata</i> (Vahl) Roem. & Schult.	Corda-de-Viola
CYPERACEAE	
<i>Cyperus cayennensis</i> (Lam.) Britton	Tiririca
<i>Cyperus ferax</i> Rich.	Junquinho
<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth	Junco-Fino
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	Cuminho
<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britton	Navalha-de-Macaco
EUPHORBIACEAE	
<i>Croton glandulosus</i> L.	Malva-Vermelha

FAMÍLIA / ESPÉCIE	NOME POPULAR
<i>Euphorbia brasiliensis</i> Lam.	Erva-Andorinha
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Leiteiro
<i>Euphorbia pilulifera</i> L.	Erva-de-Santa-Luzia
<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona
FABACEAE	
<i>Crotalaria</i> spp.	Crotalaria
<i>Glycine max</i> (L.) Merr. [1]	Soja
MALVACEAE	
<i>Sida cordifolia</i> L.	Guaxuma
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guaxuma
PHYLLANTHACEAE	
<i>Phyllanthus corcovadensis</i> Müll.Arg.	Erva-Pombinha
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Quebra-Pedra
POACEAE	
<i>Andropogon bicornis</i> L.	Rabo-de-Burro
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	Capim-Membeca
<i>Brachiaria arrecta</i> (Hack. ex T.Durand & Schinz) Morrone & Zuloaga	Tanner-Grass
<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitchc.	Papuã
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Capim-Amargoso
<i>Chloris dandyana</i> C.D.Adams	Capim-Branco
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma-Fina
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	Capim-Colchão
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Milhã
<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde	Amargoso
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.	Capim-Pé-De-Galinha
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Pé-de-Papagaio
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	Capim-Gordura
<i>Panicum maximum</i> Hochst. ex A.Rich.	Colonião
<i>Rhynchelytrum roseum</i> (Nees) Stapf & C.E.Hubb.	Favorito
<i>Zea mays</i> L. [1]	Milho
SOLANACEAE	
<i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertn.	Joá
<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jurubeba



Procedimentos de aplicação

De forma a obter resultados comparáveis com as melhorias realizadas no vagão pulverizador se faz necessário definir alguns parâmetros e procedimentos relativos a aplicação, sendo eles:

a) As condições climáticas (temperatura e umidade relativa) devem ser respeitadas pois influenciam diretamente na efetividade e na segurança da operação, de forma geral o teor de umidade relativo do ar deve ser superior a 55%. Como na pulverização as gotas são de pequeno tamanho, o processo de evaporação é significativo, uma vez que a relação superfície/volume aumenta com a redução do diâmetro das gotas. Assim, em função do tamanho das gotas e das condições do meio, muitas gotas evaporam-se completamente no trajeto entre o bico e o alvo.

b) Horário do dia para aplicação de produtos fitossanitários sempre que possível a aplicação deve ser realizada durante as horas com temperatura mais amenas ao longo do dia. Isto para evitar o processo denominado “véu de noiva”.

c) A água é elemento fundamental na preparação da calda para a aplicação de herbicidas. Funciona como meio para que ocorra o processo físico de pulverização e como meio para dissolução do produto nas doses recomendadas para o alcance do alvo desejado na cultura e/ou meio. Nesse sentido, se prioriza quando possível o uso de água proveniente de poços artesianos ao de açudes. Visto que açudes apresentam águas com maior comprometimento de qualidade, pois além de possuírem pH relativamente elevado, os sólidos dissolvidos na água lhe causam turbidez, reduzindo significativamente a meia vida do herbicida, que apresenta grande afinidade com sedimentos de argila e sais.

d) A dosagem do produto deve ser aplicada em uma concentração recomendada pelo fabricante, além da análise técnica referente a infestação e estágio de desenvolvimento das plantas invasoras. A pulverização será através de jato dirigido, quando as plantas daninhas estiverem em pleno desenvolvimento vegetativo e antes que ocorra o período inicial de florescimento. É aplicado em volume de

100 - 200 litros de calda por hectare, de acordo com as condições de desenvolvimento das ervas, condições estas verificadas no local, tratando-se de ervas daninhas com grande densidade vegetativa o volume será maior.

e) Segurança e Proteção individual com EPIs no preparo da calda, é exigido que o operador obedeça aos mesmos procedimentos de segurança obrigatórios para a aplicação do produto. Deverá fazer uso obrigatoriamente de todos os equipamentos de proteção individual e serão orientados por profissional habilitado sobre o correto uso.

f) O Cronograma de aplicação deve ser respeitado, atendendo ao período de reentrada adequado para os produtos, de maneira que seja parametrizada as aplicações, evidenciando que os ganhos estão relacionados exclusivamente na qualidade da pulverização realizada.

Monitoramento

O monitoramento consiste em vistorias sistemáticas e periódicas, como também na análise dos resultados numéricos das aplicações, permitindo a implantação ou adaptação em tempo hábil, das medidas de correção e proteção ambiental (prevenção, controle e contenção) se necessárias.

O acompanhamento dos resultados permitiu também verificar se os procedimentos e cuidados de caráter preventivo estão sendo executados, e se há necessidade de medidas corretivas. As medidas corretivas envolvem soluções específicas do corpo técnico adotados a sua devida caracterização durante as vistorias de campo dos trabalhos de monitoramento ambiental, já apontado soluções se necessárias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Melhorias realizadas

Na ferrovia a velocidade dos trechos não é constante, sendo determinada por diversos fatores. A inserção de tecnologia de aplicação nos vagões pulverizadores veio inicialmente

na busca por garantia da homogeneidade da pulverização, ou seja, na manutenção da dose de herbicida aplicada em toda área tratada, independente da velocidade de trabalho determinada pelo trecho a ser controlado. Neste projeto foram instalados um controlador automático de vazão, redimensionamento da barra de aplicação com substituição das pontas de pulverização e instalação de um sistema de abastecimento de pulverizadores, o SAP.

Controlador automático de vazão

Esse equipamento tem como função a manutenção da taxa aplicada, ou seja, mesmo havendo variação na velocidade de trabalho, o volume de calda pulverizado é constante, logo da dose de herbicida.

No controlador são inseridas informações como: velocidade mínima e máxima de trabalho, volume de calda desejado, pressão de trabalho, número de seções.

O controlador instalado conta com cinco seções ou comandos, estes com abertura independente conforme a figura a seguir:



Figura 2 Esquemático do controlador e canais de abertura.

Os canais do controlador representam o número de comandos independentes. Foram programados:

- a) Canal 1 e 5: pontas laterais alta, usadas apenas para controle de vegetação de porte alto e taludes.
- b) Canal 3: conjunto central com 3 pontas

para área do gabarito.

- c) Canal 2 e 4: pontas descentradas que conferem a largura da faixa total aplicada.

A barra de aplicação e a escolha das pontas baseou-se na velocidade, pressão de trabalho e largura total de aplicação. O tipo das pontas e a distribuição foram a seguinte:

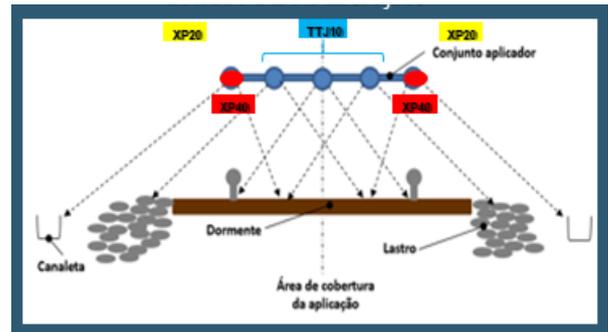


Figura 3 Esquemático de aplicação da capina química e disposição das pontas.

Ganhos efetivos

A instalação do novo sistema resultou em ganhos qualitativos e também quantitativos na operação da capina química, observados após um ano da modificação:

- a) Qualitativos
 - uniformidade de controle das plantas presentes na via permanente.
- b) Quantitativos
 - economia de 12,6% do volume de herbicida usado no ano.
 - redução de aproximadamente 40% do volume de água consumido na operação no ano.
 - redução de 75% no tempo de execução do preparo da calda e lavagem das embalagens vazias, agilizando as paradas no trecho.

Com a nova tecnologia, obteve-se economia e melhor uso dos herbicidas pela redução das perdas o às variações na velocidade de aplicação.

Observou-se também aumento da eficiência da aplicação com homogeneidade dos

resultados do controle pela manutenção do volume de calda e precisão da dose pulverizada.

O redimensionamento de todo sistema do pulverizador e instalação da nova barra e pontas pulverizadoras gerou uma redução no volume de água consumida na ordem de 40% em um ano

A substituição das pontas trouxe melhor cobertura e menor deriva, já que estas produzem um jato com qualidade de gotas que chega a 50% de redução na quantidade de gotas que são facilmente carregadas pelo vento.

4 CONCLUSÃO

A inserção de tecnologia de aplicação nos vagões pulverizadores demonstrou que os ganhos obtidos além do aumento da eficiência do controle das plantas e economia na operação com o bom uso dos herbicidas, trouxe também mais segurança e agilidade na operação da capina química.

REFERÊNCIAS

LORENZI, H. Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 2000.

FURLANI JUNIOR, JA; NOGUEIRA, HC; ANTUNIASSI, UR. Estudo comparativo de parâmetros operacionais e econômicos entre a capina química e manual em ferrovias. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, 1992b, p.2015-2025.

NABAIS, RJ. Manual básico de engenharia ferroviária. Associação brasileira de pavimentação. Oficina dos Livros, São Paulo. 360p, 2014.

Diprose, M.F, Benson, F. A. e A. J. Willis. 1984. The Effect of Externally Applied Electrostatic Fields, Microwave Radiation and Electric Currents on Plants and Other Organisms, with Special Reference to Weed Control. Botanical Review 50(2): 171-223.

DNIT. Glossário dos Termos Ferroviários. Consorcio STE e SISCON. 2016.