

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

QUALIDADE E pH DAS ÁGUAS DE PROPRIEDADES
CITRÍCOLAS E DE RIOS DA AMAZÔNIA CENTRAL SOBRE
A EFICIÊNCIA DO GLIFOSATO NO CONTROLE DE
Brachiaria decumbens

ANSSELMO FERREIRA DOS SANTOS

MANAUS
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

ANSSELMO FERREIRA DOS SANTOS

**QUALIDADE E pH DAS ÁGUAS DE PROPRIEDADES
CITRÍCOLAS E DE RIOS DA AMAZÔNIA CENTRAL SOBRE
A EFICIÊNCIA DO GLIFOSATO NO CONTROLE DE
*Brachiaria decumbens***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos, para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical na área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Dr. José Ferreira da Silva

MANAUS
2014

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S237q Santos, Anselmo Ferreira dos
QUALIDADE E pH DAS ÁGUAS DE PROPRIEDADES
CITRÍCOLAS E DE RIOS DA AMAZÔNIA CENTRAL SOBRE A
EFICIÊNCIA DO GLIFOSATO NO CONTROLE DE *Brachiaria*
decumbens. / Anselmo Ferreira dos Santos. 2014
75 f.: il. color; 21 cm.

Orientador: José Ferreira da Silva
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. ions. 2. qualidade da água. 3. resíduos. 4. pulverização. 5.
herbicida. I. Silva, José Ferreira da II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título

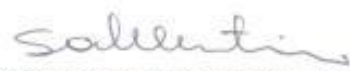
**QUALIDADE E pH DAS ÁGUAS DE PROPRIEDADES
CITRÍCOLAS E DE RIOS DA AMAZÔNIA CENTRAL SOBRE
A EFICIÊNCIA DO GLIFOSATO NO CONTROLE DE
*Brachiaria decumbens***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovado, em 28 de fevereiro de 2014

Banca Examinadora


Prof. Dr. José Ferreira da Silva
Universidade Federal do Amazonas


Profa. Drª Sônia Maria Figueiredo Albertino
Universidade Federal do Amazonas


Dr. Marcos Vinícius Bastos Garcia
Embrapa Amazônia Ocidental

*Em especial a minha mãe, meu pai,
irmãos e sobrinhos pelo incentivo e
carinho.*

Dedico

Ao professor Jose Ferreira da Silva

Agradeço

AGRADECIMENTOS

À Deus por me capacitar em mais essa conquista, e por sempre estar iluminando minha vida;

Ao meu pai e minha mãe e irmãos.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Ferreira da Silva pelo acompanhamento, pelas sugestões, paciência na orientação e amizade;

Ao Dr. Marcos Vinícius Bastos Garcia, pelo apoio, sugestões e suporte;

A toda equipe do Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de me integrar ao programa de pós-graduação, contribuindo para minha formação;

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical;

A equipe de apoio da secretaria de Pós-Graduação em Agronomia Tropical;

Aos colegas de Pós-Graduação pela amizade e companheirismo nesta jornada;

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pelo apoio na minha formação profissional;

A Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela sua importância no desenvolvimento da pesquisa e em especial pela bolsa concedida para a realização deste trabalho;

À todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!!!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Características do solo utilizado para preparo do substrato	27
Tabela 2 – Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> em função do período de decantação da água do laboratório de ciências das plantas daninhas. Manaus 2013.....	33
Tabela 3 - Composição química da água do laboratório de plantas daninhas, de duas propriedades cultivadas com citros e de um igarapé da região metropolitana de Manaus. Manaus, 2013	33
Tabela 4 - Elementos e compostos químicos do resíduo da água de pulverização, coletada em propriedades produtoras de citros e de um igarapé na região metropolitana de Manaus, após 72 horas de decantação. Manaus, 2013.	34
Tabela 5 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> em função do período de decantação da água da Fazenda FM Citros. Manaus 2013.	36
Tabela 6 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> em função do período de decantação da água da Fazenda Panorama. Manaus 2013.	39
Tabela 7 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> em função do período de decantação da água de Igarapé. Manaus 2013.	41
Tabela 8 - Composição química de água de três rios da Amazônia Central em função de períodos de decantação usadas no preparo de calda herbicídica com glifosato para controle de <i>B. decumbens</i> . Manaus-AM. 2014.	43.
Tabela 9 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> em função do período de decantação da água do Rio Negro. Manaus 2013.	43

Tabela 10 - Elementos e compostos químicos do resíduo da água de pulverização, coletada em propriedades produtoras de citros e de um igarapé na região metropolitana de Manaus, após 72 horas de decantação. Manaus, 2013.44

Tabela 11 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água do Rio Solimões. Manaus 2013.47

Tabela 12 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água do Rio Amazonas. Manaus 2013. 49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura química do glifosato.	4
Figura 2. Ação do glifosato na rota do ácido chiquímico, que leva à formação de compostos envolvidos na defesa da planta contra pragas e doenças.	6
Figura3: Esquema dos mecanismos envolvidos na sorção do glifosato.	13
Figura 4 - Esquema simplificado das rotas biossintéticas para produção de compostos fenólicos, isoprenóides e alcalóides.....	18
Figura 5- Vasilhame utilizado para coleta de água.	29
Figura 6 – Porcentagem de redução de área foliar de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e dos períodos de decantação da água destilada do LCPD usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.	31
Figura 7 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água destilada do LCPD usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.	32
Figura 8 – Porcentagem de redução de área foliar de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e dos períodos de decantação da água da fazenda FM Citros usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.	34
Figura 9 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da Fazenda FM Citros usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.	35
Figura 10 – Porcentagem de redução de área foliar de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água da fazenda Panorama usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.	37

Figura 11 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água da Fazenda Panorama usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.	38
Figura 12 – Porcentagem de redução de área foliar de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação do Igarapé usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.	40
Figura 13 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água de igarapé usada na aplicação de glifosato. Manaus. 2013.	40
Figura 14 – Porcentagem de redução de área foliar de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água do o Rio Negro usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.	42
Figura 15 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Negro usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.	43
Figura 16 – Porcentagem de redução de área foliar de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação do Rio Solimões usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.	46
Figura 17 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Solimões usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.	
Figura 18 – Porcentagem de redução de área foliar de <i>B. decumbens</i> , em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Amazonas usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.	48

Figura 19 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Amazonas usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013. 50

QUALIDADE E pH DAS ÁGUAS DE PROPRIEDADES CITRÍCOLAS E DE RIOS DA AMAZÔNIA CENTRAL SOBRE A EFICIÊNCIA DO GLIFOSATO NO CONTROLE DE *Brachiaria decumbens*

RESUMO

A produtividade das plantas cítricas não tem atingido seu potencial máximo devido a ação de vários fatores que afetam diretamente a rentabilidade agrícola. Dentre estes fatores tem grande importância a interferência de plantas infestantes em pomares de citros da região metropolitana de Manaus-AM. Instalou-se experimento em casa de vegetação e no Laboratório Ciência de Plantas Daninhas (LCPD) no período de julho a outubro de 2013 no Departamento de Produção Animal e Vegetal (DPAV) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus-AM, com o objetivo de caracterizar as propriedades químicas das águas de rios, igarapés e poço artesiano de produtores de citros que usam glifosato, com o objetivo de avaliar diferentes valores de pH da água, sobre a área foliar e a produção de matéria seca de *B. decumbens* e determinar o período de decantação que proporciona a maior eficiência do glifosato no controle desta planta. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 7x7x4+1. Os tratamentos foram sete valores de pH (3; 4; 5; 6; 7; 8, e pH natural da água), sete origens de água de pulverização (UFAM, Fazenda Panorama, Fazenda FMI Citros, Igarapé, Rio Negro, Rio Solimões e Rio Amazonas) e quatro períodos de decantação (0, 24, 48 e 72 horas) com 4 repetições. Foi avaliado a composição química das águas usadas nas propriedades produtoras de citros da região metropolitana de Manaus, períodos de decantação, porcentagem de redução da área foliar e do peso da matéria seca da braquiária em função do pH e períodos de decantação de cada uma das 7 fontes usadas nesta pesquisa. O valor de pH entre 3 e 4 foi o melhor para redução da área foliar e do peso da matéria seca em relação a testemunha. Quando se decantou a água por período de decantação 24 e 48 horas houve uma melhora na eficiência de controle pelo glifosato em até 45%. As águas das propriedades produtoras de citros mostraram se inadequadas para aplicar glifosato, enquanto as águas dos rios Negro, Solimões e Amazonas também apresentaram altas quantidades de íons e matéria orgânica que reduziram a atividade do glifosato.

Palavras chave: herbicida, íons, qualidade da água, pulverização, resíduos.

**QUALITY AND pH WATER OF CITRIC PROPERTIES AND RIVERS OF CENTRAL
AMAZON ABOUT THE EFFICIENCY OF GLYPHOSATE IN THE CONTROL
OF *Brachiaria decumbens***

The productivity of citrus trees has not reached its full potential due to the action of various factors that directly affect the rentability of agriculture. Among these factors, has great importance the interference of weeds in citrus orchards in the metropolitan region of Manaus-AM. Have installed the experiment in a greenhouse, and Laboratory of Weed Science (LCPD) in the period from July to October 2013 in the Department of Plant and Animal Production (DPAV) of the Federal University of Amazonas (UFAM), Manaus-AM, with in order to characterize the chemical properties of the waters of rivers, streams and artesian producers of citrus using glyphosate, evaluate different pH values of the water on the leaf area and dry matter production of *B. decumbens* and determine the period decanting that provides greater efficiency for glyphosate in the control of the plant. The experimental design was completely randomized in a factorial 7x7x4. Treatments were seven values of pH (3, 4, 5, 6, 7, 8, and natural water pH), seven origins of water spray (UFAM, Panorama Farm, FM Citric Farm, Igarapé, Black River, Solimões River and Amazon River) and periods of settling (0, 24, 48 and 72 hours) with 4 replications. I was evaluated the chemical composition of the water used in citrus-producing properties in the metropolitan region of Manaus, settling periods, percentage reduction in leaf area and dry weight of brachiaria a function of pH and settling periods of each of the 7 has been reported sources used in this research. The pH value between 3 and 4 was the best for reduction of leaf area and dry weight compared to control. When the decanted water by decantation period of 24 and 48 hours there was an improvement in the efficiency of control by glyphosate up to 45%. The waters of the citrus producing properties shown to be inadequate to apply glyphosate, while the waters of the Black River, Solimões and Amazon rivers also high quantities of ions and organic matter that reduced activity of glyphosate.

Keywords: waste, herbicide, ions, water quality, spray.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Geral.....	3
2.1 Específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Composição química do glifosato	4
3.2 Ação herbicídica	4
3.3 Comportamento na planta	7
3.4 Efeito do pH	8
3.5 Qualidade e origem da água sobre produtos fitossanitários	8
3.6 A qualidade da água	10
3.7 Adsorção, dessorção e degradação no solo	12
3.8 O uso de agrotóxicos no Amazonas	14
3.9 Efeitos do glifosato	16
3.9.1 No metabolismo secundário	16
3.9.2 Efeito do glifosato na síntese de compostos fenólicos	20
3.9.2.1 Lignina	22
3.9.2.2 Flavonóides	23
3.9.2.3 Fitoalexinas	24
3.9.2.4 Antocianinas, flavonas e flavonóis	24
3.9.2.5 Taninos condensados	25
3.10 Efeito do pH	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 Água do Laboratório de Ciências das Plantas Daninhas.....	31
5.2 Propriedade FM Citros.....	33
5.3 Fazenda Panorama	36
5.4 Igarapé	39
5.5 Rios	41
5.5.1 Rio Negro	41
5.5.2 Rio Solimões	45
5.5.3 Rio Amazonas.....	47
6. CONCLUSÃO	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO.....	58

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola do Amazonas, em alguns setores, está em uma fase de transição da agricultura extrativista para escala comercial. Esta mudança exige novos conhecimentos e técnicas atualizadas para o sucesso do negócio. A população rural do Amazonas é de baixa densidade (IBGE, 2010) e isto dificulta a contratação de pessoal para executar atividades onde ainda não existe mecanização ou o produtor não tem recursos para adquirir equipamentos. Esta situação dirige o produtor a usar produtos químicos que substitui o trabalho braçal, principalmente no controle de plantas daninhas.

No Amazonas, o ambiente é de alta radiação solar, elevada umidade relativa e o controle de plantas daninhas nestas condições é uma atividade extremamente insalubre. Por isto, é difícil encontrar trabalhadores para capinar plantas daninhas.

Em razão do menor preço de mercado em relação a contratação de mão de obra e do controle não seletivos destas plantas, praticamente todos os agricultores do Amazonas usam o glifosato em suas lavouras. Estas, em geral, são cultivadas as margens dos rios, dos lagos ou de igarapés, que servem de fontes de captura de água para pulverizar herbicida. As águas destas fontes são colocadas diretamente no tanque do pulverizador e adicionado o glifosato como uma prática rotineira. Entretanto, esta prática não considera a qualidade físico-química da água como os cátions ou ânions, além de argilas e materiais orgânicos.

O produtor da margem do Solimões captam água deste rio e em seguida pulveriza a sua lavoura. As análises da água do rio Solimões revelaram elevada quantidade de material em suspensão e sais dissolvidos provenientes dos Andes e da erosão dos sedimentos encontrados ao longo das bacias de drenagens (Silva 2002). O pH próximo fica 7 e a água é relativamente rica em Ca^{2+} e HCO_3^- , o que a classifica como carbonatada (SIOLI, 1968; KONHAUSER et al., 1994; GAILLARDET, et al., 1997).

Aa água do rio Negro torna se mais ácida devido a influência da vegetação decomposta de elevada quantidade de matéria orgânica dissolvida (SIOLI, 1985).

Dentre as características da água de pulverização, o pH assume grande importância, porque conforme o seu valor poderá degradar o herbicida na solução e

reduzir drasticamente a eficiência de controle das plantas daninhas (RAMOS e DURIGAM, 2008; RAI e KITTRICH, 1999).

A água de rios e de igarapés podem conter argilas e partículas orgânicas em suspensão e quando possível, os agricultores utilizam água de poço. Esta água pode ter pH elevado ou impurezas invisíveis a olho nu, dependendo da rocha de origem.

Quando o pH da água está no intervalo de 5,5 a 8,0 pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina. Esta modificação da molécula altera o valor da constante de dissociação do herbicida (pK_a) que é dependente do valor de pH do meio. Estas variações, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions e afeta, sobremaneira, a sua absorção que varia com os tecidos vegetais (KISSMANN, 1997). Assim, a meia-vida do produto pode ser reduzida devido a adsorção do herbicida pelos colóides orgânicos e inorgânicos liberados na calda herbicídica oriundos do ácido fosfônico (SPRANKLE et al., 1995; DUKE, 1998; BELTRAN et al., 2008) ou das atrazinas (WEBER, 2000).

Outra característica a ser avaliada na água para aplicação de agroquímicos é a característica física devido aos sedimentos em suspensão. Estas partículas como argilas e materiais orgânicos, além de obstruírem filtros e ponteiros, reduzem a capacidade operacional dos pulverizadores e diminuem a vida útil dos seus componentes. Também, podem reagir com os produtos adicionados ao tanque, inativando-os ou reduzindo sua eficácia. A adsorção do glifosato nas partículas de argila ocorre devido à atração entre as cargas da superfície do colóide do solo com as moléculas do herbicida (SPRANKLE, P. et al., 1995).

Os relatos indicam que a diminuição do pH na calda do glifosato é uma prática de bons resultados, visando aumentar a eficiência do herbicida no controle das plantas daninhas (COOPLANTIO, 2012).

A redução do pH da água de aplicação não é uma prática comum dos produtores de citros, talvez os mais informados sobre tecnologia de aplicação de herbicidas do Estado do Amazonas.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o controle de *Brachiaria decumbens* com glifosato, em pH crescente e tempo de decantação com água de diferentes procedências da região Metropolitana de Manaus.

2.1 Específicos

Caracterizar as propriedades químicas das águas de rios, igarapé e poço artesiano de produtores de citros que usam glifosato;

Avaliar diferentes valores de pH da água com glifosato, sobre a produção de matéria seca de *B. decumbens* em casa de vegetação;

Determinar o período de decantação que proporciona a maior eficiência do glifosato no controle de *B. decumbens*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Composição química do glifosato

O glifosato N-fosfonometil glicina (Figura 1) foi sintetizado em 1964 como potencial quelante industrial e seu uso como herbicida foi descrito em 1971. Devido a limitada solubilidade (1,2% a 25°C) do ácido em água, os sais mais solúveis são preferidos para as formulações (SENSEMANN, 2007).

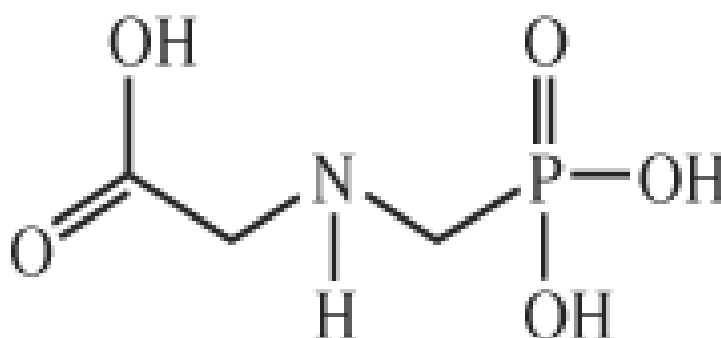


Figura 1: Estrutura química do glifosato.

Fonte: SENSEMANN, (2007).

O glifosato é derivado de aminoácidos (Glicina) e o seu mecanismo de ação é inibir a enzima enol-piruvil-shikimato-fosfato sintetase (EPSPS), responsável por uma das etapas de síntese dos aminoácidos aromáticos como triptofano, fenilalanina e tirosina (SENSEMANN, 2007).

3.2 Ação herbicídica

Uma das mais importantes características do glifosato é sua rápida translocação das folhas da planta tratada para as raízes, rizomas e meristemas apicais. Esta propriedade sistêmica resulta na destruição total de plantas invasoras perenes de difícil controle tais como *Sorghum halepense*, *Agropyron repens*, *Cirsium arvense*, *Cyperus* spp., *Cynodon dactylon*, *Imperata cilindrica* e mesmo *Pueraria lobata* (FRANZ, 2005; GRUYS e SIKORSKI, 1999).

Quando o glifosato é aplicado sobre as plantas ocorre, inicialmente, uma rápida penetração, seguida por uma longa fase de lenta penetração. A duração dessas fases depende de fatores, incluindo espécie, idade, condições ambientais e concentração do glifosato e surfatante. O glifosato é móvel no floema e é rapidamente translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas.

Foi sugerido (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2004) que as cargas negativas da parede celular e do plasmalema repelem o glifosato, que é fortemente aniônico. Essa falta de uma forte ligação pode contribuir para o movimento do glifosato no apoplasto, ou seja, ele apresenta movimentação tanto simplástica como apoplástica. Também outras rotas de penetração (DURIGAN et. al, 2004) demonstraram que formulações solubilizadas em óleo permitiram ao glifosato penetrar pela casca de espécies arbóreas. Raízes de cultivos em solução nutritiva contendo glifosato absorvem o herbicida, que se transloca através da planta (HADERLIE et al., 1978).

Por meio do simplasto, o glifosato aplicado nas folhas é translocado para as regiões em crescimento da planta juntamente com os fotoassimilados (PETERSON et al., 1998).

Os sintomas comuns observados após a aplicação de glifosato são clorose foliar seguida de necrose. Outros sintomas foliares são: enrugamento ou malformações (especialmente nas áreas de rebrotamento) e necrose de meristema e também de rizomas e estolões de plantas perenes. Em contraste com muitos herbicidas de contato, os sintomas fitotóxicos de danos pelo glifosato geralmente desenvolvem-se lentamente, com a morte ocorrendo após vários dias e mesmo semanas. Devido ao longo tempo requerido, a estabilidade *in vivo* do glifosato é uma importante característica que contribui para seus efeitos fitotóxicos irreversíveis. Nas plantas, o glifosato é muito estável, com pequena degradação detectável ocorrendo em longo período de tempo (HERNANDEZ et. al, 2001). O mecanismo de ação do glifosato é bastante singular porque ele é o único herbicida capaz de inibir especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs) (Figura 2) que catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de três aminoácidos essenciais – triptofano, fenilalanina e tirosina (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2004; VIDAL; FLECK, 2007).

As enzimas EPSPs de todas as plantas, fungos e da maioria das bactérias isoladas e caracterizadas são inibidas pelo glifosato. As bactérias que a EPSPs podem desenvolver-se na presença de concentrações que seriam tóxicas para outros organismos. Assim, a transferência de gene com resistência ao glifosato a uma planta suscetível confere, a esta, a tolerância ao glifosato (GRUYS e SIKORSKI, 1999).

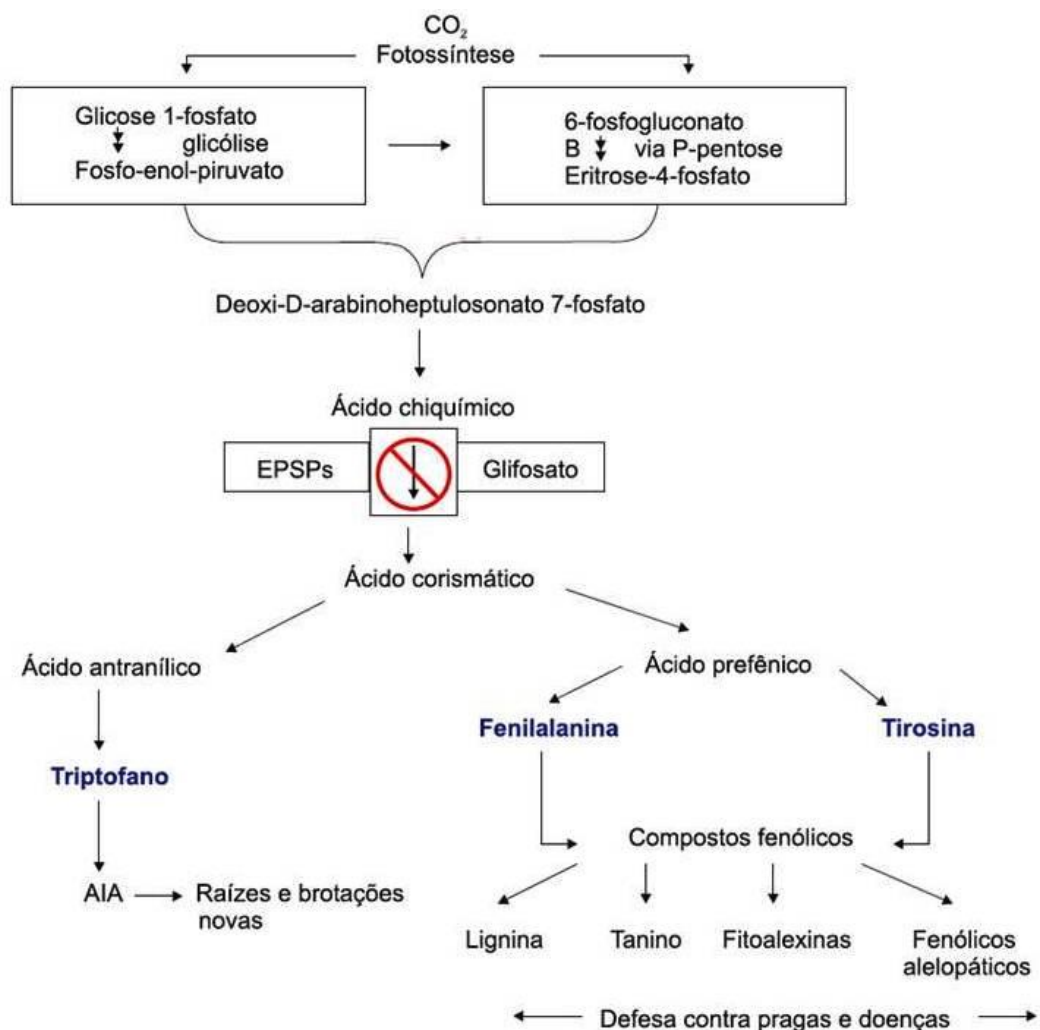


Figura 2. Ação do glifosato na rota do ácido chiquímico, que leva à formação de compostos envolvidos na defesa da planta contra pragas e doenças.

Fonte: SENSEMANN, (2007).

A interrupção da biossíntese dos aminoácidos aromáticos de plantas é uma estratégia atrativa para o desenvolvimento de herbicida com características ambientais favoráveis. Isto porque, apesar da rota do chiquimato estar presente em plantas e em muitos microrganismos, ela é completamente ausente em mamíferos,

peixes, pássaros, répteis e insetos. Estas formas de vida não dependem da rota do chiquimato porque retiram da dieta os produtos aromáticos que necessitam. Já as plantas são obrigadas a produzir estes aminoácidos essenciais para sobreviver e se multiplicar (GRUYS e SIKORSKI, 1999).

O ponto final da rota do chiquimato é a formação do corismato (Figura 2), a partir do qual muitos metabólitos secundários são formados. Entre estes temos tetrahidrofolato (THF), ubiquinona e vitamina K, que são essenciais para a vida da planta. A fenilalanina, além de participar da biossíntese de proteínas, é também substrato para a via do fenilpropanóide que produz numerosos produtos secundários de plantas, tais como antocianinas, lignina, promotores e inibidores de crescimento e compostos fenólicos. Muitos destes, implicados na defesa da planta contra doenças e pragas. O triptofano é precursor do ácido indolilacético (IAA), hormônio vegetal necessário para expansão celular, manutenção da dominância apical e muitos outros processos regulatórios (DEVINE et al., 2003; GRUYS e SIKORSKI, 1999).

3.3 Comportamento na planta

Glifosato é absorvido pelas regiões clorofiladas das plantas principalmente pelas folhas e outros tecidos verdes da planta (GALLI E MONTEZUMA, 2008). O herbicida glifosato na planta age inibindo a ação da enzima EPSPs (Enol piruvil shiquimato fosfato sintase) por competição pela PEP (fosfoenolpiruvato) impedindo a transformação de shikimato em corismato, o qual é precursor dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano.

A enzima EPSPs é sintetizada no citoplasma e transportada para o cloroplasto local de sua atuação. Acredita-se que a desregulação da rota do ácido chiquímico resulta na perda de carbonos disponíveis para outras reações celulares na planta, pois 20% do carbono das plantas são utilizados nessa rota metabólica, já que fenilalanina, tirosina e triptofano são precursores da maioria dos compostos aromáticos nas plantas. O glifosato reduz a síntese de fitoalexinas, ocorrendo aumento da concentração em níveis tóxicos de nitrato, etileno e outros compostos que aceleram a morte das plantas (GALLI e MONTEZUMA, 2008; FERREIRA, SILVA E FERREIRA, 2005; e SILVA, 2002).

3.4 Efeito do pH

A acidificação da calda reduz a dissociação das moléculas; assim, herbicidas dissolvidos em condições de baixo pH são absorvidos com maior facilidade pelas plantas devido às moléculas encontrarem-se na forma não-dissociada (CUNHA e CARVALHO, 2005).

Aumentando o pH de uma solução contendo glifosato, verifica-se a ocorrência de sucessiva desprotonização da molécula do herbicida. Dentro da faixa de pH fisiológico (de 5 a 8), o glifosato está carregado negativamente, existindo tanto como ânion monovalente como bivalente. Devido a essas múltiplas cargas negativas existentes sobre a molécula do glifosato, ele pode formar complexos estáveis (quelatos) com cátions bivalentes e trivalentes em solução aquosa (MEDINA et. al, 2005).

O pH da solução e os íons presentes na calda influenciam a fitotoxicidade do herbicida setoxydim, sendo que sódio e cálcio mostraram-se antagônicos ao herbicida em pH acima de 7 (RHEINHEIMER, 2000). Esse fato pode ser devido à protonação das moléculas do setoxydim em baixo pH, o que facilita sua absorção (RHEINHEIMER, 2000).

3.5 Qualidade e origem da água sobre produtos fitossanitários

A qualidade da água é fator fundamental na eficácia de produtos fitossanitários. Muitos agricultores evitam usar a água de rios por causa dos teores elevados de argila, de material orgânico ou de sais. Optam pela água de poços artesianos que, em geral, são límpidas, outros ainda utilizam água de rios, que é o caso das comunidades ribeirinhas da região amazônica. Se a água apresentar quantidade elevada de partículas de terra em suspensão, pode reduzir a meia-vida (tempo para inativar 50 % do produto) do glifosato, que fica adsorvido na argila. A água de rios, em geral, apresenta argila e partículas orgânicas em suspensão. Em função disso, os agricultores estão usando água de poços artesianos para a pulverização de agrotóxicos. Entretanto, essa é dura e o pH pode ultrapassar a 10,

dependendo da rocha matriz, a qual controla a riqueza em minerais dissolvidos na água (RAI e KITTRICH, 1999).

Nas regiões com águas minerais e alcalinas, o pH pode atingir níveis superiores a 9. Muitos produtos fitossanitários reduzem sua meia-vida hidrolítica quando misturados em água alcalina (RAI e KITTRICH, 1999).

Argila e compostos orgânicos em suspensão na água podem adsorver herbicidas e reduzir-lhes a atividade. A água dura (rica em Ca^{++} e Mg^{++} , principalmente) também interfere na eficiência de alguns herbicidas das seguintes maneiras:

1) muitas formulações têm surfatantes aniônicos, que contêm Na^+ e K^+ , e, quando o herbicida entra em contato com água dura, Na^+ e K^+ podem ser substituídos por Ca^{++} e Mg^{++} , com a conseqüente formação de compostos insolúveis; e

2) herbicidas à base de ácido ou de sal dissolvidos em água dura podem dar origem a compostos insolúveis (KISSMANN, 1997).

Muito se tem discutido atualmente sobre a qualidade da água utilizada nas pulverizações, principalmente com relação ao pH (RAMOS; ARAÚJO, 2006). Trabalhos recentes mostram que alguns herbicidas têm sua eficiência elevada na planta com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0. A máxima absorção e eficiência de herbicidas com caráter de ácido fraco ocorre em pH em que 50% das moléculas encontram-se dissociadas (pKa) (RAMOS e DURIGAN, 2010). Esses valores alertam para os cuidados que devem ser tomados na utilização dessas águas para a aplicação de herbicidas, uma vez que a eficiência de alguns desses, como é o caso dos grupamentos ácidos do 2,4-D e glifosato, é dependente do pH da calda (VIVIAN et. al, 2007).

O pH da água, segundo Kissmann (2007), pode influir no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; sendo que a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

A qualidade da água pode influenciar, de forma negativa, a eficiência biológica dos herbicidas, reduzindo sua meia-vida, como do glifosato, pois são adsorvidos aos colóides orgânicos e inorgânicos, devido à presença do ácido

fosfônico na molécula (SPRANKLE et al., 1975; DUKE, 1988; BELTRAN et al., 1998), ou das atrazinas, devido aos substituintes do anel aromático (WEBER, 1970).

3.6 A qualidade da água

Vários fatores podem influenciar a qualidade química da água. Um deles, e que tem grande interferência sobre a eficácia dos agrotóxicos, é a “dureza”. A dureza total da água está relacionada aos teores de carbonatos, de sulfatos, de cloretos e de nitratos de vários cátions (RAMOS e ARAÚJO, 2006). Em solução, certo percentual de moléculas solúveis é dissociado em íons. Esses íons livres (Al^{+3} , Zn^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- , NO_3^-) podem combinar-se com moléculas orgânicas (STUMM; MORGAN, 2006), como é o caso da reação dos íons de 2,4-D com Ca^{+2} e Mg^{+2} (RAMOS e ARAÚJO, 2006) e da quelação desses íons pelo glifosate. Isso diminui a quantidade de ingrediente ativo disponível, que, por sua vez, diminui a eficiência biológica do herbicida, além do entupimento das pontas de pulverização, em função da aglutinação e precipitação das partículas.

De acordo com Prata et. al, (2005), a dureza é capaz de interferir negativamente na qualidade da calda de agrotóxicos, em função destes, nas suas formulações, utilizarem adjuvantes que são responsáveis pela sua emulsificação (óleos) ou dispersão (pós) na água, denominados de tensoativos. Tais adjuvantes são sensíveis à dureza, pois atuam no equilíbrio de cargas que envolvem o ingrediente ativo, equilíbrio este que é alterado pela água dura. Um grupo específico de tensoativos, os aniônicos, que são geralmente sais orgânicos de Na^+ e K^+ , reagem com os cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} presentes na água dura, formando compostos insolúveis, reduzindo assim a quantidade de tensoativo na solução e causando grande desequilíbrio de cargas. Isso ocasiona a floculação ou precipitação dos componentes da formulação, podendo causar uma baixa eficácia e a obstrução de filtros e pontas de pulverização. As águas brasileiras, salvo algumas exceções, são brandas ou muito brandas, não ocasionando problemas a aplicação de agrotóxicos.

A qualidade química da água deve também ser analisada em função da quantidade de outros íons que a compõem e que não são constituintes da dureza. Íons como Fe^{+3} e Al^{+3} , por exemplo, podem reagir com o agrotóxico reduzindo sua eficácia. No entanto, a tal interferência é influenciada pela tecnologia empregada na

pulverização, não existindo uma concentração alta ou baixa fixa para tais íons. Para uma mesma concentração, quanto menor for o volume de água utilizado por área para a distribuição de uma mesma dose de agrotóxico, menor será a interferência destes sobre o princípio ativo Prata et. al. (2005).

A qualidade física da água é de extrema importância, principalmente no que se refere à quantidade de sedimentos em suspensão. Sedimentos como argila e matéria orgânica, além de obstruírem filtros e pontas, reduzindo a capacidade operacional dos pulverizadores, reduzem a vida útil dos equipamentos (bombas, pontas e outros componentes do pulverizador), sendo que também podem se associar aos produtos químicos adicionados ao tanque, inativando-os ou reduzindo sua eficácia. Entretanto, quando se avalia esta inativação, nem sempre as conclusões podem ser baseadas diretamente em trabalhos de pesquisa desenvolvidos no exterior. Um exemplo clássico é a inativação do glifosato pela argila presente no solo ou na solução de aplicação. A adsorção do herbicida à partícula de argila ocorre devido à atração entre as cargas da superfície do colóide do solo com as moléculas do herbicida. O tipo de mineral de argila, montmorilonita ou acaulinita, o conteúdo, fração de matéria orgânica, pH e capacidade de troca de cátions são fatores potenciais que afetam a adsorção do herbicida (SPRANKLE, P. et. al, 1975).

O indicativo que define o pH em que o produto apresenta maior adsorção (inativação) é denominado de pK_a , que é a constante de ionização em meio ácido onde adquire característica de cátion neutro, monoânio, diânion e triânion, ou seja, o valor do pH em que o composto apresenta sua máxima ionização ou capacidade de reagir com outras substâncias. Entretanto, quando o pH do meio está distante do pK_a do composto, ele ainda continua sendo adsorvido, embora com menor intensidade Prata et al. (2005).

De acordo com Prata et al. (2005), pK_a da ametrina é 4,0 e da atrazina 1,6. A atrazina, por exemplo, em pH 1,6 apresenta sua máxima adsorção. Portanto, o pH quanto mais distante de 1,6, maior a disponibilidade do produto. O paraquat também apresenta comportamento semelhante, mas pelo fato de pertencer a um grupo de compostos básicos fortes, são atraídos pelas cargas negativas existentes nos colóides orgânicos e minerais presentes na solução.

Várias substâncias ácidas (ácido muriático, cítrico, acético-vinagre, sulfatos etc.) podem ser usadas para reduzir o pH de águas de pulverização antes de

colocar os produtos fitossanitários no tanque. Existem outros ácidos fortes, de baixo pH ou alto poder tampão, que podem ser usados em doses menores aos citados. Em geral, o limite inferior do pH está em 3,5. Abaixo deste valor, poderá ocorrer dissociação iônica e precipitação do produto, reduzindo sua solubilidade e, em consequência, causando má homogeneização na calda, aumentando os riscos de fitotoxicidade nas plantas Prata et al. (2005).

Recomenda-se medir o pH da água da fonte de abastecimento para, quando necessário, determinar a necessidade de adoção de ácido para a correção de acidez. Em geral, o pH da água se mantém constante na mesma localidade, não sendo necessário medir cada vez que fizer a aplicação de produtos fitossanitários Prata et al. (2005).

3.7 Adsorção, dessorção e degradação no solo

Prata et al. (2000) mencionam que no solo o glifosato é caracterizado pela sua alta capacidade de sorção e que vários são os mecanismos explicando este fenômeno, tais como a troca de ligantes com óxidos de Fe e Al e as ligações de hidrogênio com as substâncias húmicas.

Prata e Lavorenti (2002) explicam que, via de regra, quanto menor a solubilidade em água de uma molécula, maior é a capacidade de sorção desta no solo. E que o comportamento do glifosato é a grande exceção desta regra, pois é uma molécula altamente solúvel em água e extremamente sorvida. Explicam ainda que a sorção do glifosato (Figura 3) está relacionada às forças de van der Waals, à formação de pontes de hidrogênio com as substâncias húmicas do solo, à troca iônica (o glifosato pode apresentar carga positiva e negativa ao mesmo tempo) e à formação de ligação covalente com os átomos metálicos dos óxidos do solo (semelhante à adsorção específica dos fosfatos inorgânicos). Mencionam que este último é o mecanismo mais importante para solos oxídicos e faz com que o glifosato permaneça no solo como resíduo-ligado.

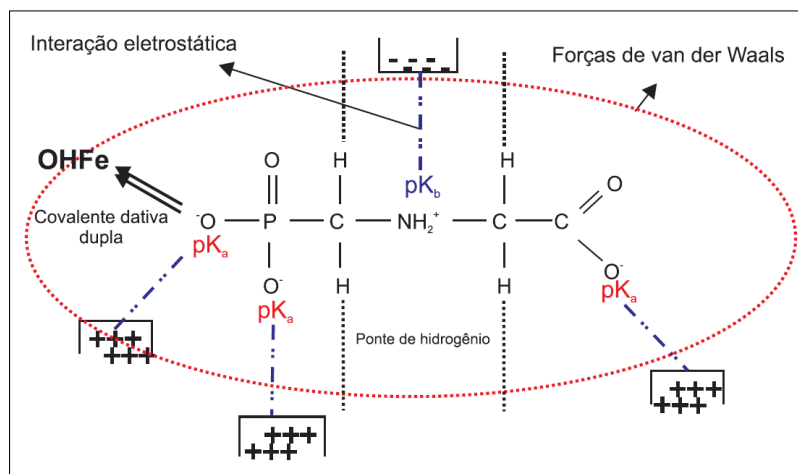


Figura3: Esquema dos mecanismos envolvidos na sorção do glifosato.

Fonte: DURIGAN et. al, 2004

A taxa de metabolismo do glifosato no solo, em geral, é inicialmente rápida, mas, posteriormente, é seguida por um lento e prolongado período de degradação (NETTO, 2006). Nomura e Hilton (2007) sugerem que a fase inicial rápida representa a degradação do glifosato livre ou facilmente disponível no solo e que a fase lenta pode ser em função da demorada liberação do glifosato “aprisionado”. (MAROCHI, 2006) observou rápida degradação do glifosato no primeiro dia da aplicação no solo, seguida de diminuição até o quadragésimo dia. Segundo Nomura e Hilton (2007), a influência da adsorção restringiu a disponibilidade do glifosato para a biodegradação ao longo do tempo. Mesma tendência foi observada por Prata et. al, (2002), ele avaliou a persistência do glifosato em Latossolo Vermelho distroférico conduzido no sistema plantio direto ou convencional e observou que a meia-vida de mineralização variou entre 252,6 e 782,1 dias e a meia-vida de dissipação entre 14,5 e 25,8 dias. A persistência do herbicida foi maior no plantio convencional que no plantio direto, pois neste o óxido de ferro, o principal adsorvente de glifosato, está envolvido por compostos orgânicos, diminuindo, assim, sua adsorção.

Santos et al. (2007) comparando tipos de argila e de adsorventes, observaram ainda que a caulinita adsorvia mais glifosato que os outros materiais testados. Como a CTC segue a ordem: bentonita > illita > caulinita > hidróxidos de ferro e alumínio, concluíram que a adsorção de glifosato não está relacionada com a CTC da argila, mas sim com o cátion saturando a argila. Na caulinita, o glifosato

provavelmente está ligado nas bordas quebradas da argila e nos hidróxidos de ferro e alumínio através da substituição com hidroxilas. Sprankle et al. (1975) concluíram ainda que a adsorção de 14 C-glifosato à bentonita saturada com diferentes cátions seguia a ordem: $\text{Ca}^{2+} < \text{Mn}^{2+} < \text{Zn}^{2+} < \text{Mg}^{2+} < \text{Fe}^{3+} < \text{Al}^{3+}$. A forte adsorção ao Al^{3+} e ao Fe^{3+} indicaria que o grupo fosfônico do glifosato estaria envolvido na adsorção e que competia com os fatos inorgânicos pelos sítios de adsorção. O controle e as argilas saturadas com Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} mostraram pobre desenvolvimento da planta, indicando a pequena adsorção do glifosato. O oposto ocorrendo nas argilas saturadas com Fe^{3+} e Al^{3+} . Estudos de adsorção de glifosato por solos e argilas minerais efetuados posteriormente por Glass (1987), embora corroborem como sequência de adsorção de acordo com os cátions saturando a argila montmorilonita ($\text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Mg}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$), mostram a adsorção crescendo na ordem: montmorilonita > illita > caulinita. Estes resultados seriam consistentes com a hipótese de que o glifosato seria adsorvido entre os espaços interlaminares dos minerais de argila. O autor sugere ainda que a maior adsorção de glifosato com os cátions de maior valência seria devido à formação de complexos estáveis na solução entre glifosato e estes cátions deslocados para a solução do solo através do processo de troca com prótons da solução. Fenômeno este já percebido por Hensley et al. (1978) e Hoagland et al. (1979).

3.8 O uso de agrotóxicos no Amazonas

De acordo com Nina (2002), os dados sobre o emprego de agrotóxicos no Amazonas são escassos e muitas vezes contraditórios. Segundo o censo agropecuário, feito em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a parcela de agricultores que usa pesticidas no cultivo de frutas e hortaliças varia entre 78% e 98,7% nos diferentes municípios amazonenses. O censo mostrou que os agricultores gastaram em torno de US\$ 718 mil em agrotóxicos em 2005. Apesar desses dados, é difícil conhecer a real dimensão, em função da falta de estatísticas oficiais sobre quantidades e tipos de agrotóxicos comercializados e usados na região. A Lei de Agrotóxicos (Lei 7.802, de 1989) é rigorosa, mas tem pouco efeito no estado, porque não há pessoal suficiente para fiscalizar seu cumprimento e monitorar o uso de pesticidas, resultando na perda de controle sobre

essa prática. Esses produtos são livremente vendidos e utilizados, embora a lei exija o receituário agrônomo para a compra e o acompanhamento de técnicos registrados no Ministério da Agricultura para a aplicação dos agrotóxicos mais perigosos.

Lojas de Manaus, vendem os produtos de forma fracionada, já que muitas vezes os agricultores não têm dinheiro para comprar uma embalagem completa. Com isso, todas as informações contidas na etiqueta do produto – sobre dosagem, formas de aplicação, periculosidade, toxicidade e cuidados com a manipulação – são perdidas. Outros fatores contribuem para o uso incorreto de pesticidas, expondo o ambiente e o agricultor ao risco de envenenamento. Os agricultores não usam equipamento de proteção individual (EPI) porque é caro e desconfortável, inadequado para regiões quentes como o Amazonas. A falta de treinamento e o pouco conhecimento deles sobre a periculosidade dos agrotóxicos favorecem descuidos durante o preparo e a aplicação do produto e também no descarte das embalagens. Nessas condições, a exposição ocupacional dos agricultores é alta, o que os torna vulneráveis à intoxicação aguda e crônica. É difícil estimar os níveis de intoxicação no estado do Amazonas. Entre 1995 e 2000, o Centro de Informações Toxicológicas do Hospital Universitário Getúlio Vargas registrou 68 casos de envenenamento, em sua maioria acidentes domésticos, suicídios e tentativas de suicídio. O número total de casos, porém, deve ser maior, considerando-se que a maior parte não é registrada porque ocorre nas áreas rurais, longe dos hospitais, ou o diagnóstico é incorreto (principalmente no caso de envenenamento crônico) os sintomas apresentados pelos trabalhadores intoxicados são atribuídos a outras doenças. (WAICHMAN, ROMBKE e NINA, 2003).

3.9 Efeitos do glifosato

3.9.1 No metabolismo secundário

A absorção e translocação do glifosato são influenciadas por diversos fatores, incluindo as características da planta, as condições ambientais, a concentração do herbicida, o surfatante utilizado e o método de aplicação. Os efeitos de tais fatores já foram extensivamente estudados e muitos dos resultados são encontrados nas revisões de Caseley e Coupland (1985) e Franz et al. (1997). A absorção de glifosato é um processo que envolve uma rápida penetração inicial através da cutícula, seguida por uma absorção lenta. A difusão é considerada o principal processo de transporte do glifosato pela cutícula e, portanto, o gradiente de concentração entre a região de deposição e o interior da planta influencia a absorção (CASELEY e COUPLAND, 1995). A absorção do glifosato normalmente aumenta com a redução no volume de aplicação e aumento de sua concentração (STAHLMAN e PHILLIPS, 1999). A molécula do glifosato é altamente polar e apresenta baixa lipofilicidade, com um coeficiente de partição octanol-água ($\log K_{OW}$) próximo a -4. Devido a estas características, é possível que a passagem do glifosato da superfície da folha para o apoplasto ocorra em função de um caminho aquoso ou hidrofílico, através da cutícula lipofílica (CASELEY e COUPLAND, 1995).

Os principais componentes químicos das ceras epicuticulares são os n-alcanos, ésteres, álcoois e ácidos graxos. A cutícula é primariamente apolar, mas existem diferenças com relação ao grau de hidrofobicidade devido à sua composição. Essas diferenças podem refletir na absorção do glifosato, resultando em menor eficiência do produto quando a cutícula for mais hidrofóbica (CHACHALIS et al., 2001). Após atingir o apoplasto, o glifosato é absorvido pelas células por um processo complexo, envolvendo mais de um mecanismo. Resultados obtidos por Hetherington et al. (1998) evidenciaram que quando o herbicida está em baixas concentrações no apoplasto, um mediador ativo é responsável por sua absorção, provavelmente um transportador, e em altas concentrações o processo predominante é a difusão.

Normalmente, o glifosato é rapidamente translocado pelas plantas. A principal via de translocação é simplástica, entretanto, significativo movimento apoplástico também ocorre. Vários trabalhos indicam que o glifosato segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese (açúcares), indo das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes das plantas que utilizam estes açúcares, estabelecendo-se uma relação de fonte e dreno (CASELEY e COUPLAND, 1995). O processo biossintético primário das plantas verdes é a fotossíntese na qual elas utilizam a energia solar para a produção de compostos orgânicos, agrupados pelas características comuns em metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários, essenciais para a sobrevivência dos organismos são: açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, nucleotídeos e polímeros derivados deles. Grupo reduzido desses metabólitos serve como precursor para síntese de outros compostos em reações catalisadas enzimaticamente.

Estes compostos são chamados de metabólitos secundários: ácido chiquímico (precursor de vários compostos aromáticos), acetato (precursor de ácidos graxos, polifenóis, isoprenos, prostaglandinas, etc.) e aminoácidos alifáticos (biossíntese de alcalóides). A figura 4 mostra a rota biossintética para a produção dos metabólitos secundários (CASTRO et al., 2001).

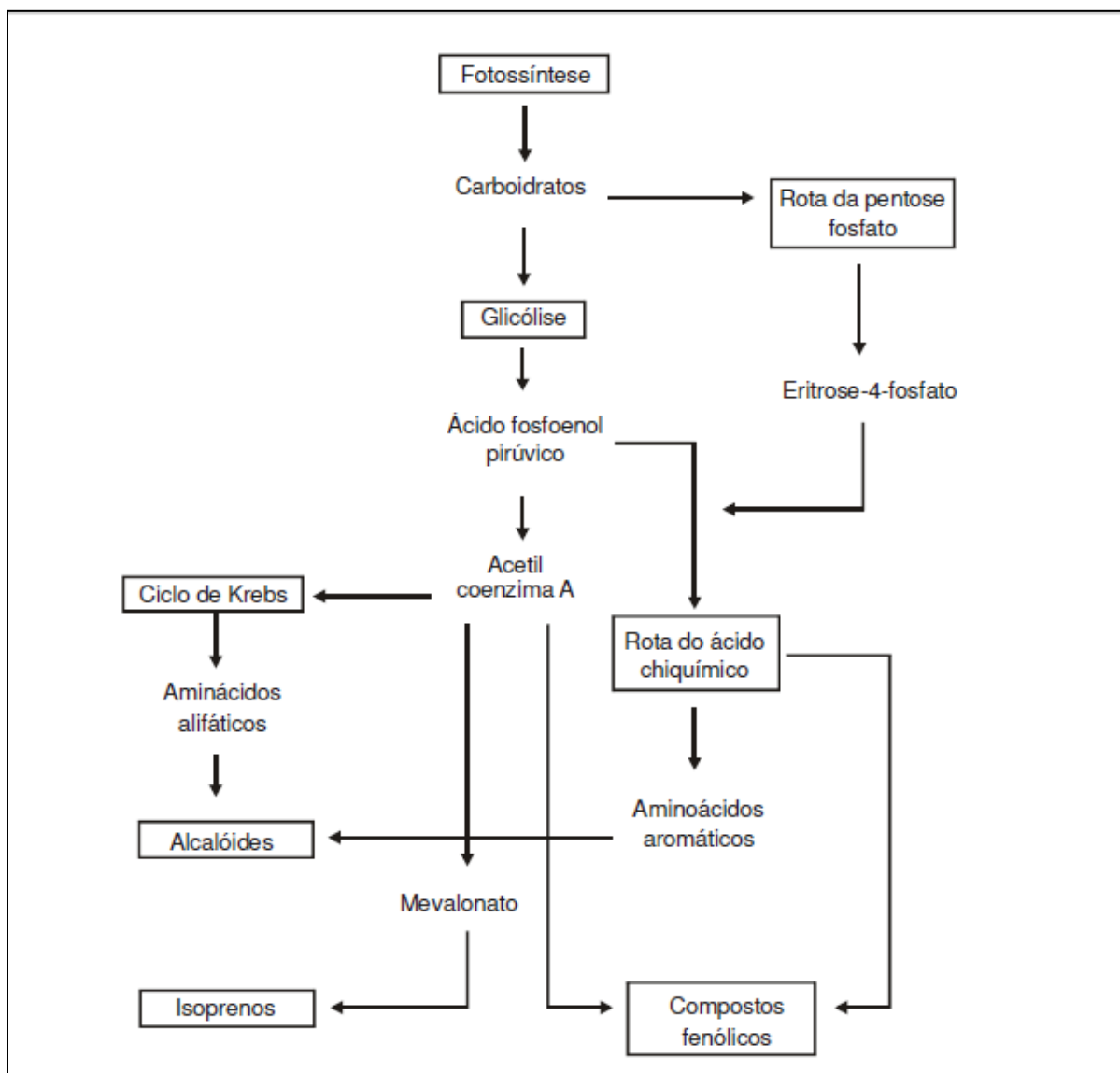


Figura 4 - Esquema simplificado das rotas biossintéticas para produção de compostos fenólicos, isoprenóides e alcalóides.

Fonte: DURIGAN et. al, 2004

O glifosato é o mais importante herbicida a afetar a síntese de metabólitos secundários devido ao bloqueio da rota do ácido chiquímico, com muitas implicações ecológicas (DURIGAN et. al, 2004). Entre os efeitos, podem ser citados: síntese de IAA e de outros hormônios vegetais, síntese de clorofila, síntese de fitoalexinas e de lignina, síntese de proteínas, fotossíntese, respiração, transpiração, permeabilidade de membranas e outros mais.

A inibição da enzima EPSPs afeta a via metabólica do chiquimato, que é responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e

triptofano. Vários trabalhos demonstraram que plantas tratadas com glifosato tornam-se deficientes destes três aminoácidos aromáticos, sendo que a adição exógena destes metabólitos reverte a intoxicação (FRANZ et al., 1997). Estes três aminoácidos, além de serem necessários para a síntese protéica, servem de substrato para a produção de muitos outros compostos secundários, que, conseqüentemente, podem ser afetados quando a planta é atingida pelo glifosato (GRUYS e SIKORSKI, 2009).

Uma série de estudos demonstraram que a inibição da enzima EPSPs pelo glifosato interfere no controle da entrada de carbono na rota do chiquimato pelo aumento da atividade da enzima 3-deoxi-Darabino-heptulosonato-7-fosfato sintase (DAHPS), que catalisa a condensação de eritrose-4-fosfato com PEP, e é considerada enzima reguladora da rota (DEVINE et al., 1993). O aumento da atividade da DAHPS aparentemente ocorre devido aos baixos níveis de arogenato, que é um inibidor alostérico da DAHPS e é um composto posterior à EPSP na rota do chiquimato. Com a redução da inibição por arogenato, DAHPS continua atuando, o que provoca acúmulo de altos níveis de chiquimato, já que a rota é interrompida pela inibição da EPSPs. A quantidade de chiquimato que é acumulada pela desregulação da rota representa um forte dreno de carbono do ciclo de Calvin, pelo desvio de eritrose-4-fosfato, que seria empregado na regeneração de ribulose bifosfato. Isto representa um efeito importante da inibição da rota pelo glifosato, que reduz drasticamente a produção fotossintética (TAIZ e ZEIGER, 2013). A inibição da EPSPs pelo glifosato causa o bloqueio da síntese dos aminoácidos aromáticos e dos fenóis derivados desses aminoácidos (DEVINE et al., 1993). Relatos sobre os efeitos na síntese de fenóis específicos são numerosos, sendo que uma revisão detalhada foi realizada por Duke e Hoagland (2005). Os resultados indicam que o glifosato pode aumentar a atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL), oncomitantemente com o decréscimo na concentração de fenóis secundários, provavelmente devido a uma redução no controle da inibição da PAL (COLE et al., 1980). Assim, além de exaurir o *pool* de aminoácidos aromáticos, os níveis tóxicos de produtos da atividade da PAL, que são os íons amônio e cinamato (e seus derivados) podem exacerbar os processos metabólicos da célula vegetal com a elevada atividade da PAL (DUKE et. al, 2006).

O acúmulo de chiquimato causado pela inibição da EPSPs e a desregulação da rota do chiquimato resulta no aumento de certos ácidos hidroxibenzóicos que aparentemente derivam diretamente do chiquimato (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Segundo Devine et al. (1993), o efeito relativo no conteúdo de ácidos benzóicos é muito maior que o efeito no conteúdo de fenóis derivados dos aminoácidos aromáticos. Uma razão para a redução no conteúdo de fenóis derivados de aminoácidos aromáticos ser menor do que o esperado é que a rota metabólica tem acesso aos aminoácidos aromáticos provenientes da degradação de proteínas e das reservas em vacúolos, assim como aos aminoácidos recém formados (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Em doses subletais de glifosato, os efeitos na concentração de fenóis em tecidos exportadores de carboidratos podem ser transitórios. Entretanto, os efeitos podem manter-se pronunciados em órgãos drenos, como frutos e flores (TAIZ e ZEIGER, 2013). Isto ocorre em função do glifosato ser muito móvel no floema, acumulando-se nos órgãos-dreno (TAIZ e ZEIGER, 2013). Em função destas constatações, pode-se considerar que os efeitos nos compostos secundários podem ocorrer somente na presença do herbicida. Na literatura podem ser encontrados muitos efeitos secundários causados pelo glifosato e estes variam em função de vários fatores, tais como dose, espécie e estágio de desenvolvimento da planta.

3.9.2 Efeito do glifosato na síntese de compostos fenólicos

As plantas produzem uma grande variedade de produtos secundários que contêm um grupo fenol – um grupo hidroxila funcional em um anel aromático. Tais substâncias são classificadas como compostos fenólicos. Os fenóis vegetais constituem um grupo quimicamente heterogêneo, com aproximadamente 10.000 compostos: alguns são solúveis apenas em solventes orgânicos, outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água e há, ainda, aqueles que são grandes polímeros insolúveis. Devido à sua diversidade química, os compostos fenólicos apresentam uma variedade de funções nos vegetais. Muitos agem como compostos de defesa contra herbívoros e patógenos. Outros têm função no suporte mecânico, como atrativos de polinizadores ou dispersores de frutos, na proteção contra a

radiação ultravioleta ou reduzindo o crescimento de plantas competidoras adjacentes (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os compostos fenólicos são biossintetizados por meio de diferentes rotas, razão pela qual constituem um grupo bastante heterogêneo do ponto de vista metabólico. Duas rotas metabólicas básicas estão envolvidas na síntese dos compostos fenólicos: a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico.

A rota do ácido chiquímico participa na biossíntese da maioria dos fenóis vegetais das plantas superiores. A rota do ácido malônico, embora seja uma fonte importante de produtos secundários fenólicos em fungos e bactérias, é menos significativa nas plantas superiores.

A rota do ácido chiquímico converte precursores de carboidratos derivados da glicólise e da rota da pentose fosfato em aminoácidos aromáticos. Um dos intermediários dessa rota é o ácido chiquímico, que dá o nome a essa sequência de reações. O glifosato mata os vegetais por bloquear uma etapa desta rota metabólica – a passagem de chiquimato para corismato.

A classe mais abundante de compostos fenólicos secundários em plantas é derivada da fenilalanina, por meio da eliminação de uma molécula de amônia para formar o ácido cinâmico. Essa reação é catalisada pela fenilalanina amonialiase (PAL), situada em um ponto de ramificação entre os metabolismos primário e secundário, de forma que a reação que ela catalisa é uma etapa reguladora importante na formação de muitos compostos fenólicos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

As reações subseqüentes àquelas catalisadas pela PAL levam à adição de mais grupos hidroxila e outros substituintes. Os ácidos *trans*cinâmico e *p*-cumárico e seus derivados são compostos fenólicos simples chamados fenilpropanóides, por conterem um anel benzênico e uma cadeia lateral de três carbonos. Os fenilpropanóides são importantes unidades básicas para a formação de compostos fenólicos mais complexos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os compostos fenólicos simples são amplamente distribuídos nas plantas vasculares e parecem apresentar diferentes funções.

Suas estruturas incluem:

(a) Fenilpropanóides simples, tais como ácido *trans*cinâmico, ácido *p*-cumárico e seus derivados, como o ácido caféico, os quais apresentam um esqueleto básico de fenilpropanóide.

(b) Lactonas de fenilpropanóides (ésteres cíclicos) chamadas cumarinas, também com esqueleto de fenilpropanóide.

(c) Derivados do ácido benzóico, os quais apresentam um esqueleto formado a partir de fenilpropanóides pela eliminação de dois carbonos da cadeia lateral.

Os vegetais podem modificar os esqueletos carbônicos básicos de compostos fenólicos simples para formar produtos mais complexos da mesma forma como fazem com outros produtos secundários. Muitos compostos fenólicos simples apresentam funções importantes nos vegetais, agindo como compostos de defesa contra insetos herbívoros e fungos. Atenção especial tem sido dada à fitotoxicidade de certas cumarinas, as furanocumarinas, que apresentam um anel furano (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Alguns dos compostos fenólicos de importância para as plantas são discutidos a seguir.

3.9.2.1 Lignina

Depois da celulose, a substância orgânica mais abundante nas plantas é a lignina, um polímero de grupos fenilpropanóides altamente ramificado que apresenta funções primária e secundária. A estrutura precisa da lignina não é conhecida devido à dificuldade de se extrair lignina das plantas, pois está covalentemente ligada à celulose e a outros polissacarídeos da parede celular. A lignina é encontrada nas paredes celulares de vários tipos de tecidos de sustentação e vascular, especialmente em traqueídeos e elementos de vaso. Ela é depositada sobretudo no espessamento da parede secundária, mas também pode ocorrer na parede primária e na lamela média, em íntimo contato com a celulose e hemicelulose já presente (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A rigidez mecânica da lignina fortalece os caules e o tecido vascular, permitindo o crescimento ascendente e possibilitando que a água e os sais minerais sejam conduzidos através do xilema sob pressão negativa, sem haver o colapso do tecido. Uma vez que a lignina é um componente-chave do tecido de transporte de água, a capacidade de produzir lignina deve ter sido uma das adaptações mais importantes, que permitiu que as plantas colonizassem o ambiente terrestre.

Além de proporcionar suporte mecânico, a lignina desempenha funções protetoras importantes nos vegetais. Sua resistência física coíbe seu consumo pelos

herbívoros e sua estabilidade química torna-a relativamente indigerível por esses organismos. Por sua capacidade de ligação à celulose e às proteínas, a lignina também reduz a digestibilidade dessas substâncias. A lignificação bloqueia o crescimento de patógenos e é uma resposta freqüente à infecção ou à lesão (TAIZ e ZEIGER, 2004; 2013).

Assim, Meschede et al. (2007a), analisando os teores de lignina e celulose em amostras de *Brachiaria decumbens* submetidas a subdoses de glifosato, observaram diminuição para perto de 50% nos níveis originais de lignina a partir de 30 dias após a aplicação do produto, em dose tão pequena como 20 mL ha⁻¹. Apesar da diminuição de lignina constituir uma melhoria na digestibilidade da *Brachiaria decumbens* é importante lembrar também que esta mesma diminuição no conteúdo de lignina pode tornar também a planta mais suscetível às doenças e ao acamamento.

Também na cana-de-açúcar, Meschede et al. (2007) observaram uma redução de 30% no nível de lignina 30 dias após a aplicação de 400 mL de glifosato por hectare como maturador, que caiu de 3,75%, na testemunha, para 1,95%, no tratamento com glifosato.

3.9.2.2 Flavonóides

Constituem a maior classe de fenólicos vegetais. O esqueleto de carbono dos flavonóides contém 15 carbonos organizados em dois anéis aromáticos, ligados por uma cadeia de três carbonos. Esta estrutura é resultante de duas rotas biossintéticas separadas: a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico. Os flavonoides são classificados em grupos diferentes, primeiramente pelo grau de oxidação da cadeia de três carbonos. Dentre os principais flavonóides estão as antocianinas, as flavonas, os flavonóis e as isoflavonas. Os esqueletos de carbono dos flavonóides podem ter vários substituintes. Os grupos hidroxila estão normalmente presentes nas posições 4, 5 e 7, mas também podem ser encontrados em outras posições. Os açúcares são também muito comuns; de fato, a maioria dos flavonóides ocorre naturalmente com glicosídeos. Enquanto os grupos hidroxila e açúcares aumentam a solubilidade em água dos flavonóides, outros substituintes, tais como éteres metílicos ou unidades isopentil modificadas, tornam os flavonoides

lipofílicos (hidrofóbicos). Os tipos diferentes de flavonóides desempenham funções diversas nos vegetais, incluindo pigmentação e defesa, esta última através das fitoalexinas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

3.9.2.3 Fitoalexinas

São definidas como compostos antimicrobianos de baixo peso molecular, sintetizados através da rota do ácido chiquímico e acumulados nas plantas após exposição aos microrganismos. Apesar de não se conhecer o seu exato mecanismo, são compostos importantes na defesa da planta contra ataques de bactérias, fungos, nematóides e insetos (OLIVEIRA JUNIOR et. al, 2006). As fitoalexinas acumulam-se em torno do local da infecção e apresentam atividade antimicrobiana. Em geral, elas não estão presentes nas plantas antes da infecção, mas são sintetizadas muito rapidamente, após o ataque de microrganismos, pelas células sadias adjacentes às células danificadas ou necróticas em resposta a materiais que se difundem destas últimas. A resistência ocorre quando uma ou mais fitoalexinas atingem concentração suficiente para restringir o desenvolvimento do patógeno. No entanto, fitoalexinas não são produzidas durante as infecções biotróficas compatíveis, devido a supressores moleculares produzidos pelos patógenos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

É interessante observar que tanto o glifosato como o patógeno inibem a síntese de fitoalexinas – o primeiro através do bloqueio da rota do chiquimato e o segundo através da supressão da atividade da PAL-fenilalanina amonialiase (TAIZ e ZEIGER, 2013).

3.9.2.4 Antocianinas, flavonas e flavonóis

As antocianinas, as flavonas e os flavonóis são responsáveis por muitas cores observadas nas plantas. As antocianinas servem de atrativos para polinizadores e dispersores de sementes, sendo que flavonas e flavonóis não são

visíveis ao olho humano, mas são sinais atrativos para abelhas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

3.9.2.5 Taninos condensados

São compostos formados pela polimerização de unidades de flavonóides. Normalmente, são constituintes de plantas lenhosas. Como os taninos condensados podem frequentemente ser hidrolisados a antocianidinas por tratamento com ácidos fortes, eles muitas vezes são denominados de pró-antocianidinas, que são antocianinas sem seus açúcares (TAIZ e ZEIGER, 2013).

3.10 Efeito do pH

A acidificação da calda reduz a dissociação das moléculas; assim, herbicidas dissolvidos em condições de baixo pH são absorvidos com maior facilidade pelas plantas devido às moléculas encontrarem-se na forma não-dissociada (WANAMARTA e PENNER, 1989).

Aumentando o pH de uma solução contendo glifosato, verifica-se a ocorrência de sucessiva desprotonação da molécula herbicida. Dentro da faixa de pH fisiológico (de 5 a 8), o glifosato está carregado negativamente, existindo tanto como ânion monovalente como bivalente. Devido a essas múltiplas cargas negativas existentes sobre a molécula do glifosato pode formar complexos estáveis (quelatos) com cátions bivalentes e trivalentes em solução aquosa (MERVOSH e BALKE, 1991).

O pH da solução e os íons presentes na calda influenciam a fitotoxicidade do glifosato, sendo que sódio e cálcio mostraram-se antagônicos a ação do herbicida (NALEWAJA et al., 1994). Esse fato pode ser devido à protonação das moléculas do glifosato em baixo pH, o que facilita sua absorção (NALEWAJA et al., 1994; MCMULLAN, 2006).

De acordo Yamada e Castro (2010) se o pH da água utilizado no preparo da calda herbicida for mantido próximo a 4, será menor a possibilidade da molécula do glifosato reagir com os demais componentes da água.

No entanto, salienta-se que o fator predominante da manutenção da ação herbicida do glifosato é a dureza da água, (SILVA e SOUZA, 2012).

A redução do pH não elimina a possibilidade de reações. Mesmo com pH baixo poderá haver inativação de parte do ingrediente ativo de acordo com as características físico química da água utilizada (CARVALHO, 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no Laboratório de Ciência de Plantas Daninhas (LCPD) no período de julho a outubro de 2013 no Departamento de Produção Animal e Vegetal (DPAV) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus-AM.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial de (7x7x4) com quatro repetições sendo fator A com 7 valores de pH (3; 4; 5; 6; 7; 8, e pH natural da água) e o fator B com 7 origens da água de pulverização, com quatro períodos de decantação (0, 24, 48 e 72 horas) com 4 repetições.

Para o preparo do substrato utilizou de solo retirado da camada de até 10 cm de profundidade que em seguida foi analisado (Tabela 1) e corrigido conforme recomendação de adubação e calagem para pastagem e gramados (TEIXEIRA et al., 2010)

Tabela 1-Características do solo utilizado para preparo do substrato. Manaus. 2014

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	T	V	M	MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
		Mg/dm ³		cmolc/dm ³							%		dag/Kg	mg/L	mg/dm ³					
4,3	1,5	8	-	0,1	0,1	1,4	7,9	0,2	1,6	8,1	2,1	86,4	1,2	29,8	0,1	220,3	0,2	0,2	0,2	59,4

Para correção do solo utilizou 220 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico, 50 kg.ha⁻¹ sulfato de amônio, 60 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples e 48 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio.

O plantio da braquiária foi realizado dia 17 de julho de 2013, em sacos de polietileno de 2 L de capacidade e 3 dias após o plantio, germinaram, em média, 11 plântulas por saco de polietileno. Estas plantas foram desbastadas para 7 plantas de *B. decumbens* por saco, equivalente a 78 plantas/m². A irrigação diária foi o suficiente para repor a perda de água. Quando as plantas atingiram a altura de 25 a 30 cm aplicou se os tratamentos com glifosato.

Os locais de coletas de água foram selecionados de acordo o uso que cada comunidade e ou produtores rurais fazem o uso dessa água na agricultura no controle de plantas daninhas infestantes.

A água destilada do Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas – LCPD foi o tratamento controle.

A propriedade FMI Citros está localizada no ramal do Procópio, km 112, na AM 10, município de Rio Preto da Eva-AM, na latitude 02° 42' 24,1" S, longitude 59° 26' 02,6" W e altitude de 80 m. A água usada para pulverizar os citros desta propriedade é de poço artesiano.

Neste município, também foi coletada água da fazenda Panorama localizada no km 8 da ZF7B, km 86 da AM10 na latitude 2° 36' 59" S, longitude 59° 40' 48" W, e altitude 78 m. O abastecimento do tanque do pulverizador é com água de açude.

A água de igarapé foi coletada na Comunidade Agrícola Nova Esperança inserida diversos bairros que no complexo Jorge Teixeira, limitando ao Norte com a Reserva Biológica Adolpho Duke e a Colônia Chico Mendes. Esta comunidade é muito conhecida e tem lugar de destaque na produção de hortaliças e faz o uso de água de igarapé para a irrigação dos cultivos e para a aplicação de agrotóxicos, nessa comunidade a água foi coletada de um igarapé. a localização geográfica do ponto de coleta de água é S 03° 01' 02" W 59° 55' 20".

A comunidade Santa Luzia do Baixo, também conhecida como Ilha do Baixo localizada à margem do rio Solimões a 15 km do município de Iranduba, situada na microrregião de Manaus, AM. A comunidade possui as seguintes coordenadas geográficas 03°17'17,8"S de latitude e longitude de 60°04'45,2"W.

A água foi coletada em local descrito pelos agricultores no ponto de abastecimento para aplicação dos agrotóxicos nos cultivos de hortaliças, principal atividade da comunidade.

Os garrafões foram adaptados com 3 torneiras para facilitar a retirada da água, sendo que cada torneira representou um período de decantação (Figura 5).



Figura 5- Vasilhame utilizado para coleta de água.

Para o período de decantação de zero hora utilizou da técnica de agitação para simular a água em condições naturais. Desta forma, todas as impurezas como íons, matéria orgânica, e demais partículas sólidas presentes na água ficaram em suspensão, facilitando a detecção de elementos químicos na água. Em seguida, retirou se pela primeira torneira na parte superior, a quantidade de 500 mL para preparo da calda herbicídica e mais 500 mL para análise química, representando dessa forma, o período de zero hora de decantação. Os garrafões permaneceram em repouso pelo período de 24 horas após a retirada da água para período de zero hora, sem mexer e ou agitar a água, ficando então em repouso, em processo de decantação. Após este período retirou pela segunda torneira a quantidade de 500 mL de água para análise química e mais 500 mL de água para preparo da calda herbicídica, e assim sucessivamente até completar 72 horas para o tratamento de decantação.

O depósito resultante da decantação da água do garrafão foi retirado e analisado quimicamente.

Para aferir o pH da água usou se um pagâmetro digital, e então o pH da água foi corrigido para os valores dos tratamentos, utilizando ácido fosfórico (1M) e hidróxido de sódio (NaOH) (1M) para acidificar ou alcalinizar a água, respectivamente.

Após o ajuste do pH da água para cada tratamento adicionou o glifosato, a base de sal de isopropilamina, equivalente ácido, na dosagem de $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ do

herbicida Roundup original. Em seguida, aplicou a calda sobre as plantas de braquiária com um pulverizador costal, elétrico, bico 80.02 com pressão 4,8 bar calibrado para uma descarga de 100 L de calda por hectare. A coleta do experimento foi aos 10 dias após a aplicação da calda herbicídica.

Em seguida, o material foi conduzido para laboratório para medir a área foliar no equipamento Area Metter, LI-COR 3050. Após a medição, as folhas, o caule e as raízes foram levadas para secar em estufa de ventilação forçada a 70 °C até peso constante. O peso total da matéria seca foi a soma das partes da braquiária acima descritas.

A análise estatística mostrou efeitos significativos para a interação fontes de água x pH x tempo de decantação. O critério de seleção das equações para estimar a área foliar e o peso da matéria seca foram: a equação que melhor explicava o fenômeno biológico, simples e ajuste razoável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Água do Laboratório de Ciências das Plantas Daninhas

A porcentagem máxima de injúria da área foliar (AF) estimada pela equação foi igual 99% em pH igual a 3,91 no tempo zero de decantação da água do laboratório (Figura 6).

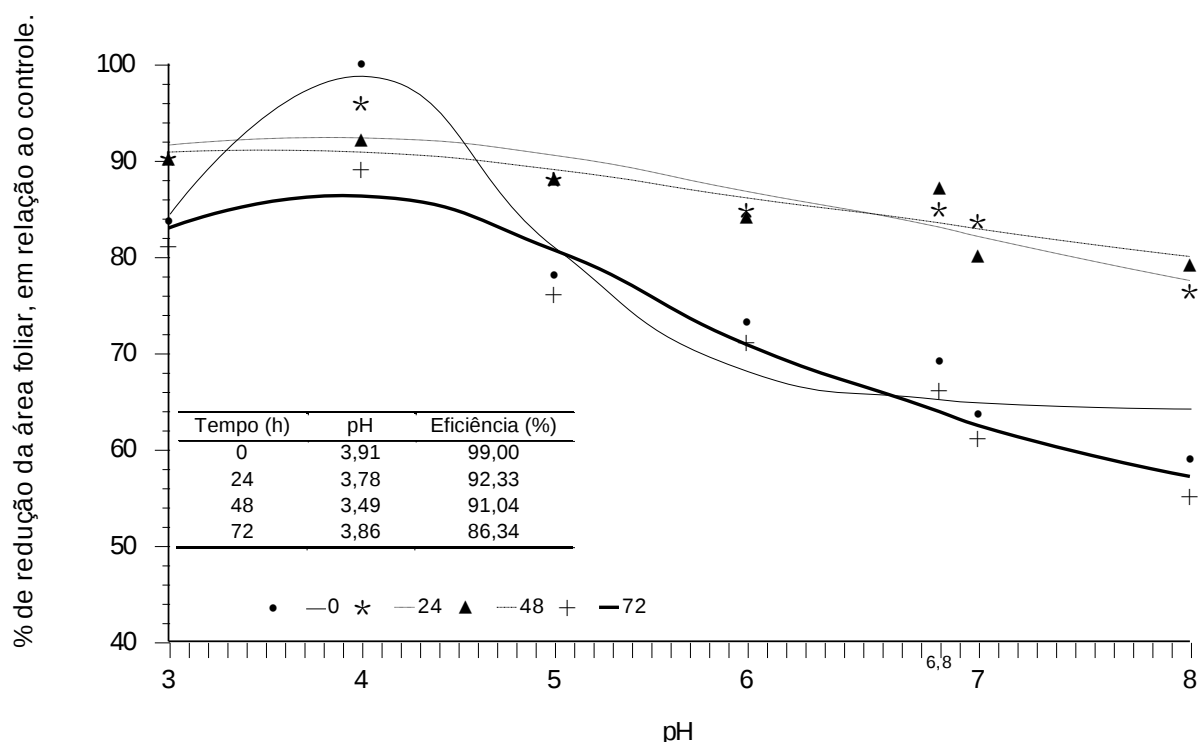


Figura 6 – Porcentagem de redução de área foliar de *B. decumbens*, em função do pH e dos períodos de decantação da água destilada do LCPD, usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

Para a mesma característica o efeito da decantação da água de pulverização com 24 e 48 horas foram semelhantes, e para 72 horas ocorreu a menor redução da área foliar (AF) da braquiária pelo efeito do glifosato (Figura 6).

Para o peso da matéria seca de *B. decumbens* (Figura 7) o máximo de controle ocorreu em pH 3 e período de decantação de 48 horas em relação a testemunha sem controle.

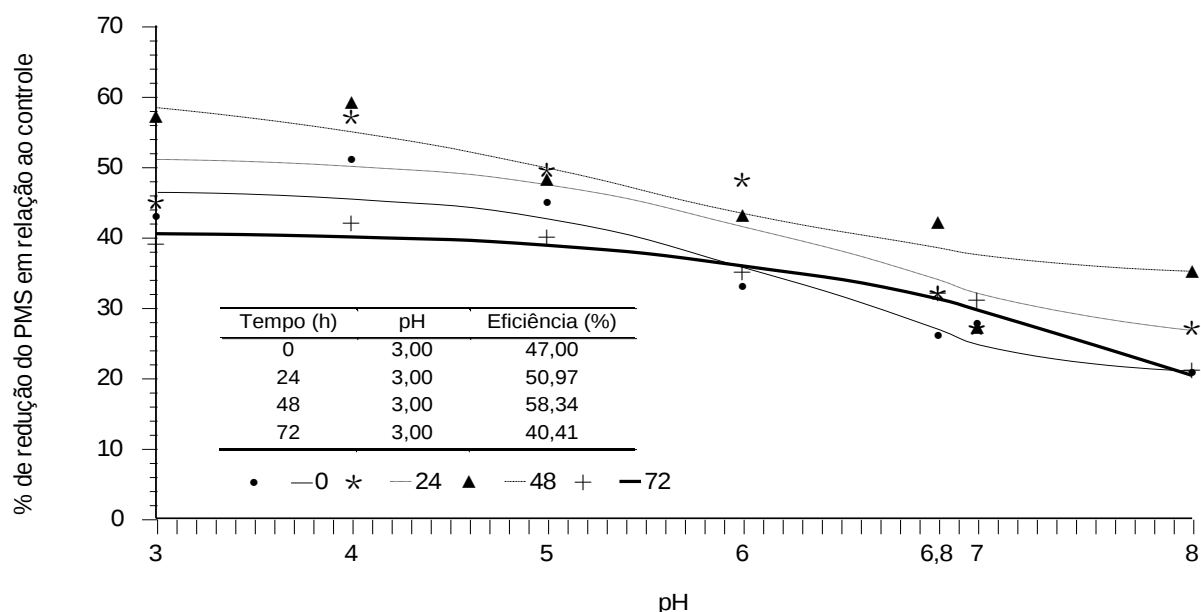


Figura 7 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água destilada do LCPD usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

Os demais tratamentos com os períodos de decantação, apresentaram comportamento semelhante, exceto com 72 horas que apresentou a menor porcentagem de redução do peso da matéria seca, estimada pela regressão (Tabela 2).

Tabela 2 – Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água do laboratório de ciências das plantas daninhas. Manaus 2013.

Origem da água	Característica	Período de decantação (h)	Regressão	R ²
LCPD	AF	0	$Y=98,99(4(\text{EXP}(-(X-3,91)/0,59))/(1+\text{EXP}(-(X-3,91)/0,59))^2)$	0,92
		24	$Y=92,33(4(\text{EXP}(-(X-3,78)/2,34))/(1+\text{EXP}(-(X-3,78)/2,34))^2)$	0,85
		48	$Y=91,04(4(\text{EXP}(-(X-3,49)/2,14))/(1+\text{EXP}(-(X-3,49)/2,14))^2)$	0,98
		72	$Y=86,33(4(\text{EXP}(-(X-3,86)/1,32))/(1+\text{EXP}(-(X-3,86)/1,32))^2)$	0,94
	PMS	0	$Y=100-(79,39(4(\text{EXP}(-X-7,74)/0,87))/(1+\text{EXP}(-X-7,74)/0,87))^2)$	0,91
		24	$Y=100-(73,32(4(\text{EXP}(-(X-7,95)/0,95))/(1+\text{EXP}(-(X-7,95)/0,95))^2)$	0,80
		48	$Y=100-(64,91(4(\text{EXP}(-(X-7,96)/1,62))/(1+\text{EXP}(-(X-7,96)/1,62))^2)$	0,94
		72	$Y=100-(84,76(4(\text{EXP}(-(X-8,96)/1))/(1+\text{EXP}(-(X-8,96)/1))^2)$	0,97

A água do laboratório mesmo destilada tem na sua composição química elementos como ferro e fósforo (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição química da água do laboratório de plantas daninhas, de duas propriedades cultivadas com citros e de um igarapé da região metropolitana de Manaus. Manaus, 2013.

Locais de coleta de água																
	LCPD				FM Citros				Fazenda Panorama				Igarapé			
	Tempo de decantação em horas															
	0	24	48	72	0	24	48	72	0	24	48	72	0	24	48	72
pH	6,25	6,28	6,25	6,27	6,28	6,30	6,32	6,34	6,47	6,48	6,49	6,47	5,63	5,74	5,63	5,65
	mg/L															
Al	0	0	0	0	0,34	0,47	0,37	0,32	0,51	0,76	0,33	0,32	0	0	0	0
NH3	0	0	0	0	0,500	0,502	0,501	0,507	0,138	0,122	0,124	0,136	0,101	0,102	0,105	0,101
Fe3+	0,005	0,007	0	0,009	0,252	0,436	0,281	0,313	0,396	0,424	0,420	0,432	0,129	0,084	0,092	0,068
P	0,011	0,022	0,017	0,023	0,231	0,137	0,128	0,131	0,125	0,147	0,121	0,146	0,862	0,744	0,786	0,920
Mn	0	0	0	0	0,010	0,006	0,012	0,007	0,012	0,003	0,004	0,003	0,173	0,141	0,089	0,152
Mg	0	0	0	0	0,084	0,066	0,065	0,088	0,265	0,266	0,442	0,445	1,707	1,314	1,414	1,172
Na	0	0	0	0	0,018	0,015	0,018	0,019	0,013	0,014	0,016	0,018	0,051	0,050	0,050	0,051

Estes elementos, principalmente o ferro, por ser mineral pesado, com o tempo de decantação aumentou o seu teor, assim como o fósforo. Esses dois elementos, provavelmente, pela decantação aumentaram a concentração em doses crescentes em solução de glifosato e reduziram a atividade do herbicida a medida que aumentava a concentração (SILVA E SANTOS, 2013). Também Santos et al. (2007), afirmaram que o glifosato foi ligado a hidróxidos de ferro em argila do tipo caulinita. O baixo controle de braquiária pelo glifosato com 72 horas de decantação da água de pulverização, pode se inferir que isso se deve ao processo de quelação do glifosato com o ferro e fosforo encontrados na água do laboratório.

5.2 Propriedade FM Citros

A porcentagem máxima de injúria da área foliar (AF) estimada pela equação foi igual 93,15% em pH igual a 3,98 no tempo zero de decantação da água (Figura 8).

A redução da área foliar em todos os níveis de pH apresentou bons resultados (Figura 8) entretanto, com 72 horas apresentou o menor dano foliar a braquiária.

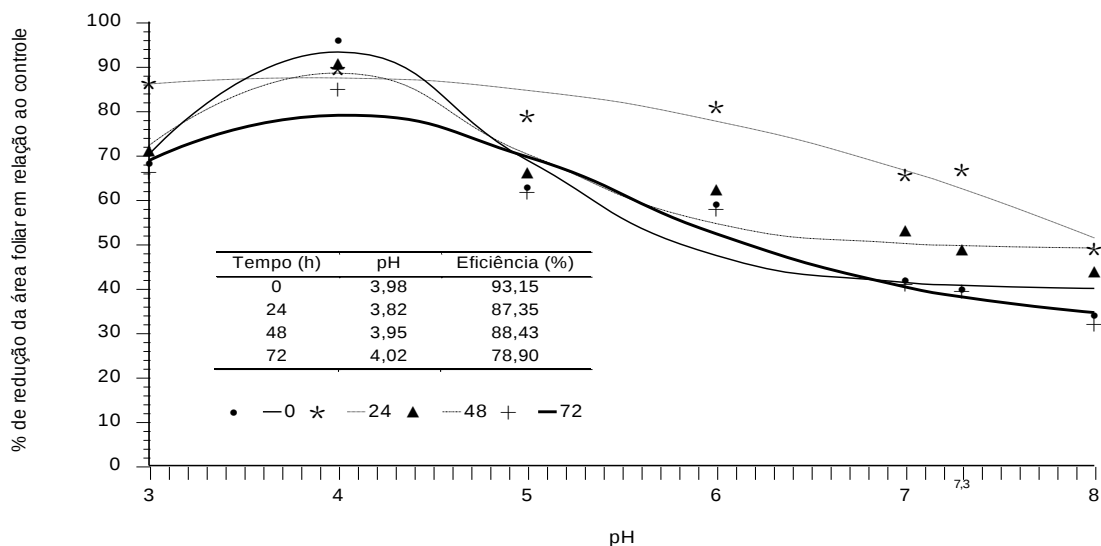


Figura 8 – Porcentagem de redução de área foliar de *B. decumbens*, em função do pH e dos períodos de decantação da água da fazenda FM Citros usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.

Para peso de matéria seca de *B. decumbens* (Figura 9) o máximo de controle da matéria seca ocorreu em pH 3 com período de decantação igual a 48 horas e reduziu em 43,93% o peso da matéria seca, em relação a testemunha sem controle.

Os demais tratamentos de períodos de decantação tiveram comportamento semelhante, exceto com 72 horas apresentou a menor porcentagem de redução do peso da matéria seca da gramínea.

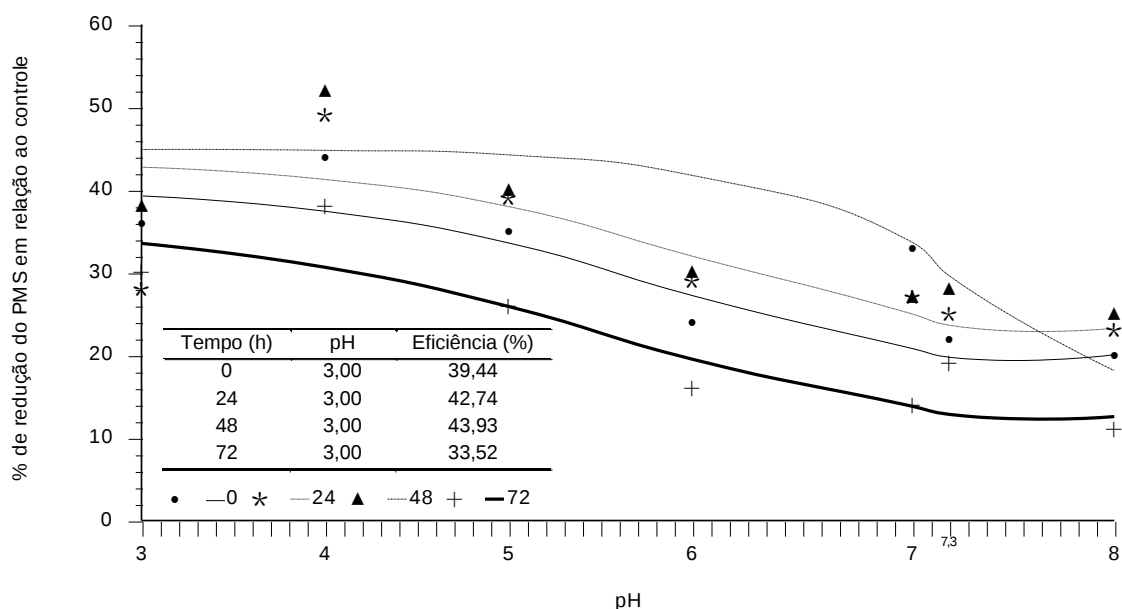


Figura 9 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da Fazenda FM Citros usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

A água da Fazenda FM Citros tem em sua composição química, elementos (Tabela 3 e 4) que podem influenciar no comportamento do glifosato.

Tabela 4 - Elementos e compostos químicos do resíduo da água de pulverização, coletada em propriedades produtoras de citros e de um igarapé na região metropolitana de Manaus, após 72 horas de decantação. Manaus, 2013.

Local	pH	C	M.O.	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Na
FM Citros	H ₂ O	g/kg		mg/dm ³						
	4,94	2,20	3,78	6	2,25	180	1,05	2,19	3,57	1,8
		Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
		cmol _c /dm ³							%	
		0,10	0,04	0,36	0,02	0,15	0,51	0,16	92,49	70,87
Fazenda Panorama	pH	C	M.O.	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Na
	H ₂ O	g/kg		mg/dm ³						
	5,45	10,91	18,77	4	24,5	1,87	21,35	4,88	4,04	6,3
		Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
		cmol _c /dm ³								
Igarapé		0,52	0,29	0,17	1,32	0,90	1,07	2,22	41,56	15,81
	pH	C	M.O.	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Na
	H ₂ O	g/kg		mg/dm ³						
	7,39	11,51	19,88	838	97	105	58,41	61,81	13,45	108
		Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
		cmol _c /dm ³								
		3,28	1,43	0	0	5,41	5,41	5,41	100	0

A água desta propriedade é de poço e o solo da área é o Latossolo Amarelo. Na área de terra firme do Amazonas predomina a argila caulinita, que de acordo com Santos et al. (2007) adsorve mais glifosato que bentonita e ilita. Afirmam ainda, que a inativação do glifosato não está relacionado à CTC, mas com os cátions saturando de maior valência como o Fe⁺³, Al⁺³ seguido de PO₄⁺² podem formar complexos estáveis na solução com o glifosato (HENSLEY, et al, 1978) e (HOAGLAND et al, 1979).

A fazenda FM Citros usa a água do poço para pulverizar glifosato em sua propriedade. Ao comparar as figuras 8 e 9 a área foliar foi menos danificada que a matéria seca total de braquiária, que pode ser explicado pelo fato da testemunha continuar acumulando peso, enquanto as plantas tratadas apresentaram clorose e, portanto, baixo acúmulo de peso.

As regressões que estimam o efeito do glifosato em diferentes tempos de decomposição sobre a área foliar e a matéria seca estão na tabela 5.

Tabela 5 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água da Fazenda FM Citros. Manaus 2013.

Origem da água	Característica	Período de decantação (h)	Regressão	R ²
FM Citrus	AF	0	$Y=93,15(4(\text{EXP}(-(X-3,98)/0,62))/(1+\text{EXP}(-(X-3,98)/0,62))^2)$	0,92
		24	$Y=87,36(4(\text{EXP}(-(X-3,82)/42,96))/(1+\text{EXP}(-(X-3,82)/42,96))^2)$	0,94
		48	$Y=88,42(4(\text{EXP}(-(X-3,95)/0,62))/(1+\text{EXP}(-(X-3,95)/0,62))^2)$	0,91
		72	$Y=78,89(4(\text{EXP}(-(X-4,02)/1,03))/(1+\text{EXP}(-(X-4,02)/1,03))^2)$	0,92
	PMS	0	$Y=100-(80,42(4(\text{EXP}(-(X-7,58)/1,13))/(1+\text{EXP}(-(X-7,58)/1,13))^2))$	0,84
		24	$Y=100-(77,11(4(\text{EXP}(-(X-7,7)/1,07))/(1+\text{EXP}(-(X-7,7)/1,07))^2))$	0,82
		48	$Y=100-(75,09(4(\text{EXP}(-(X-7,6)/7,6))/(1+\text{EXP}(-(X-7,6)/1,04))^2))$	0,72
		72	$Y=100-(87,67(4(\text{EXP}(-(X-7,71)/1,4))/(1+\text{EXP}(-(X-7,71)/1,4))^2))$	0,79

5.3 Fazenda Panorama

A porcentagem máxima de injúria da área foliar (AF) estimada pela equação foi de 94,31% em pH igual a 4,31 no tempo 24 horas de decantação da água (Figura 10).

Para a mesma característica o efeito da decantação com 0 e 48 horas de decantação foram semelhantes, e para 72 horas ocorreu os menores índices de controle de área foliar (AF) da braquiária (Figura 10).

Entretanto, o tempo de decantação de 48 horas para água de pulverização proporcionou boa redução em todos os níveis de pH. Com 72 horas de decantação o máximo que se obteve de controle da área foliar foi estimado em 73,19% com pH igual a 4,89.

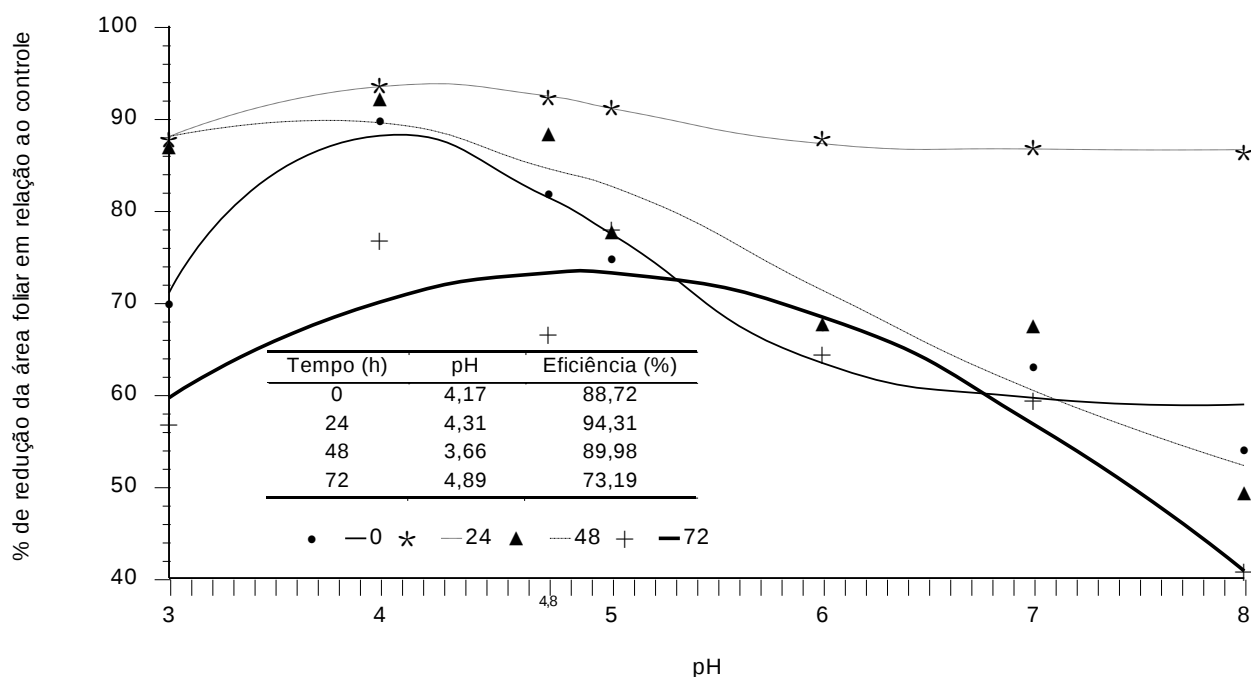


Figura 10– Porcentagem de redução de área foliar de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água da fazenda Panorama usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.

Para o peso de matéria seca de *B. decumbens* (Figura 11) o máximo de controle da matéria seca ocorreu em pH 3 com período de decantação de 48 horas e reduziu em 45,30% o peso da matéria seca, em relação a testemunha sem controle, resultado muito semelhante para período de decantação de 48 horas, que controlou 44,42% em pH igual a 3.

Os tratamentos com os períodos de decantação tiveram comportamento muito semelhante, sendo que com 72 horas apresentou a menor porcentagem de redução do peso da matéria seca.

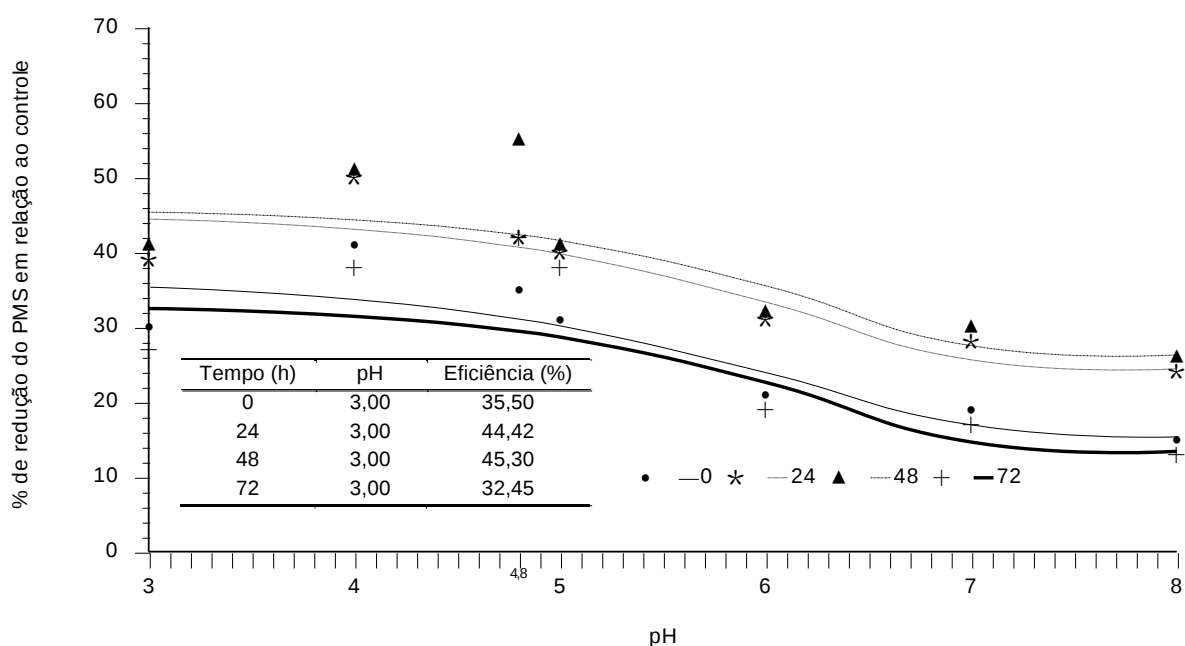


Figura 11 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água da Fazenda Panorama usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

A água da Fazenda Panorama tem em sua composição elementos que podem interferir na atividade do glifosato como o magnésio, alumínio, fósforo, Ferro e Amônia (Tabela 3).

O ferro encontrado na água dessa propriedade é a maior quantidade (0,432 mg/L) entre todas as amostras de água (Tabela 3). Com 72 horas de decantação da água retirada dessa propriedade, houve ferro em todos os períodos de decantação da água.

A água dessa propriedade possui 48 vezes o ferro que a água do LCPD e 6,3 vezes o fósforo. Estes elementos somados com magnésio sódio e alumínio quelam a molécula de glifosato tornando-o sem efeito herbicídico.

Estes dados sugerem que mesmo baixando o pH da água para aplicação de glifosato, pode não haver substancialmente melhoria do controle de plantas.

As regressões que estimam o efeito do glifosato em diferentes tempos de decomposição sobre a área foliar e a matéria seca estão na tabela 6.

Tabela 6 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água da Fazenda Panorama. Manaus 2013.

Origem da água	Característica	Período de decantação (h)	Regressão	R ²
Fazenda Panorama	AF	0	$Y=8,72(4(\text{EXP}(-(X-4,17)/0,57))/(1+\text{EXP}(-(X-4,17)/0,57))^2)$	0,92
		24	$Y=94,24(4(\text{EXP}(-(X-4,31)/0,43))/(1+\text{EXP}(-(X-4,31)/0,43))^2)$	0,98
		48	$Y=89,98(4(\text{EXP}(-(X-3,66)/1,64))/(1+\text{EXP}(-(X-3,66)/1,64))^2)$	0,91
		72	$Y=73,24(4(\text{EXP}(-(X-4,89)/-2,79))/(1+\text{EXP}(-(X-4,89)/-2,79))^2)$	0,85
	PMS	0	$Y=100-(84,88(4(\text{EXP}(-(X-7,69)/-1,1))/(1+\text{EXP}(-(X-7,69)/-1,1))^2)$	0,80
		24	$Y=100-(76,33(4(\text{EXP}(-(X-7,62)/-1))/(1+\text{EXP}(-(X-7,62)/-1))^2)$	0,81
		48	$Y=100-(74,61(4(\text{EXP}(-(X-7,61)/-0,92))/(1+\text{EXP}(-(X-7,61)/-0,92))^2)$	0,78
		72	$Y=100-(87,86(4(\text{EXP}(-(X-7,61)/0,92))/(1+\text{EXP}(-(X-7,61)/0,92))^2)$	0,78

5.4 Igarapé

A área foliar de *B. decumbens* teve a máxima redução (92,36%) para pH 3,84 (Figura 12). Para o tempo zero, também teve bom controle (82,04%) de área foliar, enquanto para 48 e 72 horas de decantação houve redução da área foliar.

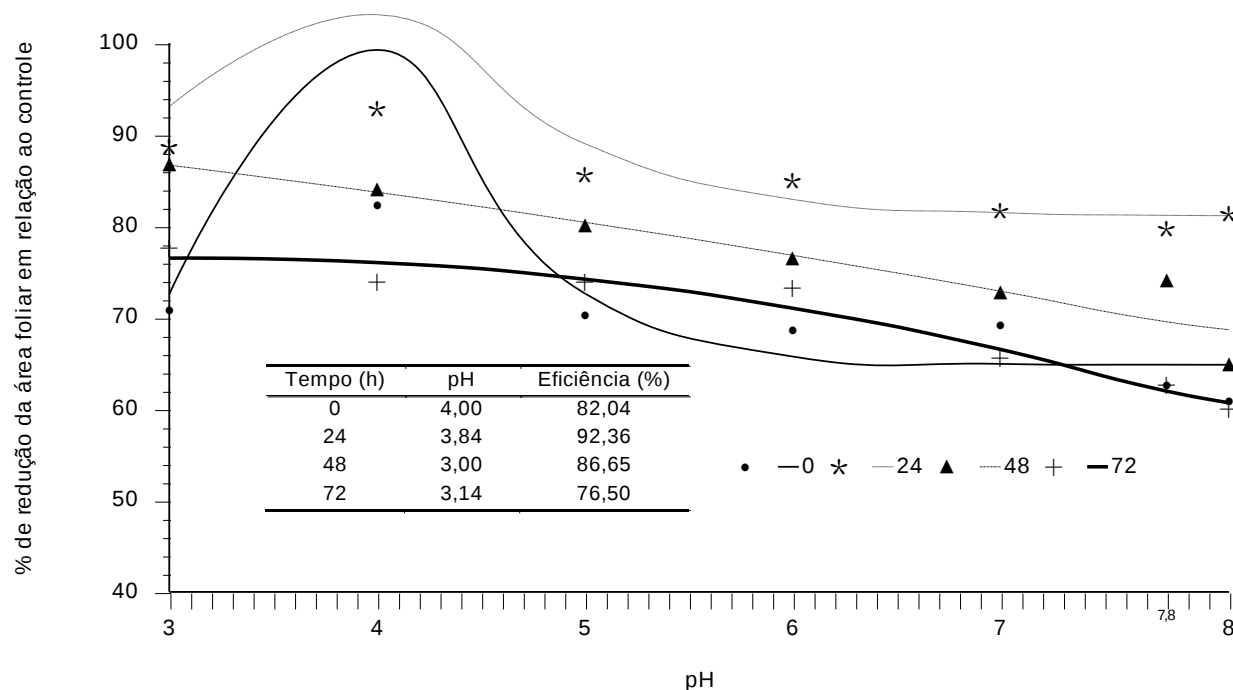


Figura 12 – Porcentagem de redução de área foliar de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação do Igarapé usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.

Para peso de matéria seca de *B. decumbens* (Figura 13) o máximo de controle estimado pela equação ocorreu com pH 3 e período de decantação de 48 horas que reduziu em 36,03% o peso em relação a testemunha sem controle.

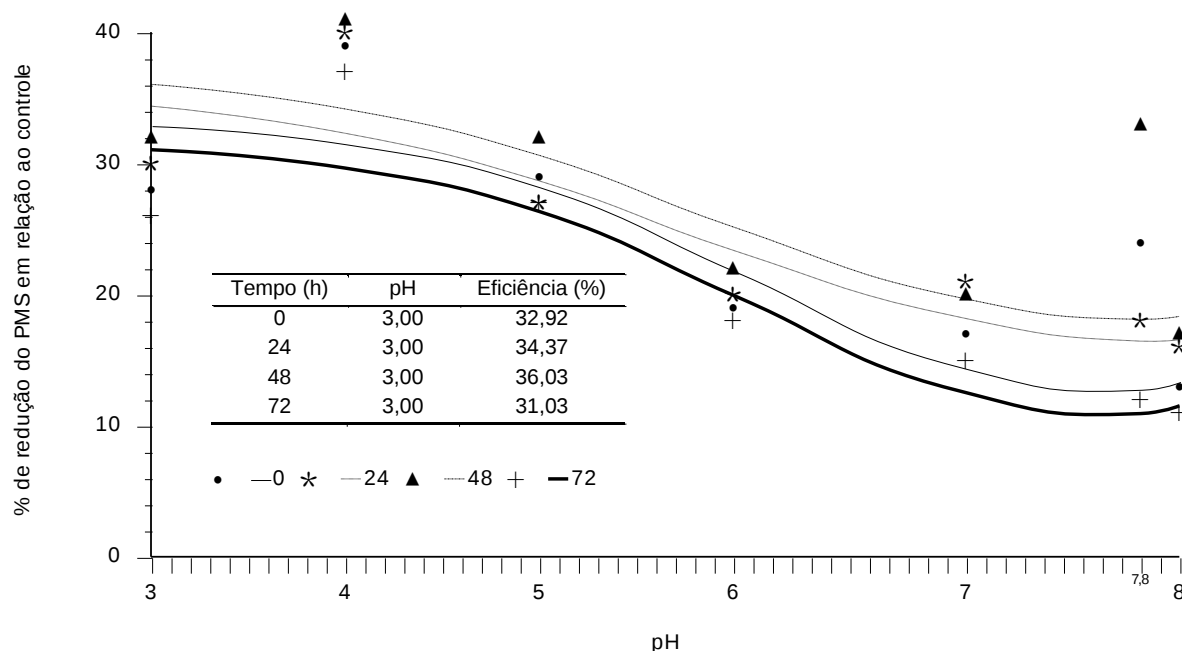


Figura 13 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água de igarapé usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

Os demais tratamentos para períodos de decantação tiveram comportamento muito semelhante, sendo que com 72 horas apresentou a menor porcentagem de redução do peso da matéria seca (Figura 13).

A água do igarapé tem em sua composição elementos que podem interferir na atividade do glifosato como o fósforo, ferro, manganês e magnésio (Tabela 3 e 4).

Estes elementos como ferro e fósforo dispersos na solução do glifosato quelam o herbicida tornando-o inativo (PRATA 2010). Os resíduos de água deste igarapé (Tabela 3) além do elevado teor de fósforo (830 mg/Kg) apresentam 100% de saturação de bases (Tabela 4).

As regressões que estimam o efeito do glifosato em diferentes tempos de decomposição sobre a área foliar e a matéria seca estão na tabela 6.

Tabela 7 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água de Igarapé. Manaus 2013.

Origem da água	Caract erística	Período de decantação (h)	Regressão	R ²
Igarapé	AF	0	$Y=82,03.4.(EXP(-(X-4)/0,46))/(1+EXP(-(X-4)/0,46))^2$	0,83
		24	$Y=92,35.4.(EXP(-(X-3,84)/0,67))/(1+EXP(-(X-3,84)/0,67))^2$	0,92
		48	$Y=97,44.4.(EXP(-(X+4,59)/23,33))/(1+EXP(-(X+4,59)/23,33))^2$	0,89
		72	$Y=76,51.4.(EXP(-(X-3,14)/34))/(1+EXP(-(X-3,14)/34))^2$	0,95
	PMS	0	$Y=100-(87,38.4.(EXP(-(X-7,6)/1))/(1+EXP(-(X-7,6)/1))^2)$	0,83
		24	$Y=100-(83,54.4.(EXP(-(X-7,81)/1,33))/(1+EXP(-(X-7,81)/1,33))^2)$	0,76
		48	$Y=100-(81,9.4.(EXP(-(X-7,72)/1,24))/(1+EXP(-(X-7,72)/1,24))^2)$	0,78
		72	$Y=100-(89,27.4.(EXP(-(X-7,6)/1,01))/(1+EXP(-(X-7,6)/1,01))^2)$	0,83

5.5 Rios

5.5.1 Rio Negro

A porcentagem máxima de injúria da área foliar (AF) estimada pela equação foi igual 91,59% em pH igual a 4,34 no tempo 24 horas de decantação da água (Figura 14).

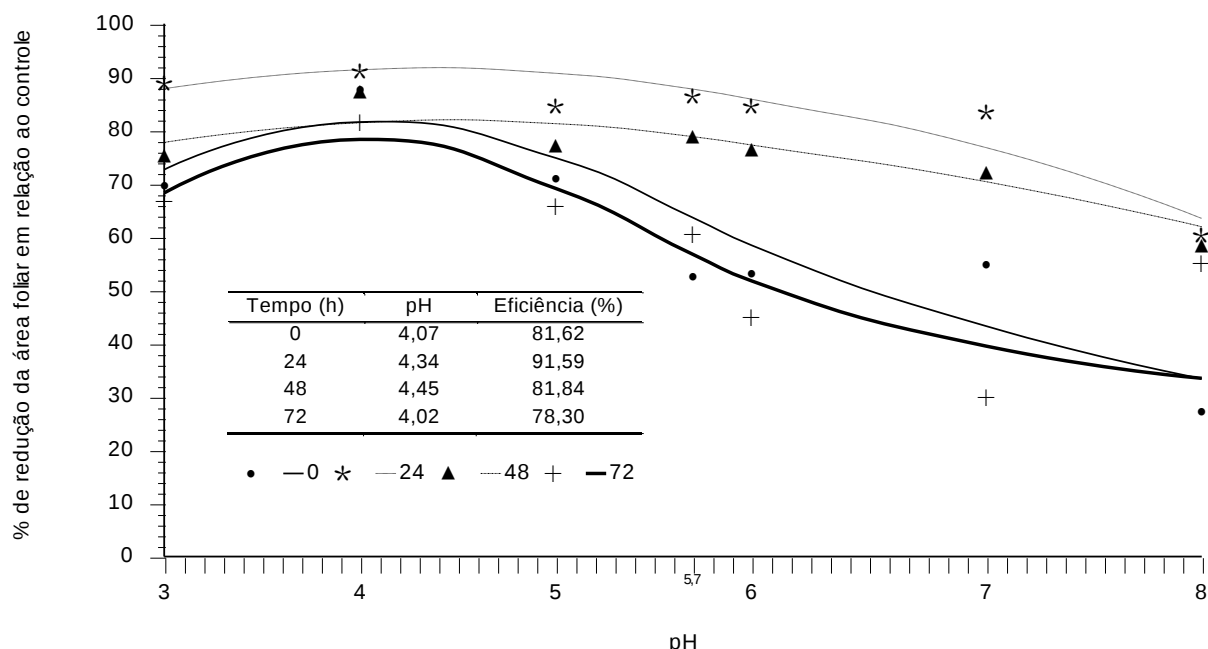


Figura 14 – Porcentagem de redução de área foliar de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do o Rio Negro usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.

Para a mesma característica o efeito da decantação com 0 e 48 horas foram semelhante. Entretanto, com 72 horas de decantação observou os menores valores de controle de área foliar (AF) da braquiária (Figura 14).

Para o peso da matéria seca de *B. decumbens* (Figura 15), o máximo de controle estimado pela equação ocorreu com pH 3 e período de decantação de 48 horas que reduziu em 45,31% o peso em relação a testemunha sem controle. Resultado semelhante para período de decantação 24 horas, que controlou 43,05% do peso total da braquiária.

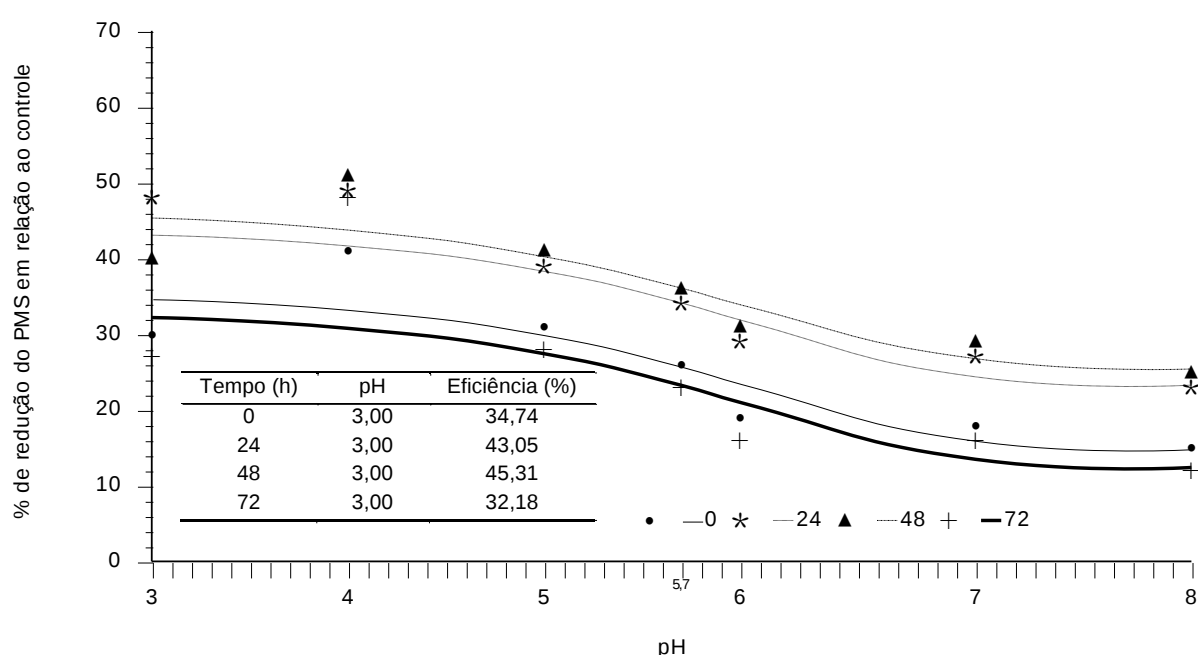


Figura 15 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Negro usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

Os demais tratamentos (0 e 72 horas) para períodos de decantação tiveram comportamento muito semelhante, sendo que com 72 horas apresentou a menor porcentagem de redução do peso da matéria seca (Figura15).

A água do Rio Negro tem em sua composição elementos químicos que podem interferir na atividade do glifosato como o fósforo, ferro, manganês e magnésio (Tabela 8).

Tabela 8 - Composição química de água de três rios da Amazônia Central em função de períodos de decantação usadas no preparo de calda herbicídica com glifosato para controle de *B. decumbens*. Manaus-AM. 2014.

	Fontes de coleta de água											
	Rio Negro				Rio Solimões				Rio Amazonas			
	Tempo de decantação em horas											
	0	24	48	72	0	24	48	72	0	24	48	72
pH	5,66	5,70	5,65	5,66	6,47	6,50	6,67	6,70	5,40	5,34	5,30	5,32
	Mg/L											
Al	1,32	1,32	1,37	1,36	0	0	0	0	0,64	0,67	0,69	0,97
NH ₃	0,220	0,189	0,256	0,297	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe	0,276	0,240	0,256	0,290	0,833	0,891	0,913	0,698	0,801	1,255	0,948	0,866
P	0,093	0,097	0,142	0,176	0,626	0,639	0,629	0,661	0,592	0,391	0,381	0,398
Mn	0,023	0,010	0,012	0,013	0,271	0,278	0,310	0,278	0,055	0,053	0,044	0,043
Mg	0,053	0,054	0,045	0,068	0,663	0,707	0,708	0,765	0,265	0,173	0,177	0,088
Na	0,016	0,015	0,015	0,017	0,026	0,025	0,025	0,027	0,027	0,026	0,024	0,028

As regressões que estimam o efeito do glifosato em diferentes tempos de decomposição sobre a área foliar e a matéria seca estão na tabela 9.

Tabela 9 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água do Rio Negro. Manaus 2013.

Origem da água	Característica	Período de decantação (h)	Regressão	R ²
Rio Negro	AF	0	$Y=81,61(4(\text{EXP}(-(X-4,07)/1,30))/(1+\text{EXP}(-(X-4,07)/1,30))^2)$	0,87
		24	$Y=91,6(4(\text{EXP}(-(X-4,34)/59,79))/(1+\text{EXP}(-(X-4,34)/59,79))^2)$	0,90
		48	$Y=81,84(4(\text{EXP}(-(X-4,45)/2,8))/(1+\text{EXP}(-(X-4,45)/2,8))^2)$	0,83
		72	$Y=78,3(4(\text{EXP}(-(X-4,02)/1,04))/(1+\text{EXP}(-(X-4,02)/1,04))^2)$	0,95
	PMS	0	$Y=100-(85,79(4*(\text{EXP}(-(X-7,61)/1,01))/(1+\text{EXP}(-(X-7,61)/1,01))^2))$	0,80
		24	$Y=100-(77,49(4(\text{EXP}(-(X-7,61)/-1,01))/(1+\text{EXP}(-(X-7,61)/-1,01))^2))$	0,80
		48	$Y=100-(71,14(4(\text{EXP}(-(X-7,65)/-1,07))/(1+\text{EXP}(-(X-7,65)/-1,07))^2))$	0,80
		72	$Y=100-(88,36(4(\text{EXP}(-(X-7,61)/1,01))/(1+\text{EXP}(-(X-7,61)/1,01))^2))$	0,80

O baixo controle da braquiária (32-45%) pelo glifosato (Figura 15) pode ser explicado pela composição dos elementos químicos de (Tabela 8 e 9), de resíduos de água deste rio após 72 horas de decantação.

Soluções de cálcio, manganês e zinco consistentemente reduziram o controle de plantas daninhas pelo glifosato, enquanto boro raramente afeta eficácia do herbicida.

Tanto na água de pulverização (Tabela 8), quanto no resíduo (Tabela 10), registra-se valores de ferro e fósforo, ou também elementos quelantes com o glifosato como sódio, cálcio e magnésio em quantidades consideráveis na solução do glifosato quanto no resíduo. O teor de matéria orgânica de água deste rio no resíduo é o maior entre os rios (1,47%). Como esta matéria orgânica grande parte de sua origem em restos vegetais vindos da floresta Amazônica desde a sua nascente, a composição desta matéria orgânica é principalmente de ácidos fúlvicos e húmicos, que são os principais inativadores de herbicidas tanto no solo como em solução por possuir elevados número de sítios de adsorção (WHITE et al, 1986). Também Chahal et al (2012) trabalharam com fontes água e solução de nutrientes misturada a calda de glifosato. Estes autores encontraram que cálcio, manganês e zinco consistentemente reduzido controle de plantas daninhas pelo glifosato, enquanto boro raramente afetado a sua eficácia. Nesta pesquisa, estes elementos foram encontrados nas diversas fontes de água, exceto na do laboratório.

Tabela 10 - Elementos e compostos químicos do resíduo da água de pulverização, coletada em propriedades produtoras de citros e de um igarapé na região metropolitana de Manaus, após 72 horas de decantação. Manaus, 2013.

Local	pH	C	M.O.	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Na
Rio Negro	H ₂ O	g/kg		mg/dm ³						
	4,97	8,57	14,75	11	5,5	33,25	0,67	0,29	0,60	2
		Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
		cmol _c /dm ³							%	
		0,07	0,05	1,44	3,13	0,14	0,67	3,26	4,22	91,28
Rio Solimões	pH	C	M.O.	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Na
	H ₂ O	g/kg		mg/dm ³						
	6,45	7,7	13,24	102	67,5	895	6,54	292,57	5,83	23
		Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
		cmol _c /dm ³								
		7,49	1,51	0	0,08	9,20	9,26	9,35	99,13	0
Rio Amazonas	pH	C	M.O.	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Na
	H ₂ O	g/kg		mg/dm ³						
	5,32	0,54	0,93	5	7	41,5	0,27	0,27	0,32	23
		Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m
		cmol _c /dm ³								
		0,49	0,09	0,81	7	41,5	1,5	0,27	0,32	23

O manganês quelado à molécula de glifosato na solução pode resultar na formação de complexo de sal de glifosato que não é absorvido pela cutícula da planta e isto resulta no decréscimo da fitotoxicidade deste herbicida (BAILEY, 2002).

5.5.2 Rio Solimões

A porcentagem máxima de injúria da área foliar (AF) estimada pela equação foi igual 92,57% em pH igual a 3,79 no tempo 24 horas de decantação da água (Figura 16).

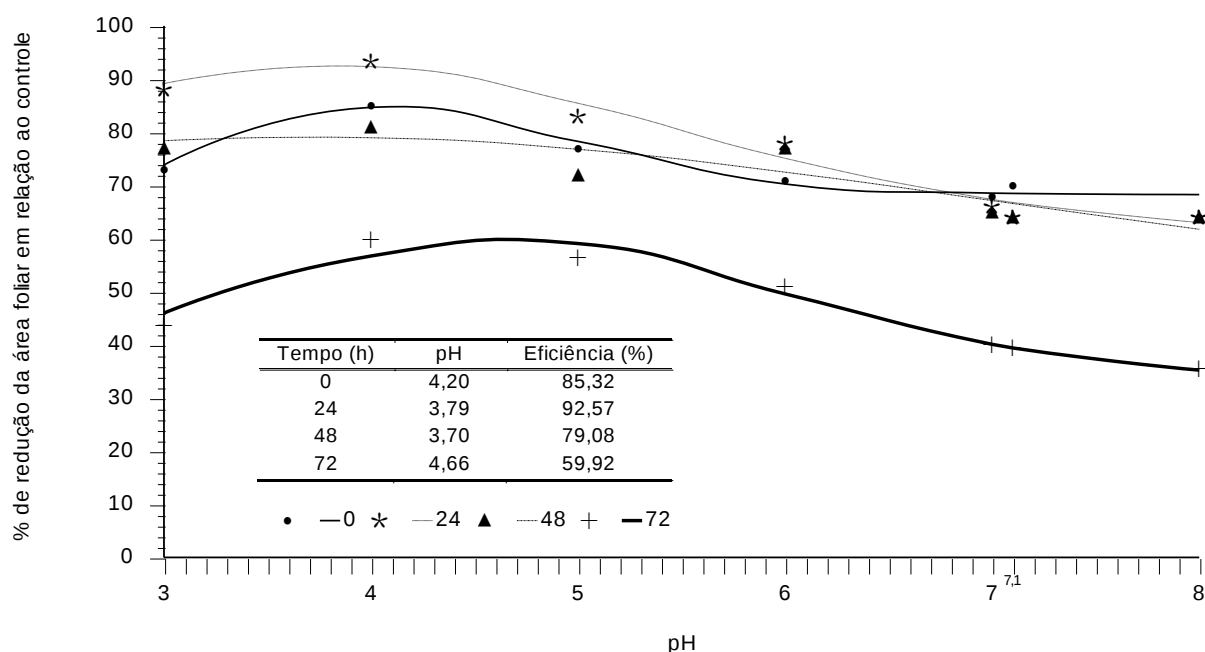


Figura 16 – Porcentagem de redução de área foliar de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação do Rio Solimões usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.

O efeito da decantação com 0, 24 e 48 horas foram semelhantes, sendo que o período de 72 horas de decantação observou-se o menor redução da área foliar (AF) da braquiária (Figura 16).

Para peso de matéria seca de *B. decumbens* (Figura 17) o máximo de controle estimado pela equação ocorreu em pH 3 e período de decantação de 48 horas que reduziu em 45,20% o peso em relação a testemunha sem controle.

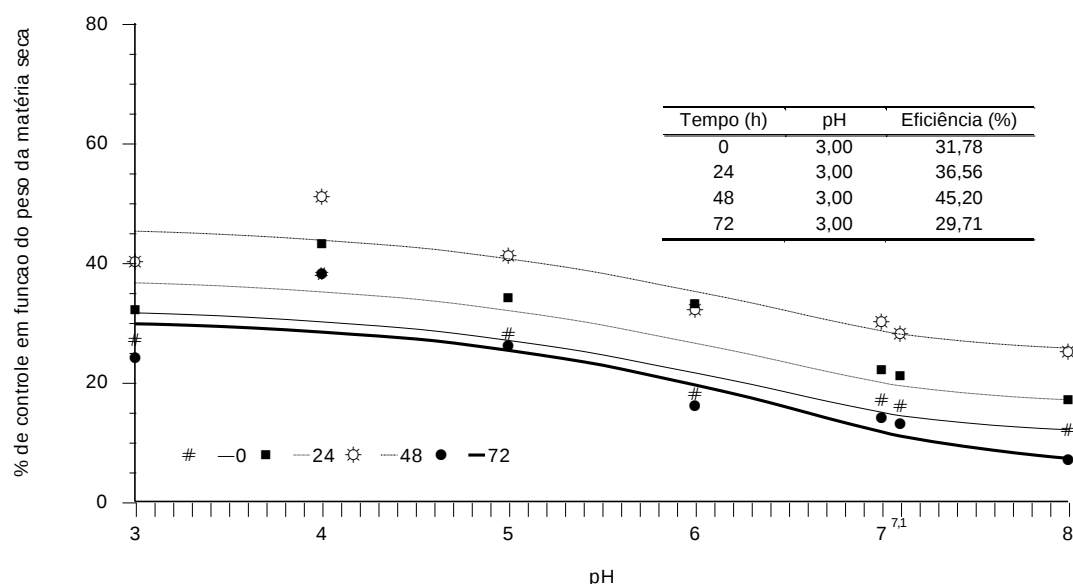


Figura 17 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Solimões usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

Os demais tratamentos (0 e 72 horas) para períodos de decantação tiveram comportamento muito semelhante, sendo que com 72 horas apresentou a menor porcentagem de redução do peso da matéria seca (Figura 17).

A água do Rio Negro tem em sua composição elementos que podem interferir na atividade do glifosato como o fósforo, ferro, manganês e magnésio (Tabela 8).

O baixo controle da planta-teste com o glifosato pulverizado com água deste rio, deve-se a sua composição química mas de origem diferente do rio Negro. O teor de cálcio, matéria orgânica, fósforo, potássio, manganês e capacidade de troca catiônica (T) é entre os resíduos dos rios o de maior valor (Tabela 10). Estes valores elevados também estão na composição química de água de pulverização do glifosato (Tabela 8).

Os elementos, tanto da solução, quanto do resíduo como cálcio e potássio podem ter sido vindo pelas argilas que vem na água deste rio. As regressões que estimam o efeito do glifosato em função de períodos de decantação sobre a área foliar e a matéria seca estão na tabela 11.

Tabela 11 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água do Rio Solimões. Manaus 2013.

Origem da água	Caract erística	Período de decantação (h)	Regressão	R ²
Rio Solimões	AF	0	$y=85,32(\text{EXP}(-(X-4,2)/0,52))/(1+\text{EXP}(-(X-4,20)/0,52))^2$	0,91
		24	$y=92,56(4(\text{EXP}(-(X-3,79)/1,2))/(1+\text{EXP}(-(X-3,79)/1,2))^2$	0,96
		48	$y=79,08(4(\text{EXP}(-(X-3,7)/2,51))/(1+\text{EXP}(-(X-3,7)/2,51))^2$	0,81
		72	$y=59,91(4(\text{EXP}(-(X-4,66)/0,93))/(1+\text{EXP}(-(X-4,66)/0,93))^2$	0,95
	PMS	0	$y=100-(87,79(4(\text{EXP}(-(X-7,91)/1,16))/(1+\text{EXP}(-(X-7,91)/1,16))^2)$	0,87
		24	$y=100-(83,01(4(\text{EXP}(-(X-7,91)/1,16))/(1+\text{EXP}(-(X-7,91)/1,16))^2)$	0,89
		48	$y=100-(74,36(4(\text{EXP}(-(X-7,91)/1,16))/(1+\text{EXP}(-(X-7,91)/1,16))^2)$	0,79
		72	$y=100-(92,78(4(\text{EXP}(-(X-8,04)/1,11))/(1+\text{EXP}(-(X-8,04)/1,11))^2)$	0,77

5.5.3 Rio Amazonas

O tempo de decantação de 0, 24 e 48 horas mostraram eficiência máxima de controle de área foliar (85,06%-89,34%) (Figura 18), enquanto com 72 horas reduziu 68,41% da área foliar da planta teste.

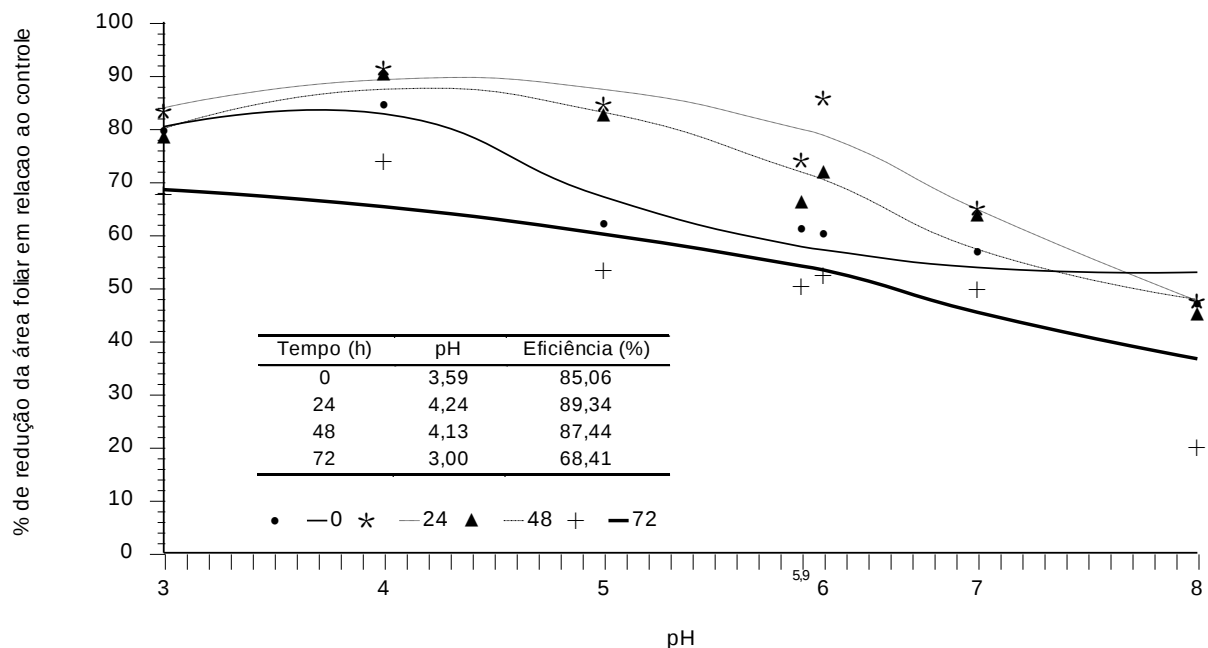


Figura 18 – Porcentagem de redução de área foliar de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Amazonas usada na aplicação de glifosato. Manaus 2013.

O peso total da matéria seca da braquiária (Figura 19) exceto com 48 horas de decantação a eficiência de controle foi de (32,86%-34,71%) valor de controle considerado ruim de acordo com critérios da Sociedade Brasileira de Ciências das Plantas Daninhas (SBPC, 1995).

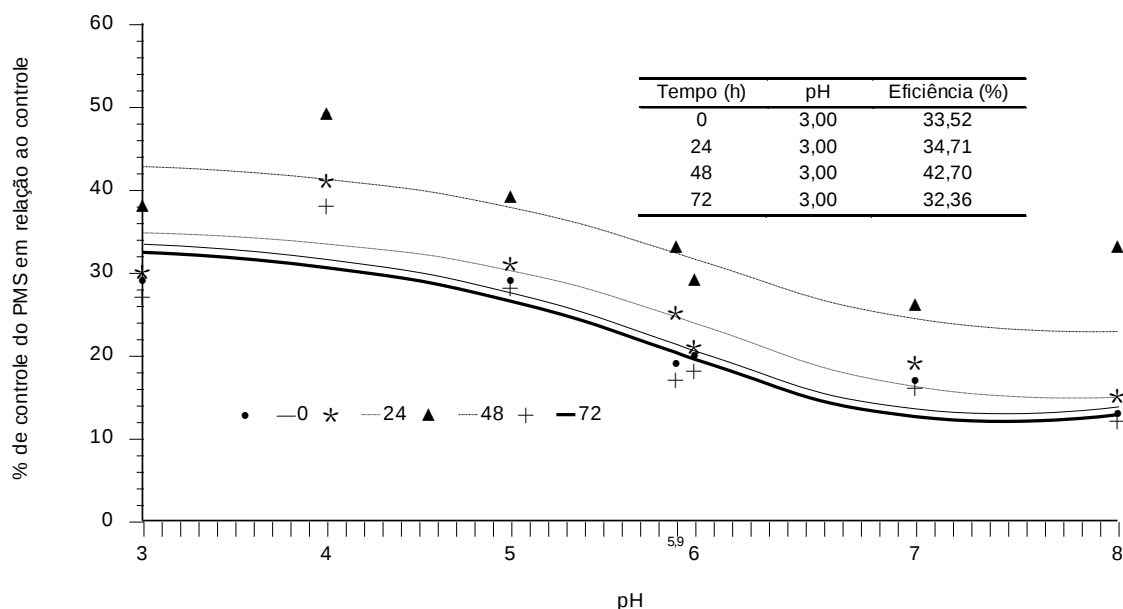


Figura 19 – Porcentagem de redução do peso de matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Amazonas usada na aplicação de glifosato. Manaus, 2013.

O Rio Amazonas por ser formado pela confluência dos rios Solimões e Negro tem em sua água os elementos químicos dos rios que o formam.

Os elementos ferro e fósforo contidos na água do laboratório e que reduziram a atividade do glifosato, também estão presentes na água, em diferentes tempos de decantação, além do magnésio alumínio e sódio (Tabela 8). O resíduo da água decantada, após 72 horas (tabela 10), mostra diversos elementos quelantes com glifosato que estavam também na água de pulverização (Tabela 8).

A matéria orgânica encontrada no resíduo da água do Rio Amazonas, com valor relativamente baixo, deve ser devido ao efeito da diluição devido volume de água deste rio.

Assim como no Solimões, com baixo teor de matéria orgânica no resíduo, diferentemente do Rio Negro, pode se inferir, que os íons foram os principais responsáveis pela baixa atividade do glifosato no controle da braquiária. Segundo

Rai e Kittrich (1999) nas águas minerais e também alcalinas, o pH pode atingir níveis altos e muitos produtos fitossanitários reduzem sua meia-vida hidrolítica quando misturados nesta solução.

A atividade do glifosato x íons liberados na água do rio Solimões pode reduzir a atividade do herbicida devido a modificação da molécula do produto. Os resultados de diversos autores (BUHLER e BURNSIDE, 1983; NALEWAJA e MATYSIAK, 1991) corroboram com aqueles encontrados nesta pesquisa que mostra a importância da composição química da água na pulverização de glifosato.

As regressões que estimam a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água do Rio Amazonas encontram-se na tabela 12.

Tabela 12 - Regressões para estimar a área foliar (AF) e o peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens* em função do período de decantação da água do Rio Amazonas. Manaus 2013.

Origem da água	Característica	Período de decantação (h)	Regressão	R ²
Rio Amazonas	AF	0	$Y=85,05.4(EXP(-(X-3,59)/0,73))/(1+EXP(-(X-3,59)/0,73))^2$	0,90
		24	$Y=89,35(4(EXP(-(X-4,24)/3,26))/(1+EXP(-(X-4,24)/3,26))^2)$	0,95
		48	$Y=87,43(4(EXP(-(X-4,13)/1,41))/(1+EXP(-(X-4,13)/1,41))^2)$	0,92
		72	$Y=69,52(4(EXP(-(X-1,99)/5,42))/(1+EXP(-(X-1,99)/5,42))^2)$	0,75
	PMS	0	$Y=100-(87,41(4(EXP(-(X-7,47)/1,05))/(1+EXP(-(X-7,47)/1,05))^2))$	0,78
		24	$Y=100-(85,8(4(EXP(-(X-7,63)/1))/(1+EXP(-(X-7,63)/1))^2))$	0,80
		48	$Y=100-(77,65(4(EXP(-(X-7,67)/-1,06))/(1+EXP(-(X-7,67)/-1,06))^2))$	0,80
		72	$Y=100-(88,56(4(EXP(-(X-7,47)/1,06))/(1+EXP(-(X-7,47)/1,06))^2))$	0,78

6. CONCLUSÃO

A qualidade da água usada na pulverização de glifosato nos pomares de citros na região Metropolitana de Manaus reduz a eficiência do glifosato.

O valor de pH em torno de 4,00 da água de pulverização foi o mais adequado para o controle da *B. decumbens* com glifosato.

O controle de *B. decumbens*, com glifosato, foi superior nos períodos de 24 e 48 horas de decantação da água de pulverização.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, W.A. et al. **Glyphosate Interactions with Manganese Weed Technology.** 2002. Vol.16:792–799. 2002.

BELTRAN, J., GERRITSE, R. G., HERNANDEZ, F. **Effect to flow rate on the adsorption and desorption of ghyphosate, simazine and atrazine in columns of sandy soils.** European of Journal Soil Science, Oxford, v. 49, n. 1, p. 149-156, 2008.

BELTRAN, J., GERRITSE, R. G., HERNANDEZ, F. **Effect to flow rate on the adsorption and desorption of ghyphosate, simazine and atrazine in columns of sandy soils.** European of Journal Soil Science, Oxford, v. 49, n. 1, p. 149-156, 1998.

BUHLER, D. D.; BURNSIDE, O. C.. **Effect of spray components on glyphosate toxicity to annual grasses.** Weed Science. Vol.31:p.124–130. 1983

CASELEY, J. C.; COUPLAND, D. **Environmental and plant factors affecting glifosato uptake movement and acidity.** In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. A. (Ed.). The herbicide glifosato. London: Butterworths, 1995. p. 92-123.

CHACHALIS, D.; REDDY, K. N.; ELMORE, C. D. **Characterization of leaf surface, wax composition, and central of redvine and trumpetcreeper with glifosato.** Weed Science, Champaign, v. 49, p. 156- 163, 2001.

CHAHAL, G.S. et al. **Influence of Water Quality and Coapplied Agrochemicals on Efficacy of Glyphosate.** Weed Technology. Vol..p. 26:167–176. 2012.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LOPEZ OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M. **Manejo de plantas daninhas.** Atualidades Agrícolas, p. 10-14, 2004.

CUNHA, J. P. A. R. ; CARVALHO, W. P. A. **Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes.** Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 130-135, 2005.

DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action.** New Jersey. P T R Prentice Hall, Englewood Cliffs, 2003. 441 p.

DUKE, S. O. Glifosato. In: KAUFMAN, D. D.; KEARNEY, P. C. **Herbicides: chemistry, degradation, and mode of action.** New York: Marcel Dekker, 1998. Cap. 1, p. 1-59.

DUKE, S. O. Glifosato. In: KAUFMAN, D. D.; KEARNEY, P. C. **Herbicides: chemistry, degradation, and mode of action.** New York: Marcel Dekker, 1988. Cap. 1, p. 1-59.

DUKE, S. O.; CERDEIRA, A. L.; MATALLO, M. B. **Uso de herbicidas e seus efeitos em doenças vegetais.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 115, p. 1-4, 2006.

DURIGAN, J. C.; TIMOSSI, P. C.; LEITE, G. L. **Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar.** Planta Daninha, v. 22, n. 1, p. 127-135, 2004.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. **Report of 3rd and 4th meetings of WRC. Committee of Methods in Weed Research.** Weed Research. Oxford, v. 4, n. 1, 1964. p. 88.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Mecanismos de ação de herbicidas.** V Congresso Brasileiro de Algodão. p. 4. (2005).

FRANZ, J. E. Discovery, development and chemistry of glifosato. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Ed.). **The herbicide glifosato.** London: Butterworths, 2005. p. 3-17.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glifosato: a unique global herbicide**. Washington: AOS monograph, 1997. 653 p.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glifosato: a unique global herbicide**. Washington: AOS monograph, 1997. 653 p.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. São José dos Campos: Monsanto do Brasil Ltda., 2008. 66 p.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 2009. p. 357-384.

HADERLIE, L. C.; SLIFE, F. W.; BUTLER, H.S. **¹⁴C-glifosato absorption and translocation in maize (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) seeds and in soybean plants**. Weed Research, v. 18, p. 269-273, 1978.

HERNANDEZ, D. D.; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. **Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência do imazapic e imazapic + pendimethalin**. Planta Daninha, v. 9, n. 3, p. 419-426, 2001.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 21., 1997, Caxambu. Palestras e mesas redondas... Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.

MAROCHI, A. **Estudos sobre o manejo antecipado da soja Roundup Ready®**. Newsletter Monsanto em Campo, edição VIII, ano II, Março de 2006. 2 p.

MEDINA, C. L.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L.; MACHADO, E. C. **Fisiologia dos citros**. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). Citros. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. cap. 7, p. 149 -184.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; CORRÊA, M. R. **Determinação do teor de lignina e celulose em amostras de *Brachiaria decumbens* submetidas à subdoses de glifosato**. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLIFOSATO**, 1., 2007, Botucatu. Anais... Botucatu: FCA-UNESP, 2007b. p. 82-84. 1 CD-ROM.

NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. **Salt antagonism of glyphosate**. Weed Science. Vol.39: p.622–628. 1991.

NETTO, J. M. **Maturadores e reguladores vegetais na cultura da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. (Org.). Atualização em produção decana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 307-318.

Nina, N.C.S. 2002. **Caracterização sócio-econômica-ambiental do uso de agrotóxicos em uma área de várzea do município de Manacapuru – Am (Amazônia Central)**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas. 123pp.

NOMURA, H. S.; HILTON, H. W. **The adsorption and degradation of glifosato in five Hawaii sugarcane soils**. Weed Research, Oxford, v. 17, p. 113-121, 2007.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J. M.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; BIFFE, D. F. **Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja**. Planta Daninha, v. 24, n. 4, p. 721-732, 2006.

PETERSON, C. A.; De WILDT, P. P. O.; EDGINGTON, C. V. **A rationale for the ambimobile translocation of the nematicide oxyamyl in plants.** Pesticide Biochemistry and Physiology, v. 8, p. 1-9, 1998.

PRATA, F.; LAVORENTI, A. **Retenção e mobilidade de defensivos agrícolas no solo.** In: ALLEONI, L. R. F.; REGITANO, J. B. (Org.). Apostila do Simpósio sobre Dinâmica de Defensivos Agrícolas no Solo: aspectos práticos e ambientais. ESALQ/USP, 2002. p. 57-69.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. **Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glifosato com diferentes atributos mineralógicos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 947-951, 2000.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; VEREECKEN, H.; TORNISIELO, V. L.; PELISSARI, A. **Glifosato behavior in a Rhodic Oxisol under no-till and conventional agricultural systems.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 61-69, 2005.

RAI, D., KITTRICH, J. A. **Mineral equilibria and the soil system.** In: DIXON, J.B., WEED, S.B. Mineral in soil environments. 2. ed. Madison: SSSA, 1999. cap. 4. p. 161-198.

RAMOS, H. H.; DURIGAN, J. C. **Efeitos da qualidade da água de pulverização sobre a eficácia de herbicidas aplicados em pós-emergência.** Bragantia, Campinas, v. 57, n. 2, p. 313-324, 2008.

RHEINHEIMER, D. S.; SOUZA, R. O. **Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio grande do sul.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000.

SANTOS, L. D. T.; TIBURCIO, R. A. S.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. A.; BENTIVENHA, S.; FERREIRA, L. R. **Exsudação radicular de glifosato por braquiária e seus efeitos em plantas de eucalipto.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLIFOSATO, 1., 2007, Botucatu. Anais... Botucatu: FCA-UNESP, 2007. p. 318-321. 1 CD-ROM.

SENSEMAN, S. A. Herbicide Handbook. 9.ed. Lawrence: WSSA, 2007. 458p.

SILVA, M. D. da. **Diagnóstico da qualidade da água na microbacia Arroio do Pilão**. 2002. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. **Adsorption, mobility, and microbial degradation of glifosato** in the soil. Weed Science, Champaign, v. 23, n. 3, p. 229-234, 1975.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. **Rapid inactivation of glifosato in the soil**. Weed Science, Champaign, v. 23,n. 3, p. 224-228, 1995.

STAHLMAN, P. W.; PHILLIPS, W. M. **Effects of water quality and spray volume on glifosato phytotoxicity**. Weed Science, Chichester, v. 27, n. 1, p. 38-41, 1999.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. 3. ed. New York: J. Wiley, 2006. 1022 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 719 p.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F.; VEIGA, J. B. **Recomendação de adubação e calagem para pastagem e gramados**. In Recomendação de adubação e calagem para o Estado do Pará. 1 ed. ver. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia oriental, 2010.

TURNER, D. J.; LOADER, M. P. C. **Studies with solubilized herbicide formulations**. In: BRITISH WEED CONTROL CONFERENCE, 12., 1974, Brington. Proceedings... London, 1974. p. 177-184.

VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. **Absorção e translocação de defensivos agrícolas**. In: BORGES, L. D. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2007. p. 57 – 70.

VIVIAN, R.; GIMENES, M. J.; REIS, A. R. dos; SAN MARTIN, H. A.; LABONIA, V.; TEZOTTO, T. **Potencial fitotóxico de glifosato em eucalipto a partir da exsudação radicular de brachiaria.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLIFOSATO, 1., 2007, Botucatu. Anais... Botucatu: FCA-UNESP, 2007. p. 318-321. 1 CD-ROM.

WAICHMAN, A. V.; RÖMBKE, J.; NINA, N.C.S. 2003. **Agrotóxicos: elemento novo na Amazônia.** *Ciência Hoje*, 32(190): 70-73.

WEBER, J. B. **Mechanisms of adsorption of s-triazines by clay colloids and factors affecting plant availability.** In: GUNTHER, F. A. **Residue Reviews.** Berlin: Springer-Verlag, 2000. v. 32. p. 93-129.

WEBER, J. B. **Mechanisms of adsorption of s-triazines by clay colloids and factors affecting plant availability.** In: GUNTHER, F. A. **Residue Reviews.** Berlin: Springer-Verlag, 1970. v. 32. p. 93-129.

WHITE et al.. **Inativação de diuron por solos de várzea da Amazônia.** *Revista da Univ. do Amazonas*. Vol. 1,N. 0, p. 62 -69. 1992.

YAMADA, T.; CASTRO, P.R.C. **Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas.** International plant nutrition institute. Piracicaba: Informações Agronômicas, 2007. 24p. (Boletim Técnico 119).

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glifosato and *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis;with glifosato-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 825-831, 2004.

ANEXO

Anexo 1 - Resumo da ANOVA para porcentagem de redução da área foliar (AF) e redução do peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água destilada do LCPD, usada na aplicação do glifosato. Manaus, 2013.

FV	GL	AF		PMS	
		QM	F	QM	F
Período	3	1525,6	171,9**	778,7	19,0**
pH	6	1275,0	143,7**	1380,6	33,7**
Período X pH	18	89,73	10,1**	44,2ns	1,0 ns
Resíduo	84	8,87		40,92	
CV (%)		3,73		10,45	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

ns Não significativo pelo teste de F.

Anexo 2 - Resumo da ANOVA para porcentagem de redução da área foliar (AF) e redução do peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água da fazenda FM Citros, usada na aplicação do glifosato. Manaus, 2013.

FV	GL	AF		PMS	
		QM	F	QM	F
Período	3	1982,7	129,7**	870,8	20,0**
pH	6	4727,2	308,1**	1417,5	32,6**
Período X pH	18	95,3	6,2**	8,0	0,1**
Resíduo	84	15,3		43,4	
CV (%)		6,33		9,27	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

Anexo 3 - Resumo da ANOVA para porcentagem de redução da área foliar (AF) e redução do peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água da Fazenda Panorama, usada na aplicação do glifosato. Manaus, 2013.

FV	GL	AF		PMS	
		QM	F	QM	F
Período	3	3352,9	49,2**	1167,7	31,7**
pH	6	15,9	23,3**	1319,32	35,8**
Período X pH	18	190,2	2,7**	1,2	0,03**
Resíduo	84	68,14		36,7	
CV (%)		11,03		8,81	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

Anexo 4 - Resumo da ANOVA para porcentagem de redução da área foliar (AF) e redução do peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação utilizando água de Igarapé, usada na aplicação do glifosato. Manaus, 2013.

FV	GL	AF		PMS	
		QM	F	QM	F
Período	3	1543,7	82,5**	174,0	4,4**
pH	6	567,7	30,3**	1321,7	34,1**
Período X pH	18	36,36	1,9**	4,8	0,1**
Resíduo	84	18,70		38,7	
CV (%)		5,75		8,10	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

Anexo 5 - Resumo da ANOVA para porcentagem de redução da área foliar (AF) e redução do peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Negro, usada na aplicação do glifosato. Manaus, 2013.

FV	GL	AF		PMS	
		QM	F	QM	F
Período	3	4378,1	139,1**	1105,1	25,7**
pH	6	2818,5	89,5**	1231,8	28,6**
Período X pH	18	161,9	5,1**	0,0	0,0**
Resíduo	84	31,4		42,97	
CV (%)		8,16		9,30	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

Anexo 6 - Resumo da ANOVA para porcentagem de redução da área foliar (AF) e redução do peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Solimões, usada na aplicação do glifosato. Manaus, 2013.

FV	GL	AF		PMS	
		QM	F	QM	F
Período	3	5356,1	162,1**	1425,2	37,1**
pH	6	1164,7	35,4**	1398,5	36,4**
Período X pH	18	74,44	2,2**	2,3	0,06**
Resíduo	84	32,88		38,36	
CV (%)		8,55		8,33	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

Anexo 7 - Resumo da ANOVA para porcentagem de redução da área foliar (AF) e redução do peso da matéria seca (PMS) de *B. decumbens*, em função do pH e períodos de decantação da água do Rio Amazonas, usada na aplicação do glifosato. Manaus, 2013.

FV	GL	AF		PMS	
		QM	F	QM	F
Período	3	2886,2	260,6**	705,2	16,6**
pH	6	3327,6	300,5**	1256,36	29,6**
Período X pH	18	115,1	10,39**	5,2	0,1**
Resíduo	84	11,0		42,38	
CV (%)		5,05		8,79	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).