



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

MICHEL DA SILVA FERNANDES

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E
NUTRICIONAIS JUNTO AO SOLO E CORPOS HÍDRICOS EM UMA LAVOURA
DE CANA-DE-AÇÚCAR SITUADA NO INTERIOR DE MINAS GERAIS**

RIBEIRÃO PRETO - SP

2020



Michel da Silva Fernandes

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E
NUTRICIONAIS JUNTO AO SOLO E CORPOS HÍDRICOS EM UMA LAVOURA
DE CANA-DE-AÇÚCAR SITUADA NO INTERIOR DE MINAS GERAIS**

Tese de Doutorado apresentada como requisito para obtenção do título de Doutor pelo programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes.

Ribeirão Preto - SP

2020

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

F363a Fernandes, Michel da Silva, 1980-
Avaliação do impacto da aplicação de produtos químicos e
nutricionais junto ao solo e corpos hídricos em uma lavoura de
cana-de-açúcar situada no interior de Minas Gerais / Michel da
Silva Fernandes. – Ribeirão Preto, 2020.
88 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes.

Tese (doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP,
Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2020.

1. Agrotóxicos. 2. Cana-de-açúcar. 3. Infiltração. 4. Percolação.
I. Título.

CDD 628

MICHEL DA SILVA FERNANDES

**“Avaliação do Impacto da Aplicação de Produtos Químicos e Nutricionais
Junto ao Solo e Corpos Hídricos em uma Lavoura de Cana de Açúcar
Situada no Interior de Minas Gerais”.**

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora pelo programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias De Novaes.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 20 de fevereiro de 2020

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luciano Farias De Novaes
Presidente/UNAERP

Profa. Dra. Luciana Rezende Alves de
Oliveira
UNAERP

Prof. Dr. Gustavo Almeida Frata
UNAERP

Prof. Dr. Celso Luiz Franzotti
FATEC

Prof. Dr. Olímpio Gomes da Silva Neto
IFSULDEMINAS

RIBEIRÃO PRETO

2020

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus por ter me dado o dom da vida, a toda minha família, por todo o apoio e carinho durante a elaboração deste trabalho, principalmente minha mãe Ivete, meu pai Paulo e meu irmão Fausto, pois eles me incentivaram mesmo nos momentos que pensei em desistir.

AGRADECIMENTOS

À Usina Cerradão Açúcar e Etanol, representada por seus diretores e proprietários Adalberto José de Queiroz, Florêncio Queiroz Neto, Raphael Queiroz e Thiago Queiroz, José Pedro de Andrade e Pedro Felipe de Andrade que me incentivaram na pesquisa, liberando-me para concluir o doutorado.

Ao Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes, pela orientação e por me mostrar que nem tudo na vida são flores e que temos que nos dedicar muito para conseguir certos objetivos, sou muito grato a isso.

Aos amigos de Doutorado Duílio, Eduardo e Marcelo, pelos momentos de convívio.

À secretária Celina, por ter sempre uma palavra amiga quando precisava.

Aos amigos de trabalho Gerson José de Souza “Nego Gel”, Guilherme Ferraudó, Moacir, Décio Costa e Vinícius Palácio que me ajudaram na instalação dos experimentos.

À minha amiga professora Osania Emerenciano Ferreira que sempre esteve comigo e me incentivou e apoiou nos momentos difíceis.

RESUMO

Existem várias discussões sobre a interação dos agroquímicos com o ambiente de produção de cana-de-açúcar. Este trabalho teve por objetivo, avaliar se as aplicações de herbicidas e nutrientes possuem potencial para contaminação de recurso hídricos em propriedade produtora de cana-de-açúcar situada no cerrado mineiro. Para a avaliação da capacidade de contaminação do corpo hídrico e do solo, foram coletadas durante o período de 12 meses consecutivos amostras, 24 horas após eventos chuvosos. O impacto no corpo receptor foi verificado através da instalação de uma estrutura posicionada junto à foz da bacia de contribuição da área de estudo. A estrutura era composta de um tanque de capacidade igual a 1,00 m³, onde foi coletado a água da chuva oriunda do escoamento superficial. Para avaliar os possíveis impactos ambientais no solo, foram feitas amostras em três perfis de amostragem, cada uma com 5 cm de profundidade (0 a 5, 5 a 10 e 10 a 15 cm), através de uma furadeira com broca adaptada, sendo estas amostras armazenadas e encaminhadas para análises em laboratório credenciado. Para acompanhamento das precipitações ocorridas durante a presente pesquisa, foram coletadas informações na Estação Meteorológica existente na área em estudo. Observou-se que a camada compreendida entre 0 e 5 cm do solo teve maior quantidade de matéria orgânica e nutrientes como o cálcio, magnésio e potássio, sendo que não houve contaminações de herbicidas (diuron, hexaxinona e clomazone) no solo e/ou no corpo hídrico, considerando 1 ppm como o limite de detecção. Constatou-se a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos quando da aplicação de produtos nutricionais no período chuvoso, em virtude do escoamento superficial. Observou-se valores máximos de 10 mg/L de nitrogênio, o que pode prejudicar a qualidade do manancial. Embora não tenha sido evidenciado impacto neste estudo de caso, quanto a aplicação de herbicidas na lavoura cana-de-açúcar a partir das análises realizadas, observou-se a necessidade de monitoramento e de manejo mais cuidadoso dos agroquímicos ao potencial de contaminação ambiental e de possível acúmulo no solo.

Palavras chave: Agrotóxicos. Cana-de-açúcar. Infiltração. Percolação. Substância. Polímero.

ABSTRACT

There are several discussions on the interaction of agrochemicals with the sugarcane production environment. The objective of this work was to evaluate if the applications of herbicides and nutrients have potential for contamination of water resources in a sugarcane producing property located in the Cerrado of Minas Gerais. For the evaluation of the contamination capacity of the water body and the soil, samples were collected during the period of 12 consecutive months, 24 hours after rainy events. The impact on the receiving body was verified by installing a structure positioned near the mouth of the contribution basin in the study area. The structure consisted of a tank with a capacity of 1.00 m³, where rainwater from the runoff was collected. To assess the possible environmental impacts on the soil, samples were taken in three sampling profiles, each 5 cm deep (0 to 5, 5 to 10 and 10 to 15 cm), using a drill with an adapted drill, these being samples stored and sent for analysis in an accredited laboratory. In order to monitor the precipitation that occurred during the present research, information was collected at the Meteorological Station in the area under study. It was observed that the layer between 0 and 5 cm of the soil had a greater amount of organic matter and nutrients such as calcium, magnesium and potassium, with no contamination of herbicides (diuron, hexazinone and clomazone) in the soil and / or in water body, considering 1 ppm as the detection limit. The possibility of contamination of water resources was verified when applying nutritional products in the rainy season, due to surface runoff. Maximum values of 10 mg / L of nitrogen were observed, which can impair the quality of the source. Although there was no evidence of impact in this case study, as for the application of herbicides in sugarcane crops from the analyzes carried out, there was a need for more careful monitoring and management of agrochemicals to the potential for environmental contamination and possible accumulation in the soil.

Keywords: Agrochemicals. Sugarcane. Infiltration. Percolation. Substance. Polymer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Redução no consumo de água nas usinas de cana-de-açúcar pós proibição de queimadas	32
Figura 2 – Aplicação de vinhaça e água residuária na agricultura	33
Figura 3 - Mapa de zoneamento agroambiental do Estado de São Paulo.....	38
Figura 4 - Fluxograma das atividades desenvolvidas no presente trabalho	48
Figura 5 - Mapa contendo a área em estudo onde foram coletadas amostras de água de solo e água.....	50
Figura 6 - Amostragem realizada no Reservatório de Fibra de capacidade igual a 1m ³ utilizado para coleta de água em virtude do escoamento superficial após eventos pluviométricos na área em estudo	51
Figura 7- Acondicionamento das amostras de água em garrafas de 500 ml, coletadas para cada evento de precipitação ocorrido na área em estudo	52
Figura 8 - Quadriciclo utilizado para deslocamento na área onde foi realizada a amostragem de solo	53
Figura 9 - Equipamento com broca utilizado para coletar as amostras de solo na área em estudo	54
Figura 10 - Armazenamento das amostras de solo na área em estudo em sacos plásticos.....	55
Figura 11 - Mapa contendo a área em estudo onde foram coletadas amostras de água e solo com aplicação do produto aglutinante.....	57
Figura 12 - Mapa contendo as áreas em estudo onde foram coletadas amostras de água e solo com aplicação de Produtos Químicos Convencional e com aplicação de Produtos Polímeros Aglutinantes.....	58
Figura 13 - Área onde está situada a Usina de Cana-de-Açúcar que foi objeto de estudo do presente trabalho.....	60
Figura 14 - Unidade industrial de cana-de-açúcar situada no interior do Estado de Minas Gerais onde foi realizado o presente estudo	61
Figura 15 - Aplicação de vinhaça através de aspensão do tipo canhão na lavoura em estudo como fonte de nutrientes para cultura	63
Figura 16 - Equipamento Hidrohol (estrutura composta por sistema de tubulações) utilizado para irrigação na área em estudo (aplicação de Vinhaça)	63
Figura 17 - Carreta Aplicadora da marca Sollus® aplicando torta com fuligem (produto nutricional) na lavoura em estudo	64

Figura 18 - Aplicação de nitrato de amônio (produto nutricional) na lavoura em estudo com o equipamento Adubador da marca DMB	64
Figura 19 - Aplicação de Herbicida (produto químico) através de equipamento Trator com dispositivo de pulverização na lavoura em estudo	65
Figura 20 - Pluviosidade (setembro de 2017 a setembro 2018) ocorrida na área em estudo monitorada na Estação Climatológica existente no local	67
Figura 21 - Padrão das moléculas de herbicidas utilizadas no trato cultura de cana-de açúcar, na variedade visando detectar a presença destas substâncias nas amostras de solo e água	69
Figura 22 - Análise cromatográfica para as amostras compostas de solo e água coletadas na área em estudo sem aplicação de polímero	70
Figura 23 - Análise cromatográfica para as amostras compostas de solo e água coletadas na área em estudo com aplicação de polímero.....	71
Figura 24 - Acúmulo de nitrogênio nas amostras com e sem polímero	76
Figura 25 - Valores nutricionais das amostras do solo na profundidade de 0 a 5 cm	77
Figura 26 - Comparativo do nutriente Ca^{2+} e K^{1+} em diferentes profundidades no solo, com e sem polímero em g/dcm^3	78

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Caracterização Química do Polímero Soil Fix utilizado no presente trabalho para adubar a área em estudo.....	56
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais insumos químicos utilizados na produção da cana-de-açúcar	42
Tabela 2. Caracterização Nutricional da Vinhaça e Torta de Filtro com Fuligem (cinza de caldeira) utilizada para adubar a área em estudo	66
Tabela 3. Caracterização Química do Herbicida Gamit Star® e Herbicida Velpar utilizado no presente trabalho.....	67
Tabela 4. Amostras compostas de água coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero.....	72
Tabela 5. Amostras compostas de solo (camada de 0 a 5 cm) coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero.....	73
Tabela 6. Amostras compostas de solo (camada de 5 a 10 cm) coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero.....	73
Tabela 7. Amostras compostas de solo (camada de 10 a 15 cm) coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

UDOP – União Nacional da Bioenergia

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

SMA – Secretaria do Meio Ambiente

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

UCPI – Unidades de Conservação de Proteção Integral

MO – Matéria orgânica

UESPA – Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

DMLAB – Laboratório de Análises Agrícola Dinardo Miranda

HPLC – High Performance Liquid Chromatography

GHS – Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos

LAT – Latitude

LONG – Longitude

FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	26
2 OBJETIVO	28
2.1 OBJETIVO GERAL	28
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	29
3.1 CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL: ASPECTOS GERAIS	29
3.2 RESÍDUOS PROVENIENTES DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	31
3.3 GERAÇÃO DE EFLUENTES EM USINAS DE AÇÚCAR E ALCOOL	38
3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	43
3.5 MÉTODOS DE CONTROLE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM LAVOURAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	46
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	48
4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS APLICADOS NA LAVOURA	49
4.3 REALIZAÇÃO DE AMOSTRAGENS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA AVALIAR POTENCIAIS CONTAMINAÇÕES	49
4.3.1 AMOSTRAGEM DA ÁGUA EM VIRTUDE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	50
4.3.2 AMOSTRAGEM DO SOLO EM VIRTUDE DA PERCOLAÇÃO.....	53
4.4 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRODUTO AGLUTINANTE (POLIMERO) JUNTO AOS PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS APLICADOS NA LAVOURA DE CANA DE AÇUCAR VISANDO REDUZIR AS POSSÍVEIS CONTAMINAÇÕES DO MEIO AMBIENTE.....	56

4.5 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS NA LAVOURA DE CANA-DE-AÇÚCAR JUNTO AO SOLO E CORPOS HÍDRICOS.....	58
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	60
5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS APLICADOS NA LAVOURA DA ÁREA EM ESTUDO	62
5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA AVALIAR POTENCIAIS CONTAMINAÇÕES	67
5.4 IMPACTO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS NA LAVOURA DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	75
6 CONCLUSÕES	80
7 REFERENCIAS	81
ANEXOS	92

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a cana-de-açúcar (*Saccharum ssp*) é um dos principais produtos agrícolas do Brasil. A exploração canavieira é de vasta importância no contexto agro e socioeconômico brasileiro, pois, esta cultura constitui-se em matéria-prima para produção de diversos produtos, tais como o etanol, açúcar e forragem para alimentação animal (GUIMARAES et al., 2016).

No Brasil, na safra 2019/2020 a área plantada de cana-de-açúcar foi de 8.838,5 mil hectares milhões de hectares com produção de 615,84 milhões de toneladas (produtividade média de 75,05 t/ha). O país caracteriza-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, perfazendo 30% do mercado internacional de açúcar e gerando 40% do etanol produzido no mundo. Na região sudeste a produção para esta safra foi de 421,87 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processadas. Em Minas Gerais, a área total estimada de cultivo foi de 841,7 mil hectares, com aumento de área plantada de 2,8% em relação à safra anterior, a área atual está estimada em 848 mil hectares (CONAB, 2018).

É notório o crescimento do setor agrícola mundial em termos de produção e áreas cultivadas nas últimas três décadas. Em 2017, a agricultura utilizou 37% da área de terra global. No entanto, esta evolução tem sido acompanhada pela utilização intensiva de fertilizantes e agrotóxicos. Em 2017, o uso agrícola total mundial de fertilizantes químicos ou minerais foi de 109 Mt de nitrogênio (N), fosfato de 45 Mt (P_2O_5) e 38 Mt de potássio (K). Em relação a 2002, este representou aumentos de 34%, 40% e 45%, respectivamente (FAO, 2019). Com relação aos agrotóxicos, muitas moléculas novas estão surgindo a fim de se controlar pragas e doenças de plantas (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012). Nos sete primeiros meses de 2019 o governo brasileiro liberou 290 substâncias (ANVISA, 2019), o que representa o maior ritmo de liberação de agrotóxicos na última década. Tais moléculas apresentam características físico-químicas distintas, portanto, cada produto químico pode proporcionar impactos diferentes em relação aos danos ambientais e ecotoxicológicos (ARMAS et al., 2005). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2017), para a cultura da cana-de-açúcar, são registrados mais de 300 produtos e adubos químicos e para composição de produtos fitossanitários.

Em um modo particular, a cana-de-açúcar é muito suscetível à presença de nematóides, pragas e doenças que provocam a redução de sua produtividade, com queda considerável de rendimentos e, muitas vezes, inviabilizar a produção canavieira, reduzindo à qualidade da matéria-prima e/ou a longevidade do canavial (SANTIAGO; ROSSETO, 2018)

A utilização de produtos químicos em lavouras de cana-de-açúcar, particularmente por nitratos e moléculas de herbicidas, inseticidas, podem poluir os aquíferos subterrâneos, utilizados para abastecimento de água. Tal fato ocorre quando uma camada insaturada, altamente porosa, se situa sobre o aquífero, permitindo a percolação de nitratos (HESPANHOL, 2008). Assim, conforme Hu e Kim (1994), a poluição de corpos aquáticos pode ocorrer por meio do uso indiscriminado de materiais orgânicos, nutrientes, bem como uma gama de substâncias químicas tais como os agrotóxicos que são empregados nos processos de produção.

O impacto negativo que as atividades agrícolas podem exercer sobre os recursos hídricos são determinados através de avaliações na qualidade da água, podendo esta ser influenciada por diversos fatores, pois, a maioria destas atividades direta ou indiretamente, ocasionam alterações nos padrões de qualidade do corpo hídrico (OLIVEIRA FILHO; LIMA, 2002). Isto acontece, pois, os produtos fitossanitários, podem ser adsorvidos, absorvidos, além de sofrer degradação física, química ou biológica ou formar complexos com elementos pertencentes a um sistema (FLURY, 1996).

Assim, diante às inúmeras matrizes receptoras das moléculas as quais compõe os produtos químicos, os corpos de água são os mais importantes acumuladores finais destes produtos, em especial, em agrossistemas com grande rede hidrográfica e alta intensidade de uso (MURRAY; SHEEBA; BODOUR, 2010). Pensando nisto, o presente trabalho é justificado na motivação de avaliar a possível contaminação do solo e dos corpos de água por escoamento superficial e infiltração, dado a utilização de diversos produtos químicos e industriais na exploração da cana-de-açúcar.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo visou avaliar o impacto da aplicação de produtos químicos e nutricionais através de análises físico-químicas junto ao solo, e a possível contaminação de corpos hídricos em uma lavoura de cana-de-açúcar situada no interior do Estado de Minas Gerais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e caracterizar a área de estudo, sendo esta uma lavoura de cana-de-açúcar situada em área de cerrado no interior do Estado de Minas Gerais, na região do triângulo mineiro;
- Identificar os produtos químicos e nutricionais aplicados na área em estudo;
- Realizar amostragens e análises físico-químicas do solo e do escoamento superficial em área de cultivo de cana-de-açúcar com aplicação de produtos químicos e nutricionais;
- Avaliar a utilização de produto aglutinante (polímero) junto aos produtos químicos e nutricionais aplicados na lavoura de cana de açúcar;
- Verificar o impacto da aplicação de produtos químicos e nutricionais na lavoura de cana-de-açúcar junto ao solo e corpos hídricos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados conceitos gerais sobre a cultura da cana-de-açúcar, tais como: cultivo da cultura, aplicação de produtos fitossanitários e nutricionais e os impactos causados ao meio ambiente, em especial aos corpos hídricos.

3.1 CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL: ASPECTOS GERAIS

A cana-de-açúcar é uma monocotiledônea pertencente à família das gramíneas, que perfilha de maneira abundante, na fase inicial do desenvolvimento. Desenvolve-se caracteristicamente em forma de touceira (moita), possui uma parte aérea formada pelo colmo que é cilíndrico, ereto, fibroso e rico em açúcar, com diâmetro e comprimentos variados, sendo esta a parte da cana-de-açúcar de maior interesse econômico, folhas inflorescência (conjunto de flores arrançadas em haste) mais os frutos, a parte subterrânea é formada por raízes e rizomas (caules subterrâneos ricos em material de reserva) (CASAGRANDE, 1991).

O Brasil detém a maior produção de cana-de-açúcar dentro do contexto mundial, o que representa uma das culturas de maior importância para a economia nacional (MORAES et al., 2017). Dados segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018) revelam que, para a safra 2018/2019, a área colhida está estimada em 8,63 milhões de hectares, queda de 1,1% se comparada com a safra 2017/18 que foi de 8,73 milhões de hectares. Neste contexto, a produção de açúcar deverá atingir 31,73 milhões de toneladas, retração de 16,2% ao ocorrido na safra 2017/18, e, o etanol, tendo a produção estimada para 32,31 bilhões de litros, incremento de 18,6% em relação à safra passada.

Dentre os produtos agrícolas a cana-de-açúcar pode ser considerada a cultura que mais simbolizou as conquistas e lutas no decorrer dos séculos, em diversos lugares no mundo inteiro. Conforme Machado (2003), a introdução mundial desta cultura deu-se por meio de Cristóvão Colombo em sua viagem à América em 1493, porém, com a descoberta da prata e ouro proveniente das civilizações incas e astecas pelos espanhóis, a exploração do açúcar foi postergada. No Brasil, Martim Affonso de Souza foi quem trouxe a primeira muda da planta, iniciando a exploração da cultura na capitania de São Vicente.

A produção de açúcar no território nacional começou nas décadas de 1530 e 1540 e tinha como características a exploração em pequenos engenhos, sendo a maioria do tipo trapiche, movida por cavalos ou bois com a utilização de força hidráulica (SCHWARTZ, 1985). Nesta

época, o ouro, café, pau-brasil e a cana-de-açúcar, representavam a economia brasileira (KOHLHEPP, 2010).

Mais tarde, tratando-se da exploração canavieira, o sistema compreendido pela produção de cana-de-açúcar foi realizado por latifundiários sendo caracterizado como *plantation*, a qual representava o sistema monocultor da cultura. Nesta mesma época, por meio do grande conhecimento pelos colonizadores portugueses e a vasta aceitação no mercado europeu, a cana-de-açúcar foi considerada o produto de maior importância da época, dando início ao chamado “ciclo-do-açúcar”, muito conhecido na história do Brasil (JÚNIOR, 2013). A cultura ainda representou a ocupação territorial em todo período colonial latino e americano, principalmente no Nordeste brasileiro devido à criação dos engenhos de cana-de-açúcar, dentro da experiência latifundiária (CARVALHO et al., 2013).

Atualmente, o mercado nacional a qual compreende o setor canavieiro, destaca-se, principalmente na produção de açúcar e etanol devido à alta competitividade na produção da cana (CONAB, 2018). No entanto, esse cenário é recente sendo que a produtividade no Brasil cresceu a partir da segunda metade da década 70, ultrapassando na década de 80 a média mundial, onde o cultivo de cana-de-açúcar foi favorecido pela crise do petróleo, como fonte de energia renovável (etanol combustível), substituindo em parte os derivados fósseis (JBIC, 2006).

O Programa “Pró-Álcool” foi instituído em 1975, sob o intuito de se reduzir as importações de petróleo, já que a demanda por importação ultrapassava cerca de 80% na época (KOHLHEPP, 2010). Este programa foi responsável por anos de ascensão da cana-de-açúcar, trazendo como consequência o aumento de destilarias, bem como o início da comercialização de carros movidos com mistura de etanol (CARVALHO et al., 2013).

Na atual conjuntura, os valores de produção de açúcar e etanol tem apresentado posição de destaque no cenário internacional, onde não apenas o cultivo vem expandindo, mas também todo complexo agroindustrial e empresarial canavieiro (CONAB, 2018). A experiência inigualável que hoje o Brasil possui com a cultura da cana-de-açúcar foi possível em virtude a produção em larga escala o etanol de origem primária em sua matriz energética. Tal fato fez com que a produção anual de cana-de-açúcar significasse um mercado promissor com índices favoráveis para sua exportação. Assim, por meio do aumento da demanda mundial pela cultura, a força de trabalho envolvida no setor sucroalcooleiro representa uma parcela significativa de empregos formais (GONZALEZ; PEREIRA, 2017).

A cana-de-açúcar também tem importância estratégica para o país em termos ambientais, por exemplo, pois reduz o consumo de petróleo e a emissão de gases que

intensificam o efeito estufa. Vale lembrar que, ainda sobre o ponto de vista ambiental, a Lei estadual n. 11.241 de 2002 do estado de São Paulo, estabeleceu a proibição da prática da queima da cana-de-açúcar. Com isto, a colheita mecanizada ganhou espaço não somente pela imposição governamental, mas pelo fato de proporcionar maior capacidade operacional e reduzir os gastos com mão-de-obra, ampliando a margem de lucro com a comercialização do produto (ALVES, 2008).

O setor canavieiro de Minas Gerais gera segundo números do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), foi responsável por 10,3% da produção de cana-de-açúcar na safra 2017/18, se destacando como o terceiro maior estado em volume de cana moída, atrás apenas de São Paulo e Goiás. De acordo com a Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais (SIAMIG), 120 cidades mineiras possuem canaviais, somando 950 mil hectares de área plantada. O agronegócio da cana-de-açúcar em Minas Gerais possui 34 unidades de produção espalhadas por 26 municípios, sendo 20 destas no Triângulo Mineiro e cinco no noroeste do estado. Sendo que estas unidades representam 9% do total de usinas no Brasil (CONAB, 2018).

As usinas sucroenergéticas são importantes promotoras do desenvolvimento econômico de um país, assim como de seu avanço tecnológico. Estas possuem grande capacidade criadora e de geração de recursos, num contexto onde o bem estar comum depende cada vez mais de uma ação cooperativa e integrada de todos os setores da economia e que faz parte de um processo de desenvolvimento que tem por objetivo a preservação do meio ambiente e a promoção do progresso e sucesso empresarial (JBIC, 2006).

Dentro do cenário energético mundial, a produção da cultura da cana-de-açúcar é um fato que está chamando a atenção do mundo (COPETTI; FRIES; CORONEL, 2019). Sendo uma das principais causas observadas, o impacto ambiental provocado pela utilização de combustíveis fósseis, já que desde o aumento da industrialização o consumo de combustíveis fósseis vem crescendo gradativamente (TRINDADE, 2015). A produção de etanol, combustível provindo da cana-de-açúcar, é uma das tecnologias mais acessíveis e a mais utilizada para a obtenção de energia “limpa” substituinte do petróleo (LOPES; SANTOS; COSTA, 2017).

3.2 RESIDUOS PROVENIENTES DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

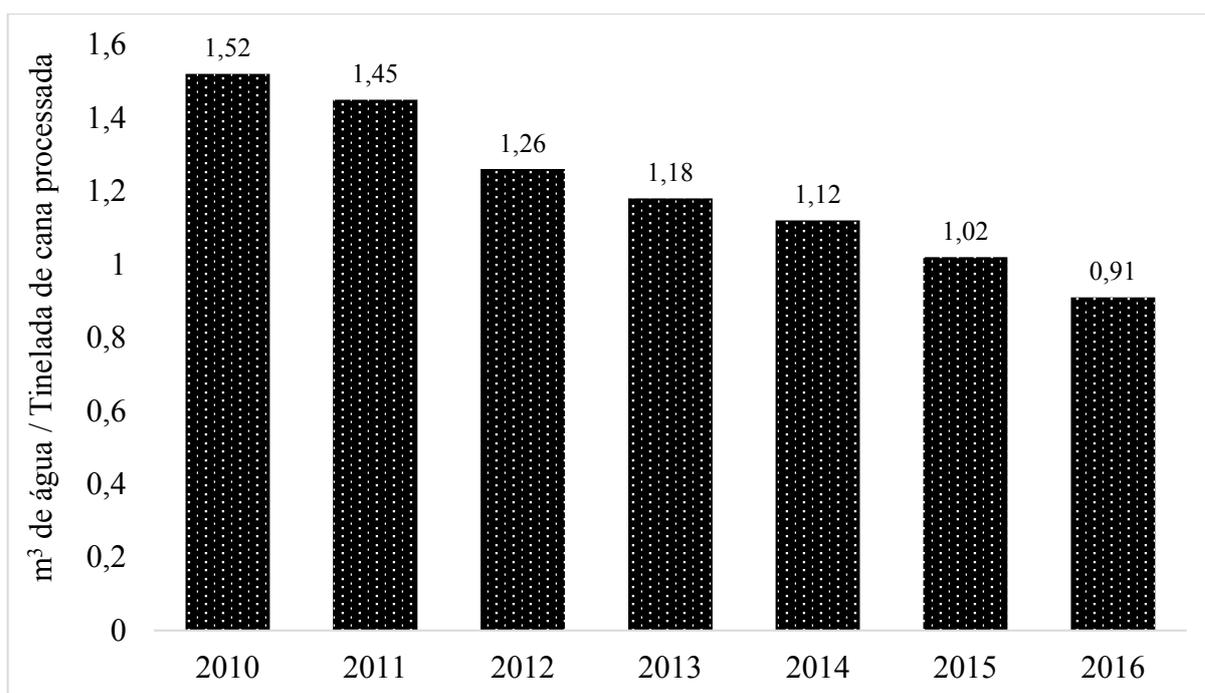
Em cultivos comerciais de cana de açúcar são utilizados resíduos do processo produtivo de etanol e açúcar tais como a vinhaça e a torta de filtro. A vinhaça é um subproduto da produção do etanol, butanol e aguardente, conhecida também como vinhoto, sendo

produzidos geralmente de 10 a 18 litros de vinhaça para cada litro de etanol (REZENDE, 1984). É constituída principalmente por matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K, Ca e Mg (ROSSETTO, 1987). A vinhaça pode ser utilizada como fertilizante e possui como vantagem ser substituinte da adubação mineral e ainda fornecer água para a cana-de-açúcar nos períodos de seca (RESENDE, et al., 2006).

A torta de filtro é obtida nos filtros rotativos após extração da sacarose residual da borra. Sua composição varia de acordo com a variedade da cana, tipo de solo, maturação da cana, processo de clarificação do caldo e etc. Possui fósforo orgânico e sua liberação acontece aos poucos por mineralização e por ataque de microrganismos no solo, sua aplicação mostrou-se eficiente no fornecimento de fósforo para a cana-de-açúcar (DIANRDO-MIRANDA et al. 2010).

Quando se fala em emissão de gases que potencializam o efeito estufa, a cana-de-açúcar tem importância estratégica, pois durante seu desenvolvimento vegetativo a planta retira através do processo fotossintético via C4 sendo esta altamente eficiente CO_2 da atmosfera. A Figura 1. mostra a redução da demandada de água pelo setor sucroenergetico a partir da proibição da queima da cana-de-açúcar.

Figura 1 – Redução no consumo de água nas usinas de cana-de-açúcar pós proibição de queimadas

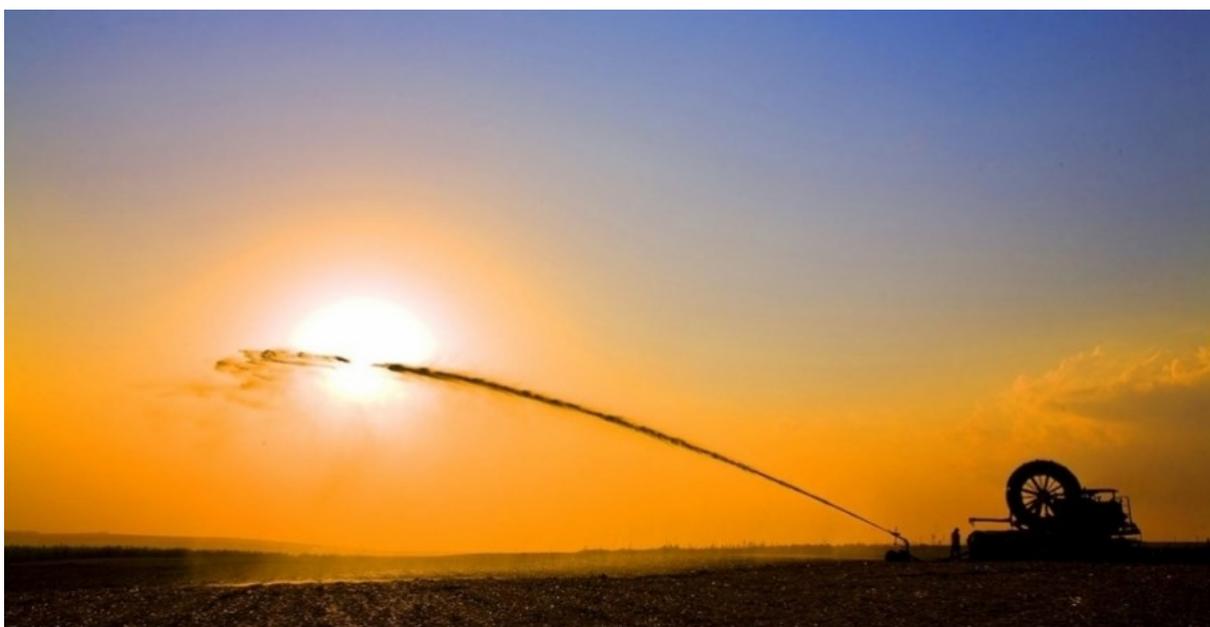


Fonte: Adaptado de Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, 2017.

Ressalta-se também o etanol que reduz o consumo de petróleo e a consequente emissão de gases de combustão (Hidrocarbonetos). Outro fator que contribuiu para o saldo positivo no balanço de carbono foi a proibição da prática da queima da cana-de-açúcar, que além de reduzir as emissões de CO₂, também levou a redução no consumo de água para lavagem e processamento da tonelada de cana.

A utilização responsável e consciente da vinhaça é tida como prática vantajosa diante as esferas ambientais e produtivas, dado que possibilita a reciclagem de resíduos industriais ao mesmo tempo em que oportuniza o incremento de fertilidade do solo, redução da captação de água para irrigação, redução do uso de fertilizantes químicos e custos decorrentes (LOFRANO et al., 2016). Neste sentido, a utilização de vinhaça em lavouras, em especial no setor canavieiro, pode resultar em muitos ganhos, seja o incremento de produção da cultura em si ou até mesmo benefícios sociais e econômicos em virtude o potencial poluidor deste subproduto (GIACHINI; FERRAZ, 2009). Como apresentado na Figura 2, cuja aplicação visa minimizar a utilização de fertilizantes químicos, bem como garantir incrementos na produtividade de cana-de-açúcar.

Figura 2 – Aplicação de vinhaça e água residuária na agricultura



Fonte: CANAONLINE, 2019.

Pode-se dizer, portanto, que a quantidade de carbono orgânico presente no solo mantém relação direta com a taxa de adição de resíduos orgânicos (CANELLAS et al., 2003). O estudo de Doelsch et al. (2009), por exemplo, teve como objetivo avaliar o efeito da fertirrigação com vinhaça por um período de nove anos. Notaram a partir deste estudo, que a maior mineralização de Matéria Orgânica do Solo (MOS) ocorreu devido à elevada concentração de nutrientes presentes na vinhaça. A Figura 2. traz a aplicação vinhaça em uma área de cultivo de cana-de-açúcar tipo Hidro roll.

Ao que diz respeito ao aumento da matéria orgânica do solo, Bebé et al. (2009) afirmam que a aplicação de vinhaça possibilita a melhoria nas propriedades físicas do solo, teores de cálcio, magnésio e potássio. Neste mesmo sentido, Barros et al. (2010) corroboram com tal hipótese uma vez que sua pesquisa teve como escopo a investigação do efeito da aplicação da vinhaça sobre as propriedades químicas de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar durante 10 anos. Após as análises de pH, matéria orgânica do solo e teores de nutrientes das amostras, verificou-se que a adição de vinhaça à lavoura de cana-de-açúcar, durante dez anos, alterou as propriedades químicas do solo, sendo observado incremento de matéria orgânica e de teores de macronutrientes. Portanto, os resultados apresentados mostraram que a aplicação de vinhaça aumenta a fertilidade do solo destinado ao cultivo de cana-de-açúcar. Canellas et al. (2003) avaliaram a adição de vinhaça sobre as propriedades químicas de um Cambisol sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. O manejo da cana crua com adição de vinhaça proporcionou aumento dos teores de macro e micronutrientes, quando comparados ao manejo de cana-de-açúcar queimada e sem adição de vinhaça, respectivamente. Na camada superficial do solo (0-0,20 m), o teor de carbono foi de 13,13 g/kg na cana queimada, 22,34 g/kg na cana crua, 15,71 g/kg na cana sem adição de vinhaça e 18,33 g/kg na cana que anualmente recebeu a aplicação de vinhaça. Deste modo, a melhora nos atributos químicos do solo favoreceu a formação de substâncias húmicas, neste estudo.

A demanda por altas produções e a maior produtividade de cana-de-açúcar fez com que a vinhaça, considerada como resíduo e/ou subproduto da matéria-prima original, ganhasse importância (BARBOSA, 2010), visto que existem hipóteses de que a utilização da vinhaça em valores excessivos pode ser responsável por tornar o solo improdutivo, além de atingir aquíferos, o que pode acarretar em prejuízos, tanto em termos produtivos, quanto para todo o ecossistema (CRUZ et al., 2008). Tal fato pode ser explicado em virtude a quantidade de matéria orgânica contida em um efluente, sendo que esta pode estar relacionada a problemas de poluição do meio aquático, por meio da diminuição dos teores de oxigênio dissolvido (CRUZ et al., 2008).

A contaminação do solo com a utilização da vinhaça foi avaliada por Silva, Griebeler e Borges (2007), que garantem que altas doses deste resíduo podem comprometer a qualidade da cultura e, conseqüentemente no caso da cana-de-açúcar, a produção de açúcar. Além destes, a salinização do solo e poluição do lençol freático também podem ser ocasionados a partir da aplicação de vinhaça. O efeito da aplicação de diferentes doses de vinhaça na da cana-de-açúcar foi investigado por Stupiello et al. (1977), que observaram a diminuição no teor de pureza do caldo, sacarose e Brix, bem como incremento nos teores de cinza no caldo, e açúcares redutores. De acordo com estes mesmos autores também, a aplicação de altas doses de vinhaça poder aumentar o teor de potássio e amido no caldo, prejudicando a qualidade do produto.

Há décadas que os resíduos advindos das atividades humanas vêm sendo aplicados na agricultura (HOROWITZ et al., 1985). No entanto, tal utilização tem se tornado cada vez mais progressiva. Neste sentido, a sociedade vem se preocupando com o meio ambiente e, portanto, leis para a normatização do uso desses resíduos, como a vinhaça, por exemplo, têm sido elaboradas. O Decreto de Lei Federal n. 303/1967 proibiu o lançamento e a poluição das águas superficiais por resíduos líquidos, sólidos ou de qualquer estado da matéria provenientes de atividades industriais, comerciais, agropecuárias, domiciliares e públicas (QUEIROZ, 2017). Diante desse contexto e alinhado à toxicidade de alguns componentes contidos na vinhaça, GRANATO apud Lofrano (2016, p.31) traz que:

“O Código Penal Brasileiro, diversas Leis Estaduais e Portarias vetam a pratica de descarte desse resíduo em leitos d’água. Especialmente, a Portaria n° 322, publicada em novembro de 1978, pelo Ministério do Interior, que proíbe o lançamento direto e/ou indireto da vinhaça, em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias. Essa também obriga as indústrias sucroalcooleiras a apresentarem projetos para implementação de sistemas que utilizem de modo racional a vinhaça e as águas residuais geradas pela fabricação do etanol ou ainda sistemas para tratamento desse resíduo (GRANATO, 2003)”.

A resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece, ainda, as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Nos artigos 4º e 5º dessa mesma resolução ficam estabelecidas as condições de lançamento de efluentes e os padrões de lançamento de efluentes, respectivamente (CONAMA, 2005).

Ainda ao que tange a utilização da vinhaça para fins de fertirrigação, vale ressaltar que o uso da vinhaça *in natura* no solo supre os nutrientes que as plantas necessitam, podendo ainda aumentar a produtividade agrícola da cultura instalada (QUEIROZ, 2017, p. 14). No entanto, a utilização desenfreada e irracional deste produto fez com que a norma Técnica da CETESB (2006) determinasse condições quanto às restrições de aplicação, tais como:

- Não estar contida no domínio das Áreas de Preservação Permanente (APP) ou de reserva legal, nem nos limites da zona de amortecimento definidos para as Unidades de Conservação de Proteção Integral;
- Não estar contida no domínio de área de proteção de poços;
- Não estar contida na área de domínio das ferrovias e rodovias federais ou estaduais;
- Estar afastada, no mínimo, 1000 metros dos núcleos populacionais compreendidos na área do perímetro urbano;
- Estar afastada, no mínimo, seis metros das APP's, e com proteção por terraços de segurança;
- A profundidade do nível d'água do aquífero livre, no momento de aplicação de vinhaça deve ser, no mínimo, de 1,50 m;
- A concentração máxima de potássio não poderá exceder 5% da CTC. Quando este limite for atingido, a aplicação ficará restrita à reposição desse nutriente em função da extração média pela cultura, que é de 185 kg de K₂O por hectare por corte.

As medidas legislativas vistas acima têm como objetivo o controle de utilização da vinhaça para fins de fertirrigação como forma de amenizar e/ou evitar os malefícios que são causados por sua aplicação indiscriminada nas lavouras (QUEIROZ, 2017). Por esta razão, ressalta-se a importância de estudos cujo interesse concentra-se na avaliação dos efeitos da aplicação da vinhaça no canavial.

No caso da torta de filtro, González et al., (2014) observaram que a aplicação de torta de filtro é capaz de promover efeito positivo no solo, ou seja, contribuindo para o incremento de fungos e micro-organismos solubilizadores de fosfato. Neste sentido, de acordo com Rosset, Schiavo e Atanázio (2014), a aplicação de torta de filtro junto à vinhaça aumenta essa microfauna do solo devido esses produtos aumentarem principalmente a quantidade de matéria orgânica do solo, pode acarretar no aumento de estoques de carbono orgânico total e frações húmicas no solo, o que auxilia na qualidade química e física de solos cultivados com cana-de-açúcar.

Muitas pesquisas em cultivo convencional são feitas com a utilização dos resíduos da cana-de-açúcar, o que tem mostrado grande eficiência para a produção das culturas, em geral.

Vale ressaltar, porém, que outros nutrientes como o magnésio, cálcio, alumínio e fósforo necessitam estar em equilíbrio para das condições vegetativas ótimas à planta de cana-de-açúcar e vinhaça e torta- de- filtro são ricos em potássio e fósforo respectivamente (RODELLA; ZAMBELLO JÚNIOR; ORLANDO FILHO, 1983).

No Estado de São Paulo conforme SMA 88 de 2008, vários são os fatores que são estudados para a instalação ou ampliação das Usinas, e um deles é o porte e/ou alteração das atividades das usinas. Existe a necessidade de instrumentos prévios de análise que incluem estudos como Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para submissão e aprovação do sistema ambiental do Estado.

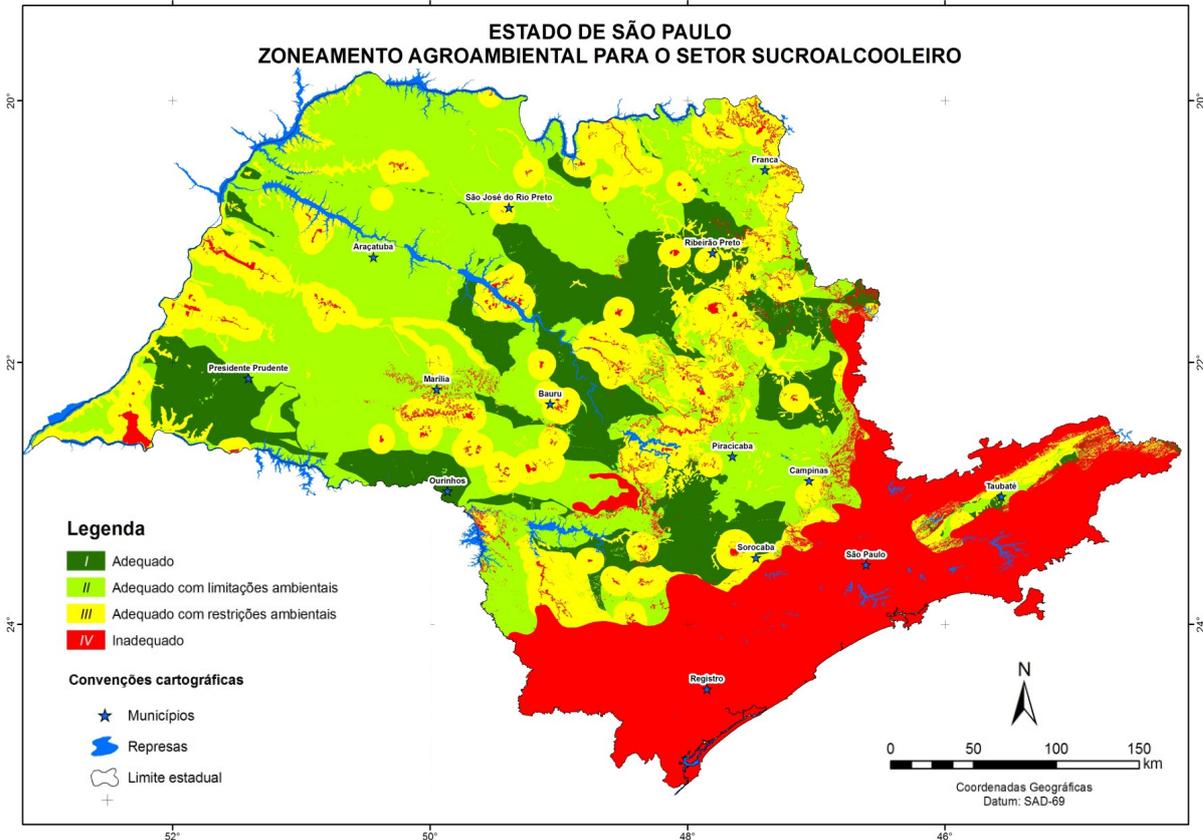
Segundo SMA 88 (2008), define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo e considera um Zoneamento Agroambiental para o setor, classificando regiões no Estado de São Paulo onde é permitido o plantio da cana de açúcar e o tipo de Estudo Ambiental a apresentar. A Figura 3 mostra o mapa do zoneamento agroambiental para o estado de São Paulo.

De acordo com o Etanol Verde (2018), para o Zoneamento Agroambiental do setor sucroalcooleiro Estado de São Paulo para classificação, foram estabelecidas quatro classes de áreas com diferentes graus de aptidão agroambiental:

- Áreas adequadas: correspondem ao território com aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar e sem restrições ambientais específicas,
- Áreas adequadas com limitação ambiental: correspondem ao território com aptidão edafoclimática favorável para cultura da cana-de-açúcar e incidência de áreas de Proteção Ambiental (APA). Também faz parte áreas de média prioridade para incremento da conectividade, conforme indicação do Projeto BIOTA Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); e as bacias hidrográficas consideradas críticas;
- Áreas adequadas com restrições ambientais: correspondem ao território com aptidão edafoclimática favorável para a cultura da cana-de-açúcar e com incidência de zonas de amortecimento das Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI). Sendo áreas de alta prioridade para incremento de conectividade indicadas pelo Projeto BIOTA da FAPESP; Áreas de alta vulnerabilidade de águas subterrâneas do Estado de São Paulo;
- Áreas inadequadas: correspondem às Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) Estaduais e Federais; aos fragmentos classificados como de extrema importância biológica para conservação, indicados pelo projeto BIOTA da FAPESP para a criação de UCPI; às Zonas de Vida Silvestre das APAs; às áreas com restrições edafoclimáticas para cultura da

cana-de-açúcar e às áreas com declividade superior a 20%. A Figura 3 traz o zoneamento agroambiental do Estado de São Paulo para cultivo de cana-de-açúcar.

Figura 3 - Mapa de zoneamento agroambiental do Estado de São Paulo



Fonte: Etanol Verde (2018).

3.3 GERAÇÃO DE EFLUENTES EM USINAS DE AÇÚCAR E ALCOOL

A geração de resíduos líquidos na indústria sucroenergética é oriunda das varais atividades industriais, por exemplo, oriundos da limpeza de equipamentos, do sistema de evaporadores de caldo de cana-de-açúcar, do processo de limpeza dos cozedores de massas, da lavagem das resinas catiônicas e aniônicas das estações de tratamento de água para as caldeiras, das purgas de circuitos de resfriamento em condensadores, purgas do sistema de retentores chamados de lavadores de gases, da chaminé das caldeiras, e também da sobra de águas condensadas e de lavagem de pisos (PIACENTE, 2005).

A vinhaça é um subproduto da produção do etanol, conhecida também como vinhoto, sendo produzidos geralmente de 10 a 18 litros de vinhaça para cada litro de etanol, é oriunda

do processo de destilação do vinho nas colunas de destilação, onde há a separação da vinhaça do etanol. Sua constituição média é de 93% de fase líquida e 7% de sólidos em suspensão (orgânicos e minerais), basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K, Ca e Mg (ROSSETTO, 1987).

Apresenta coloração cor marrom escura devido a presença de pigmento castanho escuro, denominado melanoidina e também de compostos fenólicos, açúcares e melanina. A vinhaça tem por característica apresentar na sua composição substâncias altamente recalcitrantes, que em processos convencionais de tratamento biológico de efluentes, devido às suas propriedades antioxidantes causam toxicidade aos microrganismos (LIMA et al., 2016).

Inúmeros tratamentos a vinhaça foram propostos nos últimos anos, porém até o momento a maioria das usinas sucroenergéticas a utilizam na fertirrigação. A vinhaça apresenta valores significativos de nutrientes e de água, o que a torna alternativa viável de adubação sustentável, seu uso possibilita economia com fertilizantes e aumento da produtividade do canavial (ALVES et al., 2019).

3.4 AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

O impacto que as atividades agrícolas modernas exercem sobre a qualidade das águas subterrâneas ficou conhecido durante a década de 1970. No entanto, na época, acreditava-se que tal impacto estava restrito à utilização de fertilizantes, especialmente em virtude da composição em nitrogenados (FOSTER; VENTURA; HIRATA, 2003).

Também chamados de agroquímicos, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, venenos, entre outras definições, os agrotóxicos são conhecidos pela evidente toxicidade das moléculas que compõem os produtos, trazendo problema para a população e meio ambiente (SILVA; CAMPOS; BOHM, 2013). Neste contexto, a utilização indiscriminada destes produtos químicos pode causar danos, tais como: contaminação de solos, da atmosfera, das águas superficiais e subterrâneas, trazendo como consequência efeitos negativos em organismos terrestres e aquáticos, intoxicação humana por meio do consumo de água e alimentos contaminados e intoxicação ocupacional de trabalhadores e produtores rurais (SPADOTTO, 2006).

Os agrotóxicos ocupam uma posição singular ao que tange as substâncias químicas sintetizadas pelo homem (OLIVEIRA FILHO; LIMA, 2002). Neste ensejo e de modo similar aos adubos, os agroquímicos podem contaminar os solos e os ambientes hídricos dependendo das propriedades intrínsecas que os compõem, bem como as características do solo ou até mesmo

o método de aplicação e quantidades de produto que foram aplicadas. Para tanto, conforme Oliveira Filho e Lima (2002, p. 28): ‘na avaliação dos riscos para o meio ambiente, devem ser realizados estudos sobre o destino e a persistência do agrotóxico e seus produtos de degradação, a hidro e a lipossolubilidade, a adsorção no solo, os processos de degradação biótica e abiótica, a bioacumulação e, também, a investigação da toxicidade para organismos do solo e da água.

Os ambientes aquáticos podem ser atingidos pelos produtos químicos utilizados na agricultura sob diversas maneiras, sendo elas: a) pela aplicação direta do produto sobre os cursos d’água, visando ao controle de plantas aquáticas (macrófitas), algas ou moluscos vetores de doenças; (b) pelo processo de deriva, resultante da aplicação de produtos na lavoura; (c) pelo transporte via infiltração no solo até as águas subterrâneas; ou d) pelo escoamento superficial. Ao atingir um ambiente aquático, alguns impactos negativos podem ser citados, tais como: redução da biodiversidade local, cadeia alimentar prejudicada, acúmulo de sedimentos ocasionando na contaminação da água e alimentos irrigados. Vale ressaltar neste sentido que a toxicidade é uma propriedade particular de cada substância química, podendo ser expressa por meio de efeitos agudos, observados em curto período depois da exposição ou crônicos, constatado após longo tempo de exposição (OLIVEIRA FILHO; LIMA, 2002, p. 29).

Sob um enfoque particular, a exploração canavieira é grande consumidora de agroquímicos, tendo muitas aplicações em toda a área agrícola brasileira (VITTI; MAZZA, 2002; RODRIGUES et al., 2013). Apesar de a cana-de-açúcar ser altamente eficiente no acúmulo de matéria vegetal, a brotação e o crescimento inicial das soqueiras são relativamente lentos, o que favorece a proliferação de plantas invasoras (PROCÓPIO et al., 2003). Neste sentido, a flora infestante das lavouras canavieiras é bastante específica se comparada à de outras culturas, e as espécies do grupo das gramíneas (*Poaceae*), de maneira geral, são as mais difíceis de serem controladas quimicamente, por apresentarem alta semelhança genética com a planta cultivada (LORENZI, 1988).

A classificação dos agrotóxicos em relação a sua periculosidade é descrita por Braibante e Zappe (2012), em classes que vão de I a IV, sendo: produtos altamente perigosos ao meio ambiente (Classe I), como a maioria dos organoclorados; produtos muito perigosos ao meio ambiente (Classe II), como o malation; produtos perigosos ao meio ambiente (Classe III), como o carbaril e o glifosato; e produtos pouco perigosos ao meio ambiente (Classe IV), como os derivados de óleos minerais. Neste sentido, a vasta aplicação de agrotóxicos na agricultura, em especial à cultura da cana-de-açúcar, pode acarretar em efeitos negativos ao meio ambiente (Tabela 1).

De acordo com um estudo realizado pela *Kleffmann group* no ano de 2016 estas moléculas (clomazone+Diuron+hexazinona) foram as mais utilizadas nas soqueiras de cana-de-açúcar no Brasil. Tais moléculas são muito utilizadas nas fases de plantio e soqueira, pois possuem um controle bastante eficaz para monocotiledôneas e dicotiledôneas que interferem negativamente no desenvolvimento do canavial, prejudicando a sua produtividade agrícola final.

Os agrotóxicos também podem ser classificados quanto à finalidade e quanto ao modo de ação (ingestão, contato, microbiano e fumegante) sendo possível o enquadramento em mais de uma classe. Quanto à origem, a divisão envolve os compostos inorgânicos (compostos de mercúrio, bário, enxofre e cobre), os pesticidas de origem vegetal, bacteriana e fúngica (piretrinos, antibióticos e fitocidas) (CAVALHEIROS, 1993). Além da proximidade dos corpos de água da área tratada com produtos químicos, outros fatores também estão relacionados à contaminação, sendo elas: características técnicas de aplicação do produto, composição física e química, solo, clima, topografia e ao manejo da área (SANTOS; CORREIA; BOTELHO, 2013).

Segundo Procópio et al. (2003), é primordial manter a lavoura de cana livre de plantas daninhas até o fechamento das entrelinhas, que varia de 60 a 90 dias após o início da brotação.

Matallo et al. (2003) pesquisaram sobre a lixiviação dos herbicidas tebutiuron e diuron em colunas de solo. Nesta pesquisa, o método analítico utilizado para determinação dos resíduos desses produtos na água foi à cromatografia a líquido de alta eficiência (CLAE), após extração por agitação com diclorometano: isopropanol (9:1). Os resultados mostraram maior lixiviação de ambos os produtos em Neossolo (quando comparados ao Latossolo), sendo a do Tebutiuron mais acentuada. Ainda sobre o trabalho de Matallo et al. (2003), o teor de matéria orgânica dos solos citados determinou a capacidade de lixiviação dos herbicidas, retardando o aparecimento do Diuron nas análises cromatográficas. Vale pontuar, porém, que tanto o Tebutiuron como o Diuron aplicados na superfície de Neossolo Quartzarênico e de Latossolo Psamítico lixiviam através da camada de 50 cm.

Reforçando os argumentos supracitados, a sorção e dessorção influenciam o destino e movimentação dos herbicidas no perfil do solo, que são fundamentais para a dinâmica dos herbicidas aplicados em pré-emergência. Para herbicidas de elevada capacidade absorptiva, o conteúdo de matéria orgânica (MO) do solo é muito importante para definir a intensidade de lixiviação e/ou de disponibilização do ingrediente (CARTER, 2000).

A percolação da água varia de intensidade em função do tipo de terreno percorrido. Algumas formações apresentam vazios relativamente importantes e contínuos, facilitando assim o fluxo descendente. Entretanto, se encontrar camadas menos permeáveis, a água será retardada

e, eventualmente, preencherá todos os interstícios da região sobrejacente, formando zonas saturadas, que recebem a designação de lençóis subterrâneos.

Se tratando dos herbicidas, a dinâmica destes produtos no ambiente e o seu efeito residual na lavoura são condicionados por propriedades físico-químicas do produto (solubilidade, absorvidade aos colóides do solo, volatilidade e degradabilidade), condições climáticas no momento da aplicação e no decorrer da persistência do herbicida no solo (precipitação pluvial, temperatura e luminosidade) e fatores edáficos (disponibilidade de água no solo, granulometria e teor de matéria orgânica), e essas interações determinam a eficiência de controle de plantas daninhas e de seletividade para a espécie cultivada (CHRISTOFFOLETI; LOPEZ-OVEJERO, 2005).

A Tabela 1 mostra os principais produtos químicos utilizados no processo produtivo da cana-de-açúcar.

Tabela 1. Principais insumos químicos utilizados na produção da cana-de-açúcar

DESCRIÇÃO PRODUTO	UN	DOSE	DESCRIÇÃO PRODUTO	UM	DOSE
Inseticida Regente	kg	0,25	Herbicida Hexazinona Dnortox-	Kg	1,7
Espalhante Tensor Plus	L	0,3	Herbicida Callisto-	L	0,25
Fungicida Evos (Azoxistrobina)	L	1	Herbicida Carbendazim	L	1
Fungicida Nativo	L	1	Herbicida Coact	Kg	0,126
Fungicida Priori Xtra	L	1	Herbicida Flumizim 500	Kg	0,25
Fungicida Oxiquímica Difere	L	1,5	Inseticida Actara 750 Sg	Kg	0,3
Herbicida Tebutiuron	L	1,7	Inseticida Ampligo	L	0,15
Herbicida Ametrina	L	3,5	Inseticida Curbix	L	2
Herbicida Gamit 360	L	3,2	Inseticida Engeo Pleno	L	2
Herbicida Volcane	L	1,2	Inseticida Evidence	kg	1,5
Herbicida Boral	L	1,7	Inseticida Certoiro	L	0,08
Herbicida Gamit Star	L	1,2	Inseticida Mirza	L	0,08
Herbicida Glifosato Trop	L	5	Inseticida Mimic Ihara	kg	0,4
Herbicida 2.4-D	L	1,2	Inseticida Diamante	L	2,2
Herbicida Advance/Jump	kg	2,7	Inseticida Talisman	L	5

UN - Unidade

Fonte: Autor (2019).

Os herbicidas aplicados em pré-emergência e/ou em pós-emergência citados na Tabela 1, são ferramentas tecnológicas muito importantes, por apresentarem elevada eficiência de controle das ervas daninhas que causam uma redução de produtividade agrícola se não forem combatidas com o custo relativamente baixo, já que a carpa manual possui um rendimento baixíssimo e eleva o custo de aplicação, além de colocar o colaborador em uma situação desconfortável (SILVA et al., 2005).

A água infiltrada em um perfil de solo (subterrânea) possui uma dinâmica própria que irá depender do tipo de aquífero, podendo sofrer constantes recargas (como de chuvas e corpos hídricos), bem como a interferência direto-indireta de ações antrópicas (RIBEIRO et al., 2007). Quando um lençol subterrâneo é estabelecido em uma formação suficientemente porosa capaz de admitir uma quantidade considerável de água e permitir seu escoamento em condições favoráveis para utilização, recebe o nome de aquífero. Em contrapartida, quando o lençol subterrâneo apresenta uma superfície livre, recebe a designação de lençol freático ou aquífero livre e a superfície livre, onde predomina a pressão atmosférica, é conhecida como superfície freática.

Aquífero confinado é um aquífero constituído entre camadas impermeáveis sendo a pressão da água no topo maior do que a pressão atmosférica. As áreas de recarga dos aquíferos confinados são aquíferos livres por meio dos quais os excessos de água de chuva conseguem penetrar por infiltração (PINTO, 1980). Nesse sentido, os aquíferos e as precipitações são os responsáveis pelo abastecimento hídrico dos canais. Já a percolação se trata do deságue do recurso água que não é drenado pelo solo para rios e córregos. Assim, a configuração entre o uso de defensivos e a absorção destes se torna um importante passo para a estruturação de um canal produtivo e ambientalmente sustentável.

Os muitos processos agrícolas para a obtenção de uma matéria prima de qualidade requerem cuidados. Dentre estas operações, destaca-se a aplicação de defensivos, deve, no entanto, ser tratada com cautela. O uso demasiado de substâncias nocivas ao meio ambiente em doses não regulamentada por órgão competente é um fator que sofre forte embate entre órgãos ambientais e à classe produtora.

3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Atualmente, leis e decretos ambientais punem empresas e agricultores que não cumprem medidas de proteção ao meio ambiente em consonância à aplicação de produtos

químicos. No entanto, existe ainda a deficiência política na fiscalização, porém com maior combate pelos órgãos responsáveis (LADEIRA; MAEHLER; NASCIMENTO; 2012), haja vista que a utilização de agrotóxicos de maneira indiscriminada, pode provocar inúmeros impactos negativos para o meio ambiente. Dentre estes danos, pode-se citar a degradação ambiental localizada causada pelos resíduos tóxicos, bem como o impacto sobre as águas e redondezas que envolvem a cultura agrícola (MORAIS; JORDÃO, 2002).

É nesse sentido que a discussão sobre as ações feitas pelos órgãos responsáveis busca, em primeiro plano, a conscientização do produtor. Para tanto, a falta de conhecimento teórico sobre o que está envolvido na utilização de produtos químicos de forma incorreta, é um relevante ponto para o crescente número de casos de intoxicações e danos ambientais.

Estudos já revelaram a possibilidade de contaminação ocupacional por agrotóxicos, o que aumenta a pressão social para o combate e visão altamente negativos sobre o uso produtos químicos. Todavia, faz-se necessário compreender que tais produtos são, de fato, importantes para o manejo produtivo de culturas agrícolas (GARCIA; ALMEIDA, 1991; FARIA et al., 2000).

Os recursos hídricos agem como integradores dos processos biogeoquímicos de qualquer região. Deste modo, quando os agrotóxicos são aplicados, os recursos hídricos, sejam superficiais ou subterrâneos, são os principais destinos destes agroquímicos. Fica claro, portanto, mostrados a partir de diversos estudos que o uso de produtos tóxicos a saúde humana é prejudicial quanto estes são utilizados de maneira irregular. Porém, trabalhos que avaliam como, de fato, ocorrem tais impactos ainda são escassos, o que significa maior necessidade dos setores acadêmicos e produtivos na investigação por este objeto de pesquisa.

Um estudo realizado pela “Repórter Brasil, Public Eye e Agência Pública revelou que foram encontrados agrotóxicos na água que abastece mais de 2.300 cidades brasileiras no período compreendido entre 2014 e 2017. Além disto, por meio da elaboração de um “mapa” é possível descobrir quais produtos químicos foram utilizados além dos limites considerados seguros. Deste modo, um conjunto que mistura diferentes agrotóxicos foi encontrado na água de 1 em cada 4 cidades do Brasil entre 2014 e 2017. Por fim, os números traduzem que a contaminação da água está aumentando de forma constante. Em 2014, por exemplo, 75% dos testes realizados identificaram a presença de agrotóxicos (ZION MARKET RESEARCH, 2019).

Vale ressaltar que, ao que tange o estudo realizado sobre a água brasileira contaminada, a panorâmica nacional encontra-se negativa, dado que: “entre os agrotóxicos encontrados em valores superiores a 80% dos testes, cinco foram classificados como “prováveis cancerígenos”

pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e seis apontados pela União Europeia como causadores de disfunções endócrinas, o que gera diversos problemas à saúde, como a puberdade precoce. Ainda: de 27 pesticidas na água brasileira, 21 estão proibidos na União Europeia devido aos riscos que oferecem à saúde e ao meio ambiente, sendo que dos 5.570 municípios brasileiros, 2.931 não realizaram testes na sua água entre 2014 e 2017 (POR TRAS DO ALIMENTO, 2019). Deste modo, o perigo é que a combinação de substâncias acarrete em novos efeitos negativos à saúde humana, como explica a química Cassiana Montagner: “Mesmo que um agrotóxico não tenha efeito sobre a saúde humana, ele pode ter quando mistura com outra substância [...] a mistura é uma das nossas principais preocupações com os agrotóxicos na água” (ZION MARKET RESEARCH, 2019).

Quando questionados sobre quais medidas estão sendo tomadas, o Ministério da Saúde enviou respostas por e-mail reforçando que “a exposição aos agrotóxicos é considerada grave problema de saúde pública” e pontuou possíveis efeitos nocivos, tais como “puberdade precoce, aleitamento alterado, diminuição da fertilidade feminina e na qualidade do sêmen; além de alergias, distúrbios gastrintestinais, respiratórios, endócrinos, neurológicos e neoplasias”. No entanto, essa resposta, porém, evidencia que ações de controle e prevenção só podem ser tomadas quando o resultado do teste ultrapassa o máximo permitido em lei, entretanto, o mais preocupante gira sobre o fato de que o Brasil ainda não tem um limite fixo para regular a mistura de substâncias e diante este contexto, as análises anteriormente citadas acima constaram que apenas 0,3% dos casos detectados de 2014 a 2017 ultrapassaram o nível considerado seguro para cada substância (ANVISA, 2019).

O Diuron, um dos principais herbicidas usados pelo setor canavieiro, foi detectado em todos os testes feitos na água dos mananciais das regiões do Estado de São Paulo, de acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2017). Além disto, vale pontuar que esta substância é uma das apontadas como provável cancerígena pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

A organização Public Eye classificou os dados gerados pelo Ministério da Saúde e puderam trazer que alguns dos agrotóxicos mais perigosos utilizados nas lavouras brasileiras tem os limites ultrapassados, quando se é comparado aos limites europeus, em mais de 20% dos testes. Dentre eles, pode-se citar o glifosato e o mancozebe, ambos associados a doenças crônicas, e o aldicarbe, proibido no Brasil e classificado pela ANVISA como “o agrotóxico mais tóxico registrado no país, entre todos os ingredientes ativos utilizados na agricultura”. Vale ressaltar assim que o glifosato é o caso mais revelador sobre as peculiaridades do Brasil na regulação sobre agrotóxicos, sendo classificado como “provável carcinogênico” pela Agência

Internacional de Pesquisa em Câncer, órgão da Organização Mundial da Saúde, o pesticida está sendo discutido em todo o mundo, entretanto, no Brasil, que oficialmente colocou a substância em revisão desde 2008, o Ministério da Agricultura liberou novos registros para a venda de glifosato no início deste ano. O pesticida passou a ser vendido em novas formas, quantidades e por um número maior de fabricantes (ANVISA, 2019).

O Brasil tem, segundo o mesmo estudo anterior, tem cerca de 500 agrotóxicos de uso permitido. Desses, 30% são proibidos na União Europeia, contudo os mesmos produtos vetados ainda são os mais vendidos. O acetato, tipo de inseticida usado para plantações de cítricos, é o terceiro da lista. Uma nota técnica da ANVISA citada no estudo de Lombardi mostra que o acetato causa a chamada “síndrome intermediária”. Entre os danos à saúde está fraqueza muscular dos pulmões e do pescoço. Desta forma, o mapa criado permite concluir que oito brasileiros são contaminados por dia, o que significa que tal intoxicação representa 2% do total de problemas de saúde que podem acometer a sociedade (ANVISA, 2019).

3.5 MÉTODOS DE CONTROLE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM LAVOURAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Não somente os resíduos obtidos a partir da produção de cana-de-açúcar, bem como os produtos químicos aplicados na condução das lavouras, podem promover modificações das propriedades físicas do solo, uma vez ocasiona a elevação da capacidade de infiltração da água no solo e, conseqüentemente, aumentar a probabilidade de lixiviação de íons, de forma a contaminar as águas subterrâneas quando em concentrações elevadas (BARBALHO; CAMPOS, 2010). Além disto, tais produtos são ainda capazes de promover a dispersão de partículas do solo, com redução da sua taxa de infiltração de água e elevação do escoamento superficial, com possível contaminação de águas superficiais (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007).

Métodos utilizados para que não ocorra o escoamento superficial das lavouras, é um preparo de solo bem feito com a utilização de subsoladores ou arado de aiveca facilitando a infiltração pluvial no solo e a aeração do mesmo. Os diferentes implementos disponíveis para o preparo do solo provocam alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada implemento trabalha o solo de maneira própria, alterando, de maneira diferenciada, estas propriedades (SÁ, 1998). Souza, Marques Júnior e Pereira (2004), destacam que o cultivo inadequado pulveriza a superfície dos solos, deixando-os mais susceptível ao processo de erosão

e propiciam a formação de impedimentos físicos logo abaixo das camadas movimentadas pelos equipamentos.

Outras técnicas utilizadas, para combater o escoamento e a lixiviação em quantidades danosas a cultura, são as curvas de nível e o terraço base larga. Deste modo, a caracterização das chuvas intensas é imprescindível para solucionar problemas como, por exemplo, o controle do escoamento superficial, em áreas rurais. A partir de então, a utilização de técnicas e modelos hidrológicos permite a caracterização e a quantificação do escoamento superficial originado de chuvas intensas utilizando-se, para tanto, hidrógrafas, que correlacionam a variação da descarga com o tempo ou se dispendo de modelos matemáticos, empíricos ou paramétricos ou mesmo modelos conceituais e determinísticos, que empregam métodos hidrológicos e hidráulicos (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010).

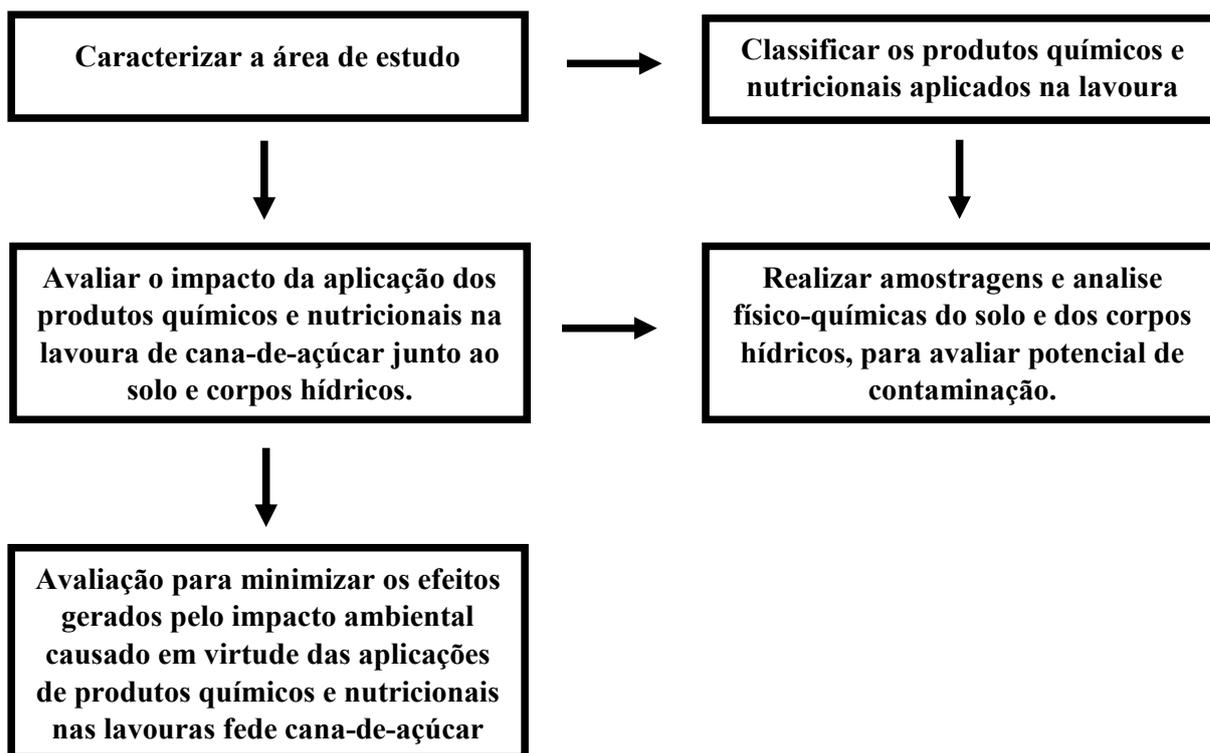
Conforme Sanches et al. (2003), para a verificação da contaminação de águas superficiais e subterrâneas, faz-se necessário a análise preliminar das características físicas e químicas dos compostos aplicados, bem como as propriedades do solo de cultivo. Deste modo, segundo os autores três procedimentos têm sido amplamente utilizados para essas avaliações, sendo eles: critérios de “Screening” da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), medida do índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas e a aplicação do Método de Goss.

O monitoramento de resíduos de produtos fitossanitários em corpos hídricos também pode ser realizado por meio de técnicas cromatográficas, responsáveis pela separação, identificação e quantificação de espécies químicas. Assim sendo, a cromatografia baseia-se na distribuição da amostra em duas fases: uma móvel e outra estacionária (SANTOS; CORREIA; BOTELHO, 2013). Vale ressaltar, porém, que a diversa variedade dos fatores ambientes os quais envolvem as práticas de manuseio de produtos químicos, tornam a predição de perdas de tais produtos e seus impactos à natureza são complexos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Na Figura 4 é apresentado o fluxograma das etapas que foram desenvolvidas no presente estudo, indicando as atividades e métodos empregados.

Figura 4 - Fluxograma das atividades desenvolvidas no presente trabalho



Fonte: Autor (2019).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para obter informações visando caracterizar a área em estudo, foram realizadas as seguintes etapas:

- Foi estabelecida uma parceria com uma Usina Sucoenergética localizada no Município de Frutal - MG, sob o intuito de justificar o interesse em desenvolver o presente estudo, e também verificar como é realizada a aplicação de produtos químicos e nutricionais junto ao solo nas lavouras de cana-de-açúcar pertencentes à usina;

- Foram realizadas visitas em campo no período de setembro de 2017 à setembro de 2018, visando conhecer a dinâmica de produção agrícola da Usina, incluindo área de produção

e tratos culturais. Também foram adquiridos todos os materiais impressos e digitais da área em estudo, visando obter conhecimento do local, incluindo dados de produção ao longo dos últimos anos. Estes dados foram fornecidos pela Usina onde foi implementado o experimento.

Assim, a caracterização da área em estudo foi realizada através de levantamentos obtidos em campo durante as cinco visitas técnicas, bem como através dos documentos impressos e digitais fornecidos pela Usina onde o experimento foi instalado.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS APLICADOS NA LAVOURA

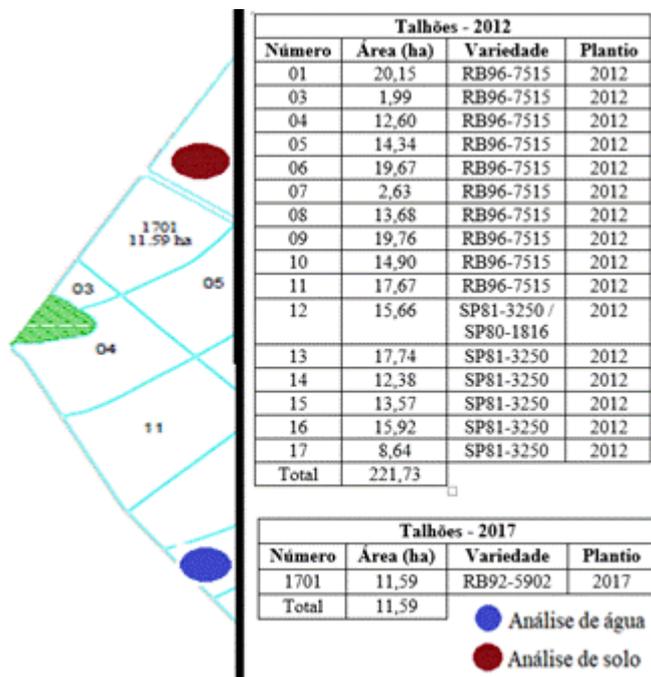
Foram realizadas visitas em campo para identificar os produtos químicos e nutricionais aplicados na área em estudo, sendo acompanhadas as etapas de aplicação destes junto a lavoura. A partir do levantamento dos produtos químicos e nutricionais aplicados, foram realizadas amostragens destes para caracterizar as suas respectivas composições. Para a vinhaça e torta com fuligem foram determinadas as suas respectivas composições nutricionais no Laboratório de Análises Agrícola Dinardo Miranda (DMLAB) situado no município de Ribeirão Preto.

4.3 REALIZAÇÃO DE AMOSTRAGENS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA AVALIAR POTENCIAIS CONTAMINAÇÕES

Com o intuito de verificar a possibilidade de contaminação do meio ambiente (solo e água) em virtude da aplicação de produtos nutricionais e químicos na lavoura de cana-de-açúcar, foram realizadas amostragens de solo e água para caracterização destas através de análises físico-químicas. Na Figura 5 são apresentados os locais onde foram realizadas coletas de amostras de solo de água na área em estudo, onde foram aplicados os produtos químicos e nutricionais convencionais.

O experimento foi realizado durante o período de setembro de 2017 a setembro de 2018 (duração de 12 meses) onde se tem o máximo do crescimento do canavial, com área de contribuição igual a 62,5 ha sendo que todo o escoamento superficial desta área é direcionado para o ponto azul da Figura 5.

Figura 5 - Mapa contendo a área em estudo onde foram coletadas amostras de água de solo e água



Fonte: Autor (2019).

A área em estudo é um típico cerrado mineiro com dois períodos bem distintos, o período de verão que corresponde à estação chuvosa e o período seco entre os meses de junho a agosto. Foram coletadas amostras de solo e água em todos os eventos chuvosos ocorridos no período de estudo. As informações pluviométricas na área foram monitoradas através de dados coletados na estação meteorológica instalada em usina sucroenergética, situada a 2 km de distância da área em estudo. Observaram-se índices pluviométricos no período analisado de 1.494,6mm. Estes dados foram importantes para verificar a correlação de infiltração e escoamento dos produtos químicos (os herbicidas aplicados na fazenda) e dos nutrientes utilizados para o desenvolvimento da cultura da cana.

Na sequência será apresentada a descrição do procedimento utilizado para coleta de água e solo de formas distintas.

4.3.1 Amostragem da água em virtude do escoamento superficial

O instrumento utilizado para a captação da amostra de água em virtude do escoamento superficial foi um reservatório de fibra com dimensões igual a um cubo perfeito de 1 m³, com capacidade de 1.000 litros de água. Este foi instalado considerando o nível de terreno, ou seja, abaixo da tendência do caminho do escoamento superficial, para assim obter-se melhor

representatividade. A amostragem de água foi retirada por um funcionário da usina, através de um coletor instalado na base do reservatório (Figura 6), após cada precipitação ocorrida, ou seja, se ocorresse duas chuvas durante o dia eram registradas amostras individuais para cada evento. Essas amostras eram armazenadas em garrafas de água mineral de 500 ml e então condicionadas na estrutura do departamento técnico da usina Sucronenergética instalada na região, em geladeira com temperatura igual a 18 °C. Ressalta-se que para realizar a coleta das amostras em garrafas de 500 ml, era sempre realizada a mistura do líquido presente dentro do reservatório de fibra visando homogeneizar a amostra. Esta mistura ocorria através de um bastão de madeira que adentrava no reservatório pela abertura na parte superior. A Figura 6 apresenta o processo de amostragem realizado em reservatório de fibra utilizado para captação de água após eventos pluviométricos.

Figura 6 - Amostragem realizada no Reservatório de Fibra de capacidade igual a 1m³ utilizado para coleta de água em virtude do escoamento superficial após eventos pluviométricos na área em estudo



Fonte: Autor (2019).

As amostras de água obtidas (Figura 7) foram enviadas para o centro de pesquisas do *Innovation Centar* da empresa Americana FMC, onde foram analisadas empregando Cromatografia a Líquido acoplada à Espectrometria de Massas de alta resolução (HPLC-

HRMS). Vale ressaltar que todas as garrafas de água foram identificadas com a data de ocorrência dos eventos pluviométricos, ou seja, cada análise corresponde a um evento de evento pluviométrico, por exemplo, no mês de setembro de 2017 teve dois dias de chuva, portanto obtiveram-se duas amostras distintas. Na Figura 7 representa a forma de acondicionamento das amostras de água coletadas.

Figura 7- Acondicionamento das amostras de água em garrafas de 500 ml, coletadas para cada evento de precipitação ocorrido na área em estudo



Fonte: Autor (2019).

Para cada período chuvoso mensal, acumula-se um volume significativo de amostras de água, estas foram misturadas obtido-se uma única amostra composta para cada mês chuvoso. Logo, foram obtidas seis (06) amostras compostas resultantes dos 6 eventos chuvoso ocorridos nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2017 e janeiro, fevereiro e março de 2018.

O material coletado foi enviado para o centro de pesquisas do *Innovation Centar* da empresa Americana FMC, onde foram analisadas empregando Cromatografia a Líquido acoplada à Espectrometria de Massas de alta resolução (HPLC-HRMS). Para avaliar o potencial de contaminação da água superficial, foi determinado as moléculas de herbicidas (diuron, hexazinona e clomazone), através de cromatografia líquida (HPLC Agilent 1200 DAD). As análises de nutrientes e matéria orgânica foram realizadas individualmente para cada amostra coletada referente a cada evento chuvoso. A determinação de macronutrientes (fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (Boro, Cobre, Manganês, Zinco e Ferro), foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica. O teor de nitrogênio foi determinado em destilador de Kjeldahl (Tecnal TE-036/1).

Ressalta-se que as análises de moléculas de herbicidas, foram realizadas nas seis (06) amostras que foram misturas. Já as análises de macronutrientes, micronutrientes e matéria orgânica foram realizadas individualmente para cada amostra coletada referente a cada evento chuvoso.

4.3.2 Amostragem do solo em virtude da percolação

A amostragem foi realizada no solo na área em estudo onde foram aplicados os produtos químicos e nutricionais. As amostras foram sempre coletadas um dia após a ocorrência do evento chuvoso com auxílio de um quadriciclo (Figura 8), sendo caracterizada a amostragem do solo em três profundidades distintas, sendo estas 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 15cm. Na Figura 8 é apresentado o Quadriciclo utilizado para deslocamento na área onde foi feita a amostragem de solo na área de estudo.

Figura 8 - Quadriciclo utilizado para deslocamento na área onde foi realizada a amostragem de solo



Fonte: Autor (2019).

Estes valores de profundidade foram determinados tendo como referência o ponto de solubilidade de cada molécula, a maioria dos herbicidas e compostos nutricionais aplicados no cultivo de cana-de-açúcar que tem por característica percolarem no solo em até a camada de 10

cm, inclusive o avaliado neste trabalho. Assim, avaliou até 15 cm para se ter margem de segurança e verificar a movimentação do composto nutricional e/ ou químico durante a percolação de água no solo.

As análises das moléculas (clomazone, diuron e hexazinona) no solo foram determinadas a partir de uma amostra composta de todas as amostras obtidas durante o período mensal do experimento para cada profundidade, tendo toda a influência da pluviosidade. Assim, mensalmente obtinha-se uma amostra composta para camada de 0 a 5 cm, uma amostra composta para camada de 5 a 10 cm e uma amostra composta para camada de 10 a 15 cm.

As amostras de solo foram coletadas 24 horas após o evento chuvoso, com auxílio de um quadriciclo. Estas foram retiradas com sistema de broca através de uma haste de aço com uma ponta de metal duro podendo ser utilizado em qualquer tipo e umidade de solo. A broca tem um formato helicoidal 7/8 polegadas de largura e 60 cm de comprimento da marca Saci. Na Figura 9 é apresentada a broca utilizada para coleta das amostras de solo.

Figura 9 - Equipamento com broca utilizado para coletar as amostras de solo na área em estudo



Fonte: Autor, 2019.

Posteriormente a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos (Figura 10) identificadas e encaminhadas posteriormente para laboratório, para serem realizadas as análises.

Figura 10 - Armazenamento das amostras de solo na área em estudo em sacos plásticos



Fonte: Autor, 2019.

O material coletado foi enviado para o centro de pesquisas do *Innovation Centar* da empresa Americana FMC, onde foram analisadas empregando Cromatografia a Líquido acoplada à Espectrometria de Massas de alta resolução (HPLC-HRMS).

Para avaliar o potencial de contaminação do solo, foram realizadas as seguintes análises nas amostras coletadas que representavam a percolação na área em estudo:

- Moléculas de herbicidas (diuron, hexazinona e clomazone) cromatografia líquida (HPLC Agilent 1200 DAD);
- Macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), Micronutrientes (Boro, Cobre, Mangânes, Zinco e Ferro) realizada em espectrofotômetro de absorção atômica e a determinação de Matéria orgânica

Das análises de macronutrientes, micronutrientes e matéria orgânica foram realizadas em cada amostra de solo coletada, para cada profundidade, referente a cada evento chuvoso. Assim, para cada evento chuvoso foram obtidas amostras de solo individuais onde foram encaminhadas para o laboratório para serem realizadas as análises de macronutrientes, micronutrientes e matéria orgânica baseado na determinação do teor de carbono orgânico total (COT) no solo.

Ressalta-se que as análises de moléculas de herbicidas no solo, foram realizadas amostras compostas para todo o período em estudo. Assim, para cada período chuvoso mensal, acumula-se um volume significativo de amostras de solo, e destas amostras foi obtida uma única

amostra composta para cada mês chuvoso. Logo, foram obtidas seis (06) amostras compostas (meses de outubro, novembro e dezembro de 2017 e janeiro, fevereiro e março de 2018) para serem encaminhadas ao laboratório visando quantificar as moléculas de herbicidas.

4.4 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE PRODUTO AGLUTINANTE (POLIMERO) JUNTO AOS PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS APLICADOS NA LAVOURA DE CANA DE AÇUCAR VISANDO REDUZIR AS POSSÍVEIS CONTAMINAÇÕES DO MEIO AMBIENTE

No presente trabalho, após avaliar as possíveis contaminações do meio ambiente em virtude da aplicação convencional dos produtos químicos e nutricionais utilizados nas lavouras de cana-de-açúcar, avaliou-se também a aplicação do produto aglutinante (polímero) junto a lavoura de cana-de-açúcar visando reduzir as possíveis contaminações do meio ambiente.

Ressalta-se que a função do polímero consiste de aglutinar as partículas nutricionais e químicas dos produtos utilizados e desta forma existe um potencial de reduzir a possibilidade de escoamento superficial e percolação (infiltração) destes materiais, reduzindo desta forma o potencial de contaminação dos recursos hídricos.

No experimento foram utilizados os mesmos produtos nutricionais (Vinhaça, Torta com Fuligem e Nitrato de Amônia) e os mesmos produtos químicos (herbicidas) utilizados no experimento descrito nos itens 4.3.1 a 4.3.2, acrescido do polímero aglutinante, sendo este: Soil Fix da empresa alemã BASF (especificação apresentada no Quadro 1).

Quadro 1 - Caracterização Química do Polímero Basf® Soilfix®, utilizado no presente trabalho para adubar a área em estudo

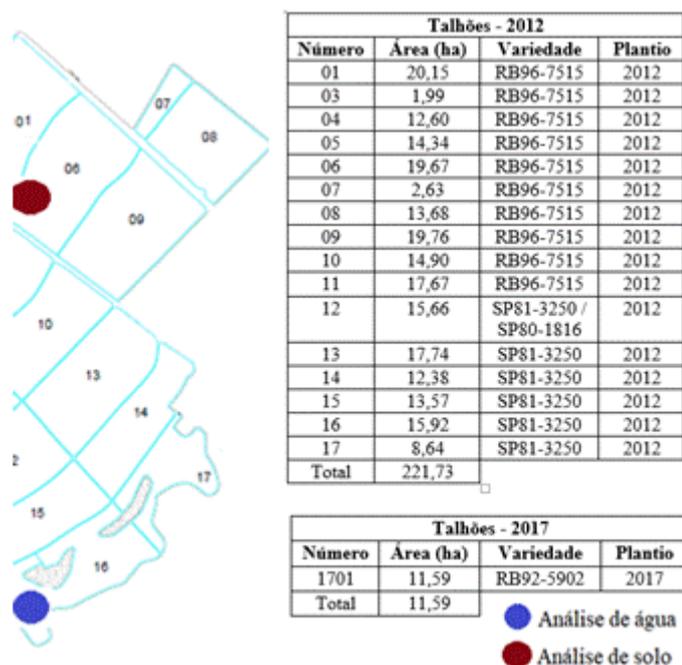
Composição e informações sobre os ingredientes	
Caracterização química	Poliacrilamida, aniônico
Ingredientes perigosos (GHS)	De acordo com os critérios da GHS (ONU). Partículas inaláveis, não especificado. Valor TWA 10 mg/m ³ (ACGIH) Não é considerado como um ingrediente que contribui para o perigo de acordo como GHS, porém, apresenta limite de exposição ocupacional

Este polímero foi aplicado com Trator com dispositivo de pulverização da marca Jhon Deere® 4730 de 245 cv. Este equipamento possui capacidade de armazenamento de combustível de 500 litros e capacidade de pulverização de 3.000 litros. A concentração utilizada no polímero foi de 1 kg/ha de área plantada.

Todas as amostragens quando da aplicação de polímero foram feitas de maneira idêntica ao citado no item 4.3 para amostras sem presença de polímero, visando verificar se a aplicação do polímero aglutinante reduziu os impactos em virtude de potenciais de contaminação. O Soilfix® tem por característica ser um condicionador de solo, um polímero absorvente e retentor de água que incorporado ao solo ou substrato, absorve e retém grandes quantidades de água e de elementos fertilizantes. É um produto bastante utilizado na cultura do eucalipto. Suas constituições são monômeras de carbono ligadas por pontes de hidrogênio, que tem a capacidade de absorver e armazenar uma enorme quantidade de solução do solo.

Foi efetuado a aplicação do produto em cerca de 111 hectares que representou 45% da área total do experimento, sendo uma área expressiva visando ter uma caracterização confiável do experimento. Na Figura 11 é apresentada a delimitação da área onde foi realizado o experimento com o uso do polímero aglutinante.

Figura 11 - Mapa contendo a área em estudo onde foram coletadas amostras de água e solo com aplicação do produto aglutinante

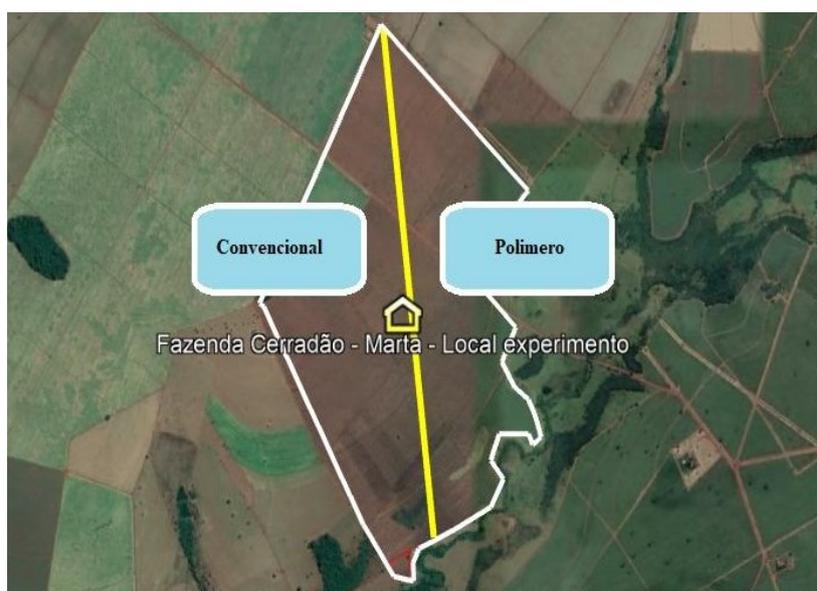


Fonte: Autor,2019.

Conforme já descrito, no presente trabalho foram realizadas amostras de água (escoamento superficial) e de solo visando identificar possíveis contaminações no meio ambiente em virtude da aplicação de produtos químicos na lavoura. Assim, foram avaliados em duas áreas distintas (Figura 12) os possíveis impactos, sendo que em uma área foram realizados

os testes somente com produtos convencionais utilizados na lavoura e em uma segunda área foi avaliada a aplicação do polímero aglutinante Soilfix® junto com os produtos convencionais, visando verificar se o produto aglutinante contribuía para a redução do carreamento dos produtos químicos utilizados na lavoura.

Figura 12 - Mapa contendo as áreas em estudo onde foram coletadas amostras de água e solo com aplicação de Produtos Químicos Convencional e com aplicação de Produtos Polímeros Aglutinantes



Fonte: Autor, 2019.

4.5 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS NA LAVOURA DE CANA-DE-AÇÚCAR JUNTO AO SOLO E CORPOS HÍDRICOS

As amostras de água e solo foram coletadas para verificar a possível contaminação no meio ambiente pela aplicação de produtos químicos e nutricionais em uma plantação de cana-de-açúcar. A síntese do experimento foi avaliar se ocorrem contaminações dos recursos hídricos através de escoamento superficial que podem transportar os produtos químicos utilizados na lavoura, bem como avaliar a movimentação dos principais nutrientes e das moléculas nas diferentes profundidades dos solos devido a percolação.

Assim, de posse dos dados das análises físico-químicas (descritas na metodologia no item 4.3) das amostras de solo e água na área em estudo, foi realizada uma avaliação do potencial de contaminação do meio ambiente em área de cultivo de cana-de-açúcar utilizando

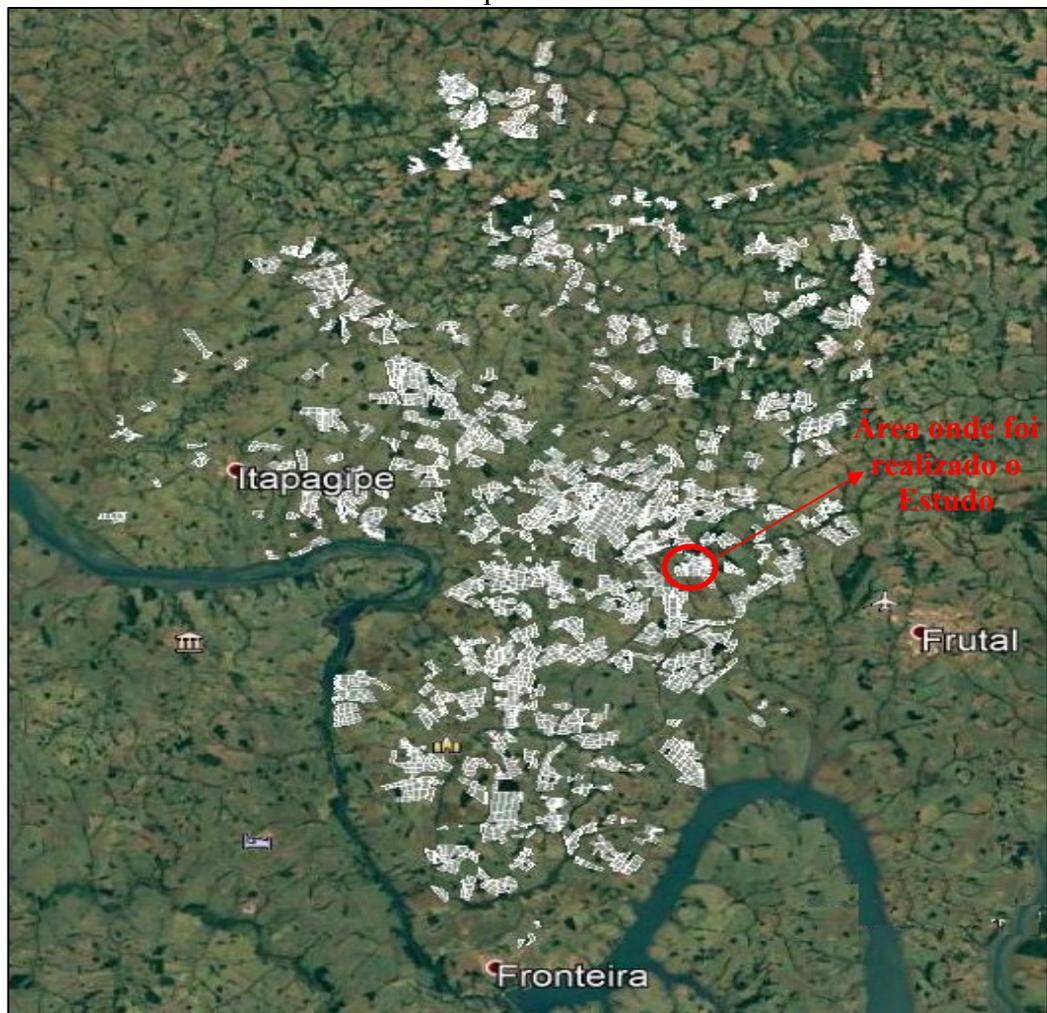
os padrões estabelecidos pela legislação vigente de acordo com BRASIL. (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado em uma propriedade produtora de cana-de-açúcar que está localizada nas coordenadas LAT – 19°56'58.5231``e LONG: -49°7'35.4061``e altitude de 514 metros no Estado de Minas Gerais. Na Figura 13 é apresentada a localização da Usina de Cana-de-Açúcar que foi objeto de estudo do presente trabalho.

Figura 13 - Área onde está situada a Usina de Cana-de-Açúcar que foi objeto de estudo do presente trabalho



Fonte: Autor, 2019.

O solo da fazenda onde foi realizado o presente estudo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico com a porcentagem de argila de 54%. São solos constituídos, predominantemente, por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente

abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm ou 300 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1997). Os Latossolos apresentam a maior representação geográfica no Brasil em relação aos demais tipos de solos. Em termos globais, estendem-se por cerca de 750 milhões de hectares, sendo que 300 milhões de hectares estão em território brasileiro. Segundo dados da Embrapa correspondem a 31,49% dos solos brasileiros, numa área de aproximadamente 2.681.588,69 km² (EMBRAPA, 1997).

A área total da fazenda é de 234,43 hectares. A plantação existente na propriedade é do tipo cana-de-açúcar e possui uma variedade média a tardia, sendo colhida mecanicamente. Em toda a área de plantação existe um colchão de palha de 8 toneladas por hectare, tendo a função de minimizar o impacto da energia cinética da chuva, bem como melhorar a temperatura do solo.

Na Figura 14 é apresentada a vista aérea da planta industrial da Usina em estudo, mostrando a capacidade produtiva da mesma, onde são gerados os subprodutos utilizados na lavoura como adubação orgânica.

Figura 14 - Unidade industrial de cana-de-açúcar situada no interior do Estado de Minas Gerais onde foi realizado o presente estudo



Fonte: Autor, 2019.

A área de plantação da fazenda está localizada a 7 km da usina de cana-de-açúcar sendo uma área fertirrigada e com aplicação de torta de filtro. Possui cinco (05) curvas de níveis

para amenizar a velocidade das águas das chuvas (evitando erosão), sendo uma forma de barrar uma possível deposição de sedimentação.

A usina (unidade industrial) onde o estudo foi implantado possui cerca de 37.700 ha, sendo que 30% deste valor correspondem às áreas de acionistas, 35% de fornecedores e 35% arrendamento da unidade. A área da usina está compreendida em 260.000 ha, cuja área agricultável é de 195.000 ha, conforme apresentado na Figura 13. A área cultivada da usina está abrangendo quatro (04) municípios. Contudo, a unidade aonde será conduzido o estudo está localizado na área rural do Município de Frutal.

Trata-se de uma empresa fundada em 2006, os principais produtos da safra 2016/2017 foi açúcar cristal; branco, VHP, etanol anidro, etanol hidratado e bioeletricidade. É uma usina de cana-de-açúcar que processou na safra 2016/2017, 2.743.126 t, produzindo 388.845 t de açúcar, 80 milhões de litros de etanol e 2.200 MW de energia.

Já para a safra 2017/2018, processou 3.116.540 t foram produzidos 435.117 t de açúcar, 89,52 milhões de litros de etanol e 2.461 MW de energia. Enquanto para a safra 2018/2019 foram processadas 2.852.115 produzidos 403.621 t de açúcar, 83,04 milhões de litros de etanol e 2.283 MW de energia.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS APLICADOS NA LAVOURA DA ÁREA EM ESTUDO

Na sequência é apresentado descritivo do processo de aplicação de produtos químicos e nutricionais na área em estudo.

Após as visitas realizadas em campo para identificar os produtos químicos e nutricionais aplicados na área em estudo, foi possível verificar que a aplicação destes produtos ocorre da seguinte maneira:

- Aplicação de Vinhaça (produto nutricional) através de equipamento de irrigação por aspersão do tipo canhão (conforme apresentado na Figura 15). Para aplicação da Vinhaça existem outras infraestruturas de irrigação para que este fluido chegue até o aspersor, como por exemplo, o equipamento Hirohol que é uma estrutura composta por sistema de tubulações, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 15 - Aplicação de vinhaça através de aspersão do tipo canhão na lavoura em estudo como fonte de nutrientes para cultura



Fonte: Autor, 2019.

Figura 16 - Equipamento Hidrohol (estrutura composta por sistema de tubulações) utilizado para irrigação na área em estudo (aplicação de Vinhaça)



Fonte: Autor, 2019.

- Aplicação de torta de filtro mais fuligem (produto nutricional) através do equipamento Carreta Aplicadora na marca Sollus, conforme apresentado na Figura 17.

- Aplicação de Nitrato de Amônia (produto nutricional) através do equipamento Adubador da marca DMB, conforme apresentado na Figura 18.

Figura 17 - Carreta Aplicadora da marca Sollus® aplicando torta com fuligem (produto nutricional) na lavoura em estudo



Fonte: Autor, 2019.

Figura 18 - Aplicação de nitrato de amônio (produto nutricional) na lavoura em estudo com o equipamento Adubador da marca DMB



Fonte: Autor, 2019.

- Aplicação de Herbicida (produto químico para eliminar ervas daninhas, também denominado como defensivo agrícola) através de equipamento Trator com dispositivo de pulverização da marca John Deere® 4730 de 245 cv. Este equipamento possui capacidade de armazenamento de combustível de 500 litros e capacidade de pulverização de 3.000 litros, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Aplicação de Herbicida (produto químico) através de equipamento Trator com dispositivo de pulverização na lavoura em estudo



Fonte: Autor, 2019.

Ressalta-se que as características dos produtos químicos do tipo Herbicida não foram realizadas no presente trabalho, sendo replicadas as informações contidas na Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) do produto, sendo o mesmo procedimento realizado para o produto nutricional nitrato de amônio.

Quanto aos produtos nutricionais (Vinhaça, Torta com Fuligem e Nitrato de Amônia) na lavoura em estudo, a vinhaça foi aplicada no dia 20 de setembro 2017 com aspersor, em uma lâmina de 30 mm correspondendo a 300 m³/ha do produto. Já a aplicação da mistura de torta de filtro mais fuligem (cinza de caldeira) foi realizada com o equipamento Carreta Aplicadora no dia posterior (21 de setembro de 2017). Em relação à mistura (vinhaça+ torta de filtro), utilizou-se uma dose de 15 toneladas/ha (2:1). Vale ressaltar, neste sentido, que a torta é riquíssima no elemento Fósforo e a vinhaça no nutriente potássio. Já adubação mineral foi composta de 290 kg/ha de Nitrato de amônio através do equipamento Adubador da marca DMB.

Todos os ingredientes nutricionais e químicos empregados na área em estudo encontram-se registrados para a cultura da cana-de-açúcar através do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O produto químico Herbicida aplicado na área em estudo foi preparado através de mistura em um único tanque (capacidade de 3m³), sendo utilizados dois produtos distintos comerciais para preparar esta solução. Estes dois produtos são: Gamit Star[®] (1,5 litros/ha) e Velpar[®] (1,8 kg/ha).

O produto Gamit Star[®] é da empresa FMC possui o composto químico clomazone, já o Velpar[®] possui em sua composição as moléculas diuron 468g/kg e hexazinona 132g/kg. Sendo

estas misturas, as mais utilizadas na cultura da cana-de-açúcar devido ao fato de ser muito eficaz no controle das ervas daninhas que interferem na produtividade da cana-de-açúcar.

Na Tabela 2 são apresentadas as características nutricionais da Vinhaça e da torta de filtro com fuligem, que são excelentes adubos orgânicos fornecendo nutrientes que a cultura necessita, e também utilizada no presente trabalho para avaliação do desempenho destes.

Tabela 2. Caracterização Nutricional da Vinhaça e Torta de Filtro com Fuligem (cinza de caldeira) utilizada para adubar a área em estudo

Parâmetro	Resultados (kg.m⁻³)
Vinhaça	
Nitrogênio Total – N	0,31
Fósforo - P ₂ O ₅	0,06
Potássio - K ₂ O	1,29
Cálcio – CaO	0,87
Magnésio – MgO	0,64
Enxofre – S	0,48
Matéria Orgânica	9,44
Carbono Orgânico	5,48
Relação C/N	17:01
Parâmetro	Resultados (kg⁻¹)
Torta de Filtro com Fuligem (cinza de caldeira)	
Nitrogênio – N *	13,73
Fósforo – P ₂ O ₅ *	14,46
Potássio – K ₂ O *	1,73
Cálcio – CaO *	17,10
Magnésio – MgO *	5,70
Umidade 65 °C	414,30
Matéria Orgânica *	471,67

Fonte: Autor, 2019.

O nitrato de amônia possui um teor de 32% do macronutriente. Sua solubilidade é por teor total sendo que o mesmo é neutralizado em ácido nítrico pela amônia anidra, contendo a observação de que o nitrogênio deverá estar 50% na forma amoniacal e 50% na forma nítrica.

Na Tabela 3 são apresentadas as fichas técnicas dos produtos comerciais utilizadas como nutricionais e químicos (herbicidas) na área da lavoura do presente trabalho.

Tabela 3. Caracterização Química do Herbicida Gamit Star® e Herbicida Velpar utilizado no presente trabalho

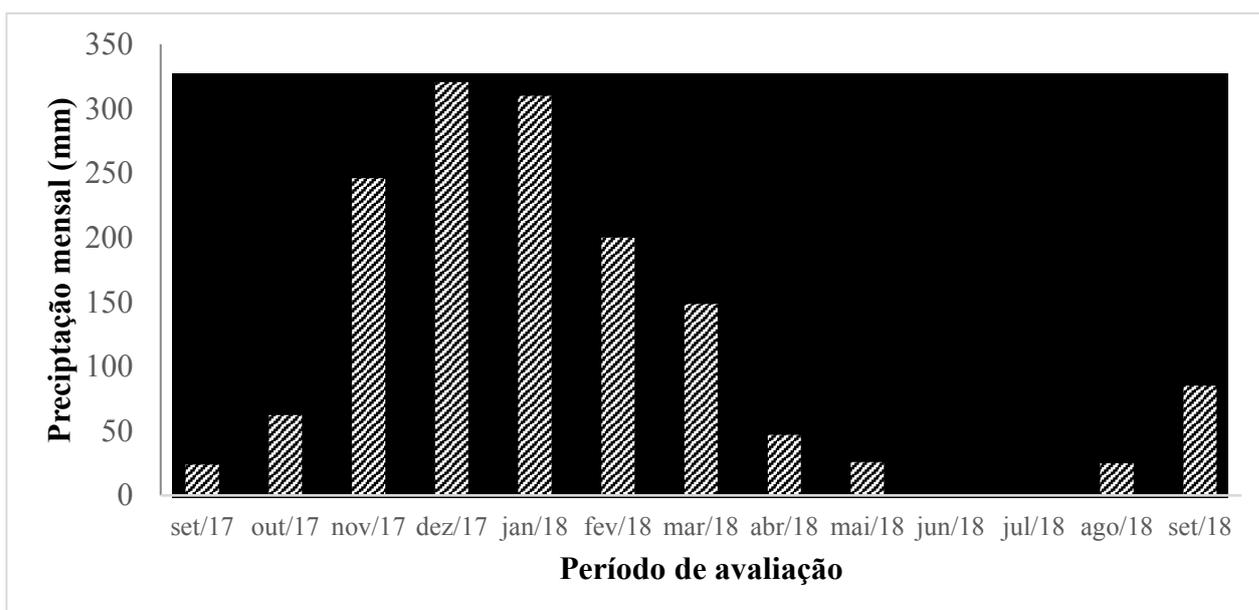
Produto	Composição
Gamit Star	800 g/L de Clomazone
Velpar K	468 kg de Diuron
Velpar K	132 kg de Hexazinona

Fonte: Autor, 2019.

5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA AVALIAR POTENCIAIS CONTAMINAÇÕES

Na Figura 20 encontra-se os dados referentes as pluviosidades mensais no período de setembro de 2017 a setembro de 2018, monitoradas na Estação Climatológica existente na usina em estudo, cujos valores de dia a dia de pluviosidade (mm) estão apresentados no Anexo 1.

Figura 20 - Pluviosidade (setembro de 2017 a setembro 2018) ocorrida na área em estudo monitorada na Estação Climatológica existente no local



Fonte: Autor, 2019.

Neste período de avaliação do experimento choveu ao todo 1.494,6 mm o que representa, em síntese, a média de chuva da região. Tais valores levam a concluir que as chuvas seguem a característica deste bioma, chovendo em abundância nos meses de verão e tendo um inverno e início de primavera, baixos valores de pluviosidade. É característico do cerrado a sazonalidade, o período de verão corresponde a estação chuvosa e com pronunciada estação seca entre os meses de junho a agosto (MALHEIROS, 2016).

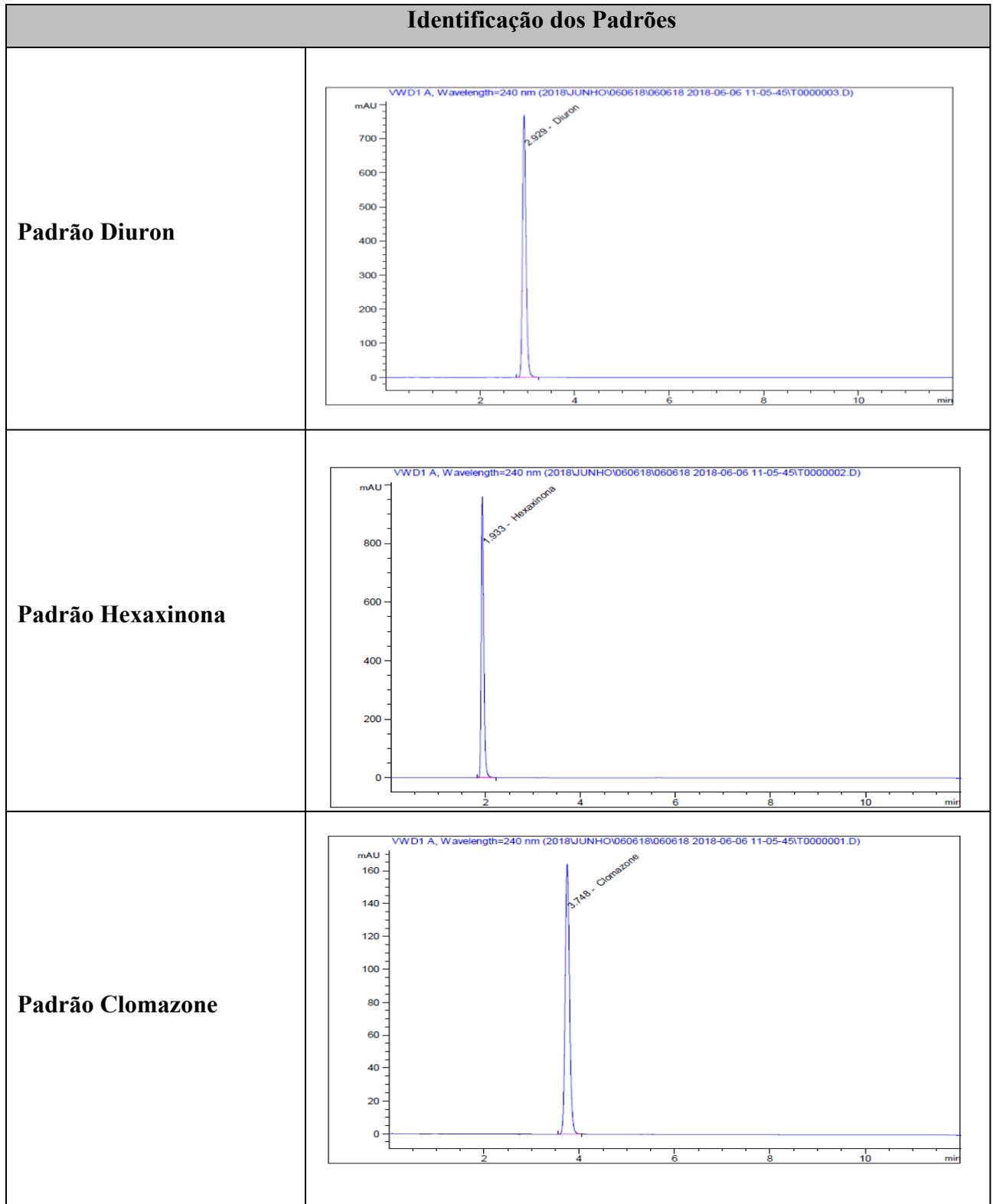
Observa-se que os maiores índices de pluviosidades foram nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março (Figura 20). Destaca-se que com estes maiores índices pluviométricos existe a tendência de maiores arrastes por percolação de moléculas e nutrientes e a tendência de maiores infiltrações no solo, bem como maiores tendências de escoamento superficial.

Na Figura 21 são apresentados os padrões de detecção dos compostos diuron, hexaxinona e clomazone, determinados em laboratório visando detectar a presença destas substâncias nas amostras coletadas em campo. As substâncias em questão são fortemente aderidas a coloides do solo podendo ser arrastadas para corpos hídricos através de escoamento superficial.

Os resultados da detecção de diuron, hexaxinona e clomazone estão apresentados na Figura 22 (sem aplicação de polímero) e na Figura 23 (com aplicação de polímero). Considerando 1 ppm como o limite de absorção no padrão estabelecido, conclui-se que as amostras coletadas em campo apresentam quantidades abaixo deste limite para os compostos ativos, ou seja, tanto nas águas avaliadas quanto no solo (profundidades variando de 0-5; 5-10; 10-15 centímetros), não ocorreram a percolação dos produtos, o que significa também não ter ocorrido contaminações, seja no solo ou no corpo hídrico.

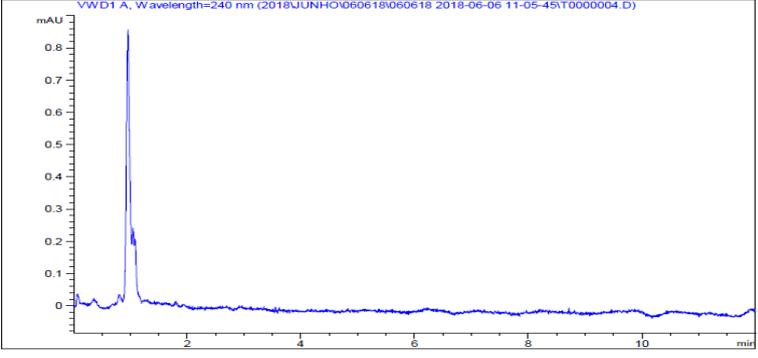
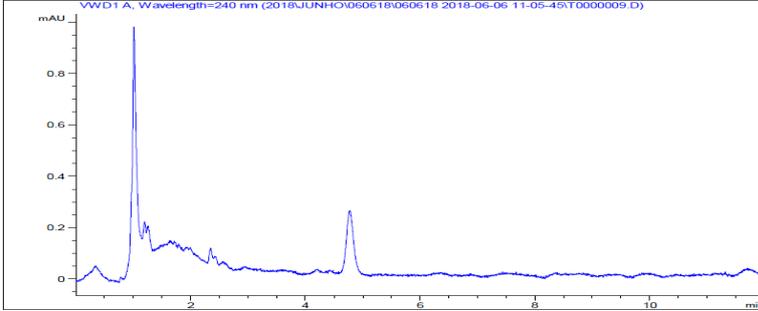
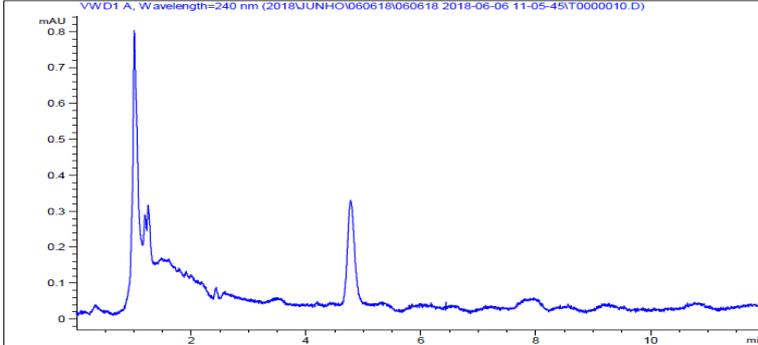
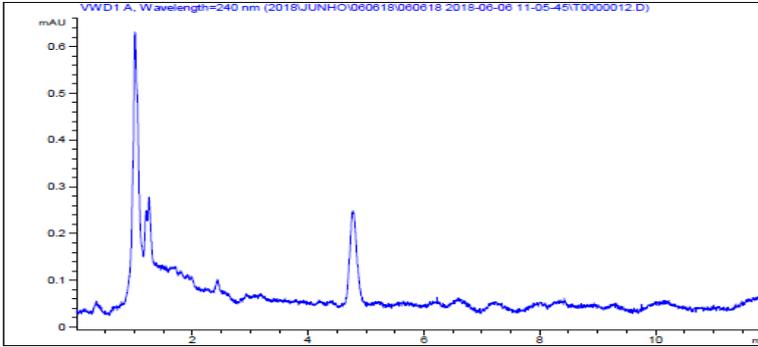
Nos Anexos 02 e 03 são apresentados os dados dos compostos diuron, hexaxinona e clomazone em cada amostra de água e do solo para diferentes profundidades.

Figura 21 - Padrão das moléculas de herbicidas utilizadas no trato cultura de cana-de-açúcar, na variedade visando detectar a presença destas substâncias nas amostras de solo e água



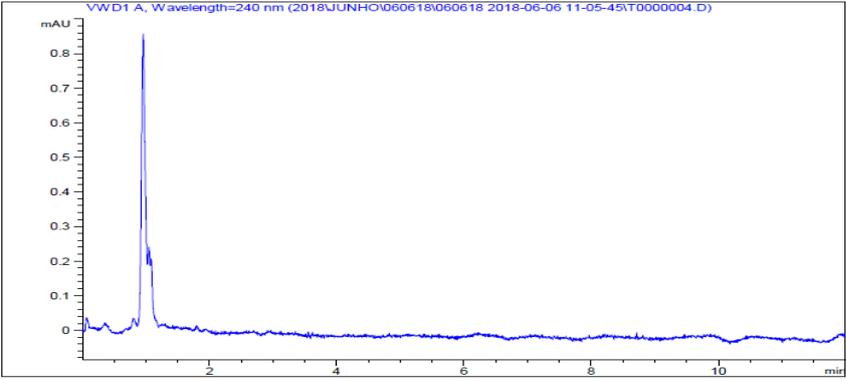
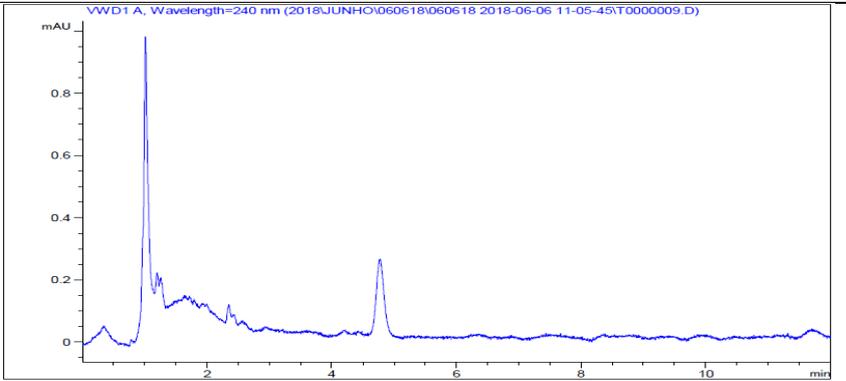
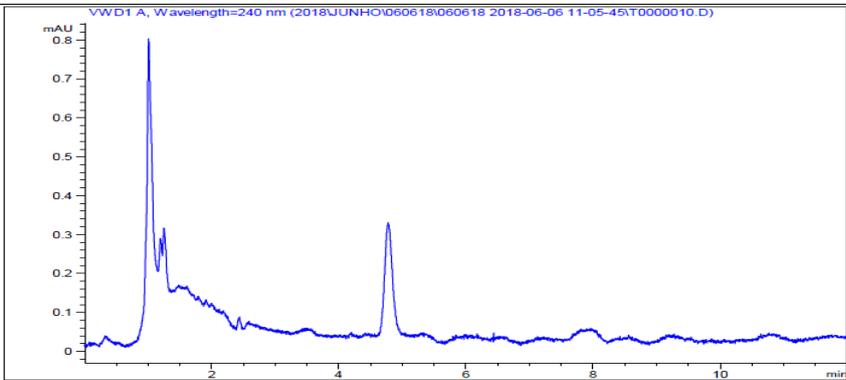
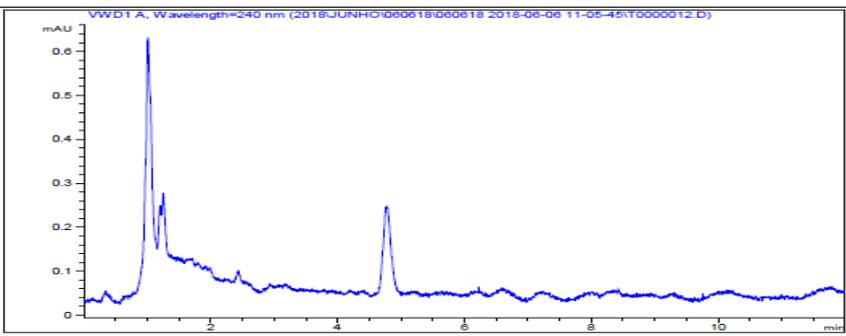
Fonte: Autor, 2019.

Figura 22 - Análise cromatográfica para as amostras compostas de solo e água coletadas na área em estudo sem aplicação de polímero

Amostra Médias	Cromatograma
<p>Amostras de Água sem Polímero</p>	
<p>Amostra solo 0-5 sem Polímero</p>	
<p>Amostra solo 5- 10 sem Polímero</p>	
<p>Amostra solo 10- 15 sem Polímero</p>	

Fonte: Autor, 2019.

Figura 23 - Análise cromatográfica para as amostras compostas de solo e água coletadas na área em estudo com aplicação de polímero

Amostra Média	Cromatograma
<p>Amostras de Água com Polímero</p>	
<p>Amostra solo 0-5 com Polímero</p>	
<p>Amostra solo 5- 10 com Polímero</p>	
<p>Amostra solo 10- 15 com Polímero</p>	

Fonte: Autor, 2019.

De posse dos dados monitorados nas camadas até 15 cm do solo no presente trabalho, não foi observada presença de herbicidas nestas camadas, os valores observados estão abaixo do limite mínimo do método de detecção utilizado. Assim, neste caso, não foi possível concluir que ocorre percolação de herbicidas no solo nas concentrações aplicadas na lavoura em estudo.

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 são apresentadas as análises das seis amostras compostas quanto aos macronutrientes, micronutrientes e matéria orgânica monitorada no escoamento superficial ocorrido na área em estudo, seja para as águas que foram coletadas ou para o solo investigado nas camadas (0-5 cm, 5-10 cm, 0-15 cm).

Esses resultados são tanto das áreas sem polímero, como das áreas onde foi aplicado o polímero, avaliando a diferença entre elas. Observou-se neste trabalho que na profundidade de 0 a 5 cm ocorreram maiores concentrações de matéria orgânica quando se aplicou o polímero, mostrando que este composto contribuiu para redução da percolação (infiltração) da matéria orgânica no solo.

Tabela 4. Amostras compostas de água coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero

Parâmetro	Água sem polímero			Água com polímero		
	Média	Desv. Pad	Variância	Média	Desv. Pad	Variância
pH	5,72	0,5	0,25	5,72	0,5	0,25
Dureza	18,57	12,32	151,8	18,41	12,39	153,42
Nitrogênio (g/dm ⁻³)	7,77	3,23	10,43	7,77	3,23	10,43
Fosfato (g/dm ⁻³)	4,27	2,61	6,83	4,13	2,63	6,93
Potássio (g/dm ⁻³)	7,77	1,91	3,64	5,74	1,89	3,56
Cálcio (g/dm ⁻³)	6,81	3,22	10,34	6,01	3,22	10,34
Magnésio (g/dm ⁻³)	1,67	0,99	0,99	1,36	1	1
Boro (g/dm ⁻³)	<0,1	≈1	≈1	<0,1	≈1	≈1
Ferro (g/dm ⁻³)	<0,1	≈1	≈1	<0,1	≈1	≈1
Zinco (g/dm ⁻³)	<0,1	≈1	≈1	<0,1	≈1	≈1
Matéria Orgânica (g/dm ⁻³)	0,18	0,07	0,01	0,18	0,07	0,01
Cobre (g/dm ⁻³)	<0,1	≈1	≈1	<0,1	≈1	≈1
Manganês (g/dm ⁻³)	<0,1	≈1	≈1	<0,1	≈1	≈1

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 5. Amostras compostas de solo (camada de 0 a 5 cm) coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero

Parâmetros	Análise de solo 0-5 cm sem Polímeros			Análise de solo 0-5 cm com Polímeros		
	Média	Desv. Padrão	Variância	Média	Desv. Padrão	Variância
Argila (g/dm ⁻³)	38,4	16,09	258,97	32,34	17,11	292,64
Silte (g/dm ⁻³)	11,45	8,56	73,21	8,72	6,43	41,41
Areia (g/dm ⁻³)	50,16	23,62	557,95	58,94	23,05	531,37
pH H ₂ O	5,99	0,55	0,3	6,25	0,43	0,18
pH CaCl ₂	4,92	0,5	0,25	4,8	0,63	0,4
M.O. (g/dm ⁻³)	14,38	7,09	50,27	17,48	6,1	37,21
P (g/dm ⁻³)	7,69	6,01	36,14	8,22	2,56	6,53
S (g/dm ⁻³)	15,85	15,68	245,82	16,76	14,28	203,96
Ca (g/dm ⁻³)	12,78	11,23	126,01	16,43	10,85	117,82
Mg (g/dm ⁻³)	4,81	4,08	16,64	4,84	4,57	20,87
K (g/dm ⁻³)	0,93	1,7	2,9	0,87	1,34	1,78
Al (g/dm ⁻³)	2,14	2,45	6	2,91	3,34	11,15
H+Al (g/dm ⁻³)	19,52	6,8	46,27	17,77	5,18	26,86
SB	18,52	15,67	245,53	16,91	14,05	197,26
CTC	38,04	17,21	296,04	34,68	13,76	189,32
V%	43,88	18,02	324,59	43,46	19,31	372,76
M (g/dm ⁻³)	15,1	16,55	273,98	20,33	22,53	507,61

Fonte: Autor (2019).

Tabela 6. Amostras compostas de solo (camada de 5 a 10 cm) coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero

Parâmetros	Análise solo 5-10 cm sem Polímeros			Análise solo 5-10 cm com Polímeros		
	Média	Desv. Padrão	Variância	Média	Desv. Padrão	Variância
Argila (g/dm ⁻³)	38,8	15,66	245,24	31,74	17,26	297,9
Silte (g/dm ⁻³)	11,09	8,34	69,59	9,3	6,33	40,01
Areia (g/dm ⁻³)	50,11	22,68	514,45	58,96	22,91	524,98
pH H ₂ O	5,97	0,55	0,31	6,23	0,43	0,19
pH CaCl ₂	4,94	0,53	0,28	4,73	0,63	0,4
M.O. (g/dm ⁻³)	14,32	6,55	42,87	11,34	5,27	27,79
P (g/dm ⁻³)	7,67	5,69	32,37	8,55	3,75	14,06
S (g/dm ⁻³)	13,83	14,85	220,62	16,95	15,88	252,18
Ca (g/dm ⁻³)	13,15	10,63	112,94	10,22	8,7	75,63
Mg (g/dm ⁻³)	4,87	3,99	15,92	3,65	3,32	11,05
K (g/dm ⁻³)	0,88	1,32	1,74	0,67	0,92	0,84
Al (g/dm ⁻³)	1,98	2,07	4,28	3,42	3,95	15,59
H+Al (g/dm ⁻³)	19,36	6,63	44	18,19	5,01	25,09
SB	18,9	14,82	219,78	15,98	14,03	196,81
CTC	38,27	15,57	242,48	34,17	14,12	199,51
V%	44,64	18,59	345,54	41,46	18,48	341,52
M (g/dm ⁻³)	14,42	15,76	248,23	22,76	24,02	576,74

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 7. Amostras compostas de solo (camada de 10 a 15 cm) coletadas nas áreas em estudo com e sem aplicação de polímero

Parâmetros	Análise solo 10-15 cm sem Polímeros			Análise solo 10-15 cm com Polímeros		
	Média	Desv. Padrão	Variância	Média	Desv. Padrão	Variância
Argila (g/dm ³)	39,12	15,6	243,22	32,63	17,03	290,04
Silte (g/dm ⁻³)	11,22	8,51	72,44	9,3	7,09	50,32
Areia (g/dm ⁻³)	49,66	22,9	524,43	58,07	23,38	546,48
pH H ₂ O	5,98	0,58	0,33	6,22	0,44	0,2
pH CaCl ₂	4,89	0,56	0,31	4,76	0,65	0,42
M.O. (g/dm ⁻³)	14,42	6,86	47	9,84	4,71	22,18
P (g/dm ⁻³)	6,83	4,1	16,84	8,46	2,65	7,04
S (g/dm ⁻³)	15,77	16,54	273,7	16,33	15,26	232,9
Ca (g/dm ⁻³)	12,82	11,64	135,56	8,43	7,56	57,1
Mg (g/dm ⁻³)	4,54	3,83	14,69	3,7	4,13	17,02
K (g/dm ⁻³)	0,78	1,24	1,53	0,94	1,53	2,34
Al (g/dm ⁻³)	2,34	2,62	6,89	3,15	3,41	11,62
H+Al (g/dm ⁻³)	19,72	6,2	38,41	18,9	7,13	50,78
SB	18,14	15,63	244,18	18,59	18,94	358,65
CTC	37,86	17,25	297,41	37,49	20,21	408,63
V%	42,35	18,39	338,18	42,32	19,79	391,77
M (g/dm ⁻³)	16,87	17,53	307,13	21,99	22,56	508,73

Fonte: Autor, 2019. Com base nas análises de solo.

Ressalta-se que os nutrientes avaliados em questão tiveram diferentes performances nas profundidades de solo. No entanto, os mesmos resultados confrontam o que foi observado por Ker (1997): ‘‘Latosolos são solos os quais suas características encontram-se fortemente ligadas à intemperização e lixiviação intensas, sendo responsáveis pelas baixas atividade das argilas, capacidade de troca de cátions, relações moleculares sílica/alumínio ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{Ki}$) e sílica/óxidos de ferro e alumínio ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Kr}$)’’. No caso da presente pesquisa, a lixiviação dos resíduos pode ter sido baixa de forma que a contaminação de corpos hídricos não apresentaria significância. De acordo com Roman et al. (2007), o processo de lixiviação de herbicidas pré-emergentes quando aplicados na superfície do solo é benéfica e necessária. Assim para que ocorra a incorporação destes no perfil do solo é necessário chuva ou irrigação, a lixiviação auxilia na incorporação do herbicida, permitindo a movimentação até as camadas onde estão as sementes das plantas daninhas. Porém este processo de lixiviação pode levar a contaminações de cursos hídricos, especialmente em solos de cerrado que apresentam por característica grande porosidade.

Monquero, et al. (2008), avaliaram Ametryn + clomazone ($1.500 + 1.000 \text{ g ha}^{-1}$), Isoxaflutole ($187,5 \text{ g ha}^{-1}$) e Diuron + Hexazinone ($1.170 + 330 \text{ g ha}^{-1}$), onde observaram que todos os herbicidas avaliados apresentaram tendência a serem lixiviados por influência das precipitações pluviais ou de irrigações artificiais, com efeitos mais pronunciados em solos com textura média e com menor teor de matéria orgânica. Melo et al., (2010), avaliaram características físicas e químicas dos solos e observaram que estas características influenciam a lixiviação dos herbicidas sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen, assim determinaram que a maior atividade herbicida e movimentação ocorreram naquele de textura franco-arenosa.

O “hidrogel Soilfix[®]” possui capacidade de liberar facilmente a água e os nutrientes para as plantas em função do ciclo de absorção-liberação. Esse polímero é muito utilizado na cultura de eucalipto, para melhorar o desenvolvimento vegetativo das mudas, onde o gel em questão absorve água e libera a mesma lentamente na cultura do eucalipto. A aplicação de polímero faz com que as mudas atravessem períodos climáticos adversos, mostrando a eficiência em adsorver água e nutrientes.

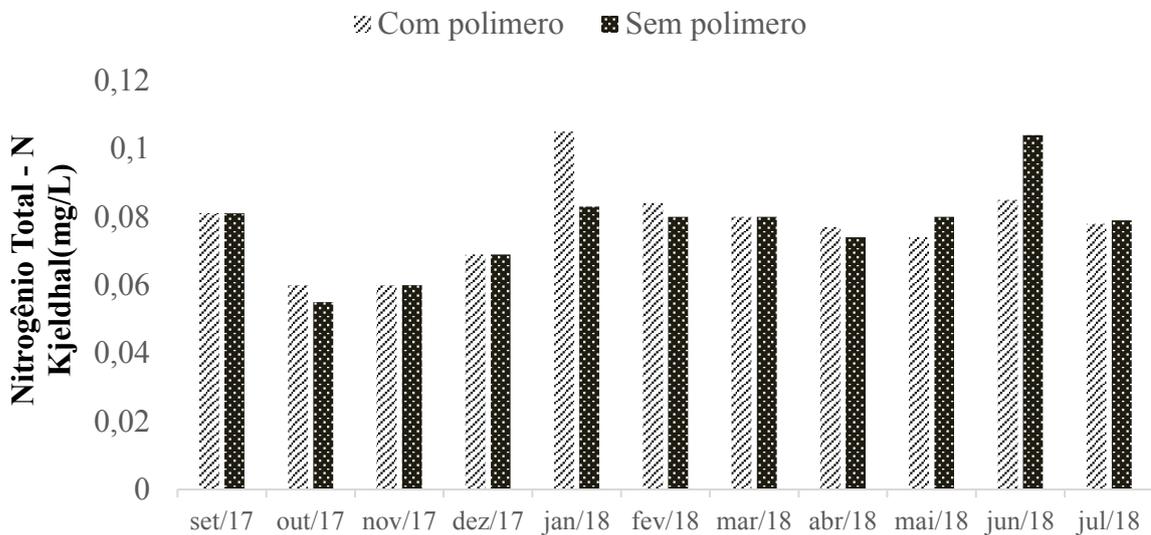
Azevedo, Bertonha e Gonçalves, (2002), em uma revisão sobre a aplicação de hidrogéis na agricultura, relataram que grande parte dos trabalhos traziam efeitos benéficos destes, no que diz respeito ao aumento da retenção de água no solo, redução da lixiviação de nutrientes o que também foi observado neste experimento, outros fatores também foram relatados pelos autores tais como, a melhoria na CTC (capacidade de troca catiônica) e maior disponibilidade de água para as plantas. Para boro, ferro, zinco, cobre e manganês, não foi observada diferença na entre a utilização ou não do polímero, os baixos valores destes micronutrientes encontrados podem ter contribuído para não visualização desta diferença.

5.4 IMPACTO DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E NUTRICIONAIS NA LAVOURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Conforme já descrito anteriormente, não foi observado impacto no meio ambiente quanto a aplicação de diuron, hexaxinona e clomazone na lavoura em estudo, sendo constatado que tanto no experimento pelo método convencional como no experimento adotando o polímero com meio de aglutinar os produtos químicos. Conclui-se, que as amostras coletadas em campo apresentam quantidades abaixo de 1 ppm destes compostos ativos, ou seja, tanto nas águas avaliadas quanto no solo (profundidades variando de 0-5; 5-10; 10-15 centímetros), considerando o valor mínimo avaliado verificou que não ocorreram a percolação dos produtos, o que significa também não ter ocorrido contaminações, seja no solo ou no corpo hídrico.

Na avaliação sobre os teores de nitrogênio total junto a amostra de água do escoamento superficial, observou-se que o mês de janeiro (maiores índices pluviométricos), ocorreu o maior acúmulo de nitrogênio em áreas onde aplicou-se o polímero, como pode ser mostrado pela Figura 24. Este fato é justificado em virtude da ação do polímero (aglutinar as partículas de matéria orgânica) fez com que o nutriente ficasse retido na camada superficial do solo e no momento em que ocorreu o escoamento superficial, esta suscetível ao arraste deste material junto ao escoamento. No entanto, os valores apresentam pequenas variações absolutas, quando comparado com ou sem aplicação de polímero.

Figura 24 - Acúmulo de nitrogênio nas amostras com e sem polímero



Fonte: Autor, 2019.

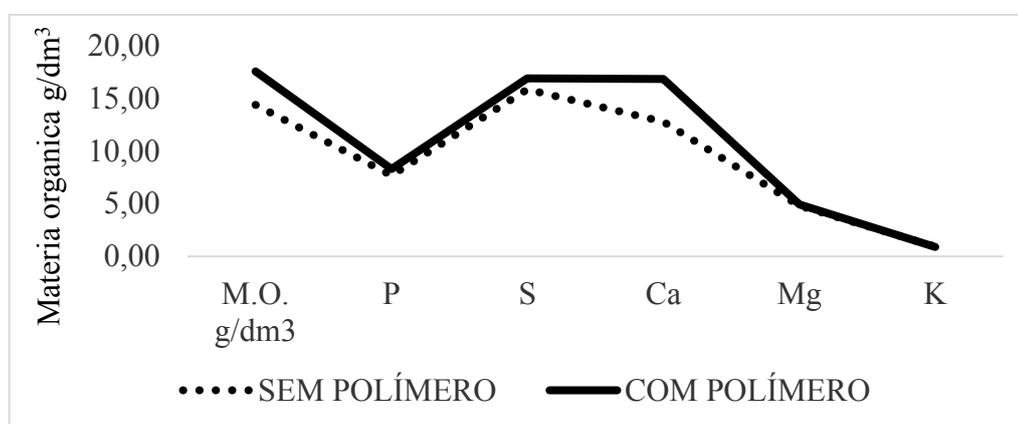
No entanto, observa-se que no período chuvoso existe um possível impacto junto aos recursos hídricos referente ao lançamento de nitrogênio, sendo observado valores acima de 10 mg/L no escoamento superficial, nos meses de janeiro e junho de 2017 (Figura 24). Esta condição pode prejudicar a qualidade do manancial, conforme limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 com valores máximos de 10 mg/L de nitrogênio na forma de nitrato para água (BRASIL, 2005).

Conforme o trabalho de Capoane et al. (2014), em coletas diárias, observou-se que as concentrações de nitrato mantiveram certa regularidade durante os períodos com e sem chuva, sendo que altas concentrações de nitrato foram atribuídas ao manejo inadequado das atividades agropecuárias desenvolvidas em uma bacia hidrográfica. Silva et al. (2017) explicam que

mesmo quando há um baixo índice pluviométrico, dependendo das características dos agrotóxicos, os mesmos podem ser lixiviados ou continuar retidos no solo, todavia, isso apenas poderá ser observado através do monitoramento desses compostos no solo.

Nota-se na Figura 25, que na área de aplicação dos polímeros a camada de 0-5 cm, o teor de matéria orgânica (MO), Fósforo, Enxofre, Cálcio, Magnésio e Potássio, apresentaram valores superiores quando comparado às áreas em que não houve a utilização do polímero, mostrando o poder de agregação do polímero e a fixação dos nutrientes na primeira camada (0-5 cm), bem como o potencial deste em reter moléculas e nutrientes.

Figura 25 - Valores nutricionais das amostras do solo na profundidade de 0 a 5 cm



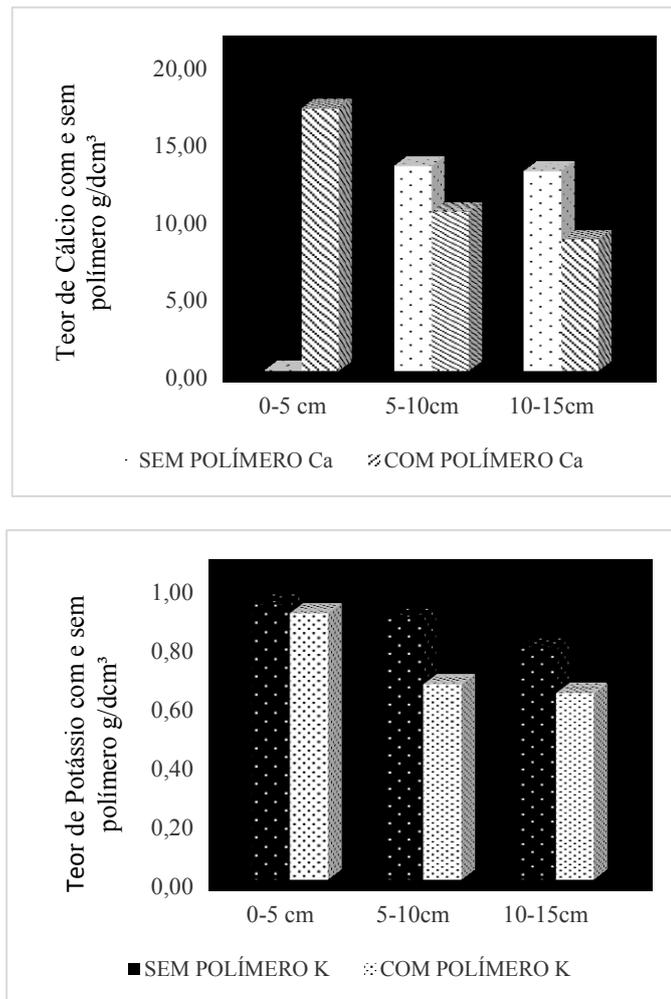
Fonte: Autor, 2019.

O trabalho de Oliveira et al. (2004) buscou investigar sobre a influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo, observaram que o comportamento das curvas de retenção dos tratamentos com polímero indicou que o produto pode funcionar como reservatório de água no solo, pelo fato de reter águas em elevados potenciais matriciais. Assim evidenciaram a efetividade dos produtos em adsorver matéria orgânica e cálcio, como mostrado pelos resultados trazidos nas figuras acima.

Tanto os produtos químicos, quanto o arraste de grande quantidade de matéria orgânica podem causar aumento da D.B.O de um corpo de água, diminuindo assim a quantidade de oxigênio do mesmo, causando uma diminuição significativa na vida aquática deste local. Deste modo, uma das possibilidades de medidas para minimizar o problema sobre a contaminação de água e solo, fundamenta-se na utilização de um Polímero, como pode ser visto na Figura 24, há uma maior concentração de matéria orgânica no solo quando da utilização de polímero.

A Figura 26 traz o comparativo de percolação do nutriente Ca^{2+} e do K^{1+} em diferentes profundidades no solo, com e sem polímero em g/dcm^3 .

Figura 26 - Comparativo do nutriente Ca^{2+} e K^{1+} em diferentes profundidades no solo, com e sem polímero em g/dcm^3



Fonte: Autor, 2019.

Quando da avaliação da percolação no solo do Ca^{2+} e do K^{1+} , observa-se que o teor de cálcio foi menor onde não aplicou polímero na camada de 0-5 cm, nas camadas de 5-10 cm e de 10 a 15 cm o polímero não afetou a perda deste nutriente. Quando se avalia o K^{1+} a aplicação de polímero não reduziu a percolação deste nutriente no solo Figura 26.

De acordo com Ribeiro et al. (2007), a avaliação da persistência e mobilidade de agrotóxicos e nutrientes em solo pode ser influenciada pelas condições climáticas variáveis além de outros processos, tais como: volatilização, fotólise, lixiviação e transporte de fluxo preferencial, quando comparado com condições naturais.

Estes fatores podem justificar os resultados encontrados no presente estudo, ou seja, nota-se, Tabela 6, que apesar da utilização de um polímero, que tem a função de agregar nutrientes e moléculas junto aos coloides do solo, os nutrientes analisados na água providas das chuvas, não tiveram nenhuma diferença estatística, mostrando que com relação à água, não ocorreram diferenças entre os tratamentos.

Devido à propriedade de alguns nutrientes serem monovalentes ou bivalentes, existe a facilidade ou não dependendo do seu nutriente de se aderir ao polímero e a própria matéria orgânica encontrada na área experimental.

Uma grande preocupação é o aumento das DBO em corpos hídricos, esses sim podem alterar a quantidade de oxigênio de um corpo hídrico.

Esse polímero foi desenvolvido para não ocorrer carreamento de solos, para manter o mesmo aglutinado e não ter a perda por percolação à fração mais nobre de qualquer solo agrícola, que são os primeiros centímetros do solo.

O importante dos números dos gráficos, é que tanto em área convencional, quanto na área do polímero os nutrientes mostram pouca mobilidade vertical, o que respalda a influência do polímero à infiltração de nutrientes ou moléculas no solo. Os nutrientes e as moléculas mostram muita aderência ao solo em questão.

6 CONCLUSÕES

De posse dos resultados obtidos na área em estudo, foi possível constatar que mesmo ocorrendo precipitações significativas, não foram observadas infiltrações nutricionais no solo com altas concentrações, e nem com as moléculas diuron, hexazinona e clomazone, mostrando que não ocorreu contaminação do solo pelos produtos químicos e nutricionais tradicionais utilizados na lavoura. Este fato também foi observado na solução proposta com a utilização do polímero Soil fix® para manter os nutrientes e as moléculas em questão na camada superficial do solo.

A partir das análises realizadas do solo, pode-se concluir que os locais nos quais se aplicou o Polímero, verificou-se um maior número da matéria orgânica na camada compreendida entre 0 e 5 cm, ocorrendo também com os nutrientes cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e potássio, mostrando assim, a efetividade dos produtos em adsorver matéria orgânica e nutrientes, não deixando os mesmos serem arrastados pela água das chuvas.

Considerando 1 ppm como o limite de detecção de diuron, hexazinona e clomazone, tanto nas águas avaliadas quanto no solo (0-5; 5-10; 10-15 centímetros), não ocorreu a percolação dos produtos, o que significa também que não foi detectado contaminações, seja no solo ou no corpo hídrico. Esta conclusão foi observada tanto no experimento com produtos químicos e nutricionais tradicionais, bem como no experimento com o uso de polímero.

No entanto, conclui-se que no período chuvoso existe um possível impacto junto aos recursos hídricos referente ao lançamento de nitrogênio (aplicado no produto nutricional na lavoura), sendo observado valores máximos de 10 mg/L no escoamento superficial, fato este que pode prejudicar a qualidade do manancial.

Embora não tenha sido evidenciado impacto neste estudo de caso no meio ambiente, quanto à aplicação de herbicidas na lavoura de açúcar e álcool fica estabelecida, a partir das análises realizadas, a necessidade de monitoramento e o manejo mais cuidadoso dos agroquímicos quanto aos aspectos ambientais e de acúmulo no solo. Já, quanto a aplicação de produtos nutricionais, foi possível constatar a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos em virtude do escoamento superficial.

7 REFERENCIAS

ALVES, F. Processo de trabalho e danos à saúde dos cortadores de cana. **Interfacehs - Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v. 3, n.2, 2008.

ANVISA. Portal agrotóxicos. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/2017-2020/agrotox icos](http://portal.anvisa.gov.br/2017-2020/agrotox%20icos). Acesso em 10 de nov. de 2019.

ARMAS, E. D. DE; MONTEIRO, R. T. R.; AMÂNCIO, A. V.; CORREA, R. M. L.; GUERCIO, M. A. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 975-982, 2005.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do programa de Ciências Agro-ambientais**, Alta Floresta, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.

BANCO DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO (JBIC). **Estudo Prospectivo para o Fomento dos Biocombustíveis no Brasil**, 2006.

BARBALHO, M. G. da S; CAMPOS, A. B. de. Vulnerabilidade natural dos solos e águas do estado de Goiás à contaminação por vinhaça utilizada na fertirrigação da cultura de cana-de-açúcar. **Boletim Goiano de Geografia**, v 30, n. 1, p.155-170, 2010.

BARBOSA, L. A. de. **Impacto de sistemas de cultivo orgânico e convencional da cana-de-açúcar, nos atributos do solo**. 2010. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

BARROS, R. P. de; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L. dá; SOUZA, R. M. de; MELO, A. de. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.3, p.341-346, 2010.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 781-787, 2009.

BOLDRIN, V.P.; BOLDRIN, M.S.T.; BARBIERI, J.C. Gestão ambiental e economia sustentável: um estudo de caso da destilaria Pioneiro S/A. In: VII SEMINÁRIOEMADMINISTRAÇÃO, FEA-USP, 2004.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A química dos agrotóxicos. **Química nova na escola**, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.

BRASIL. (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

CANAONLINE. **Reutilização da vinhaça é sinônimo de sustentabilidade. 2019.** Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/conteudo/reutilizacao-da-vinhaca-e-sinonimo-de-sustentabilidade.html>> Acesso em 02 de janeiro de 2020.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. D. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.5, p. 935-944, 2003.

CAPOANE, V.; TIECHER, T.; SCHAEFER, G.L.; CIOTTI, L.H.; SANTOS, D.R. Transferência de nitrogênio e fósforo para águas superficiais em uma bacia hidrográfica com agricultura e pecuária intensiva no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 04, p. 647-650, 2015.

CARTER, A. D. Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. **Weed Res.**, v. 40, n. 1, p. 113-122, 2000.

CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O. F.; CARVALHO, M. C.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.9, n.16, p. 530-543, 2013.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de Morfologia e Fisiologia da Cana-de-açúcar.** 1991. UNESP FUNEP, Jaboticabal-SP.

CAVALHEIROS, D.F. **Ecotoxicologia de compostos organoclorados persistentes em um ecossistema eutrófico Represa de Barra Bonita (Médio Tietê - SP).** São Carlos, 1993. p.198. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. P4.231: vinhaça: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo: CETESB, 2006. 12p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ OVEJERO, R. F. **Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no mundo.** In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. 2.ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004. p. 3-22.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Vinhaça–Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola NormaTécnica P4.231. São Paulo, 2005. 12 p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – Cana-de-açúcar: Primeiro levantamento, abril 2019– safra 2018/2019. Brasília: **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana>. Acesso em:29 jul.2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- CONAMA. Resolução CONAMA n.357, de 17 de março de 2005. Brasília. <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>.

COPETTI, L. S.; FRIES, C. D.; ARRUDA, D. C. Mercado mundial do açúcar: um estudo da competitividade e do grau de concentração dos mercados brasileiros e tailandês (2000-2016). **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, n. 40, 2019.

CRUZ, J. I.; PORTUGAL, R. S.; LUCENDO, M. C. H.; ELIS, V. R.; FACHIN, S. J. S.; USTRA, A. T.; BORGES, W. R. Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.26, p.481-492, 2008.

DANIELS, J.; ROACH, B. T. **Taxonomy and evolution.** In: Developments in crop science. Elsevier, p. 7-8, 1987.

DINARDO-MIRANDA, L. L. PRAGAS. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. 882 p.

DOELSCH, E.; MASON, A.; CAZEVIELLE, P.; CONDOM, N. Spectroscopic characterization of organic matter of a soil and vinasse mixture during aerobic or anaerobic incubation. *Waste Management*, v.29, n.6, p.1929-1935, 2009.

ELIA NETO, A.; SHINTAKU, A. Usos e Réusos de Água e Geração de Efluentes. *Manual de Conservação e Reúso de Água na Agroindústria Sucroenergética Brasília, Brazil: ANA, FIESP, UNICA and CTC, 2009.*

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo.** Ed. 2. Rio de Janeiro: EMBRAPA-: Embrapa Solos. p. 212, 1997.

ETANOL VERDE. Zoneamento agroambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www2.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/zoneamento-agroambiental/>. Acesso em: 18 jan. 2019.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **World Food and Agriculture: Statistical Pocketbook.** 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca6463en/ca6463en.pdf>. Acesso: 20 outubro 2019.

FARIA, N. M.; FACCHINI, L. A.; FASSA, A. G.; TOMASI, E. Estudo transversal sobre saúde mental de agricultores da Serra Gaúcha (Brasil). **Revista de Saúde Pública**, v. 33, p.391-400, 1999.

FERRAZ, J. M. G.; PRADA, L. de S.; PAIXÃO, M. **Certificação socioambiental do setor sucroalcooleiro.** Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 195p.

FLURY, M. Experimental evidence of transport of pesticides through field soils – a review. **Journal of Environmental Quality**, v.25, n.2, p.25-45, 1996.

FOSTER, S.; VENTURA, M.; HIRATA, R.; *Poluição das águas subterrâneas*, Instituto Geológico: São Paulo, 1993.

GARCIA, E.; ALMEIDA, W. Exposição dos trabalhadores rurais aos agrotóxicos no Brasil. **Revista brasileira de saúde ocupacional**, v. 19, n. 72, p. 7-11, 1991.

GIACHINI, Camillo Ferrarezi; FERRAZ, Marcos Vieira. Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar-revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 3, p. 1-15, 2009.

GONZALES, A. D. F.; PEREIRA, M. D. G. Análise temporal da ocorrência de doenças osteoneuromusculares relacionadas ao corte manual da cana-de-açúcar para a produção de bioetanol no estado da bahia no período de 1999 a 2013. **Diálogos & Ciência**, v. 1, n. 39, 2017.

GONZÁLEZ, L. C.; PRADO, R. D. M.; HERNÁNDEZ, A. R.; CAIONE, G.; SELVA, E. P. Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 135-141, 2014.

GUIMARÃES, G.; LANA, R. P.; REI, R. S.; VELOSO, C. M.; SOUSA, M. R. Miranda; RODRIGUES, R. C.; CAMPOS, S. A. Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 17(4), 617-625, 2016.

HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Setor de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.131-158, 2008.

HOROWITZ, A.; SÁ JÚNIOR, J.P.M.; ALMEIDA, L.M.; DUARTE, P.J. Transformação do vinhoto em fertilizante completo I. Tecnologia. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.103, n.1, p.7-15, 1985.

HU, H.; KIM, N. K. **Drinking-Water Pollution and Human Health**. In: CHIVIAN, E. et al. (Ed.) *Critical condition: human health and the environment*. 2.ed. USA, 1994.

JÚNIOR, M. Estudo Prático... Brasil... Economia colonial do Brasil – Açúcar, ouro e escravidão. 2013. Disponível em: <http://www.estudopratico.com.br/economia-colonial-do-brasil-acucar-ouro-e-escravidao/>. Acesso em: 12 jun 2019.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

LADEIRA, W. J.; MAEHLER, A. E.; NASCIMENTO, L. F. M. do. Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v. 50, n. 1, p. 157-174, 2012.

LIMA, F. DE A.; SANTOS JUNIOR, A. C. DOS; MARTINS, L. C.; SARROUH, B.; LOFRANO, R. C. Z. Revisão sobre a toxicidade e impactos ambientais relacionados à vinhaça, efluente da indústria sucroalcooleira. **Cadernos UniFOA**, v. 11, n. (32), p. 27-34.

LOFRANO, R. C. Z. et al. Revisão sobre a toxicidade e impactos ambientais relacionados à vinhaça, efluente da indústria sucroalcooleira. **Cadernos UniFOA**, n. 32, p. 27-34, 2016.

LOPES, J. G.; SANTOS, K. C.; COSTA, A. A. Prospecção tecnológica do uso do bagaço de cana-de-açúcar visando a produção de etanol de segunda geração. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 3 p.590-599, 2017.

LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. IN: IV SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4, Piracicaba. Anais... São Paulo: COPERSUCAR, 1988 p.281-301.

MACHADO, F. B. P. Açúcar, a doce terra-História do setor. 2003. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf. Acesso em: 17 jun 2019.

MALHEIROS, R. A INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA DINÂMICA DA VIDA NO BIOMA CERRADO. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 12 – Vol. 19 – JUL/DEZ 2016.

MATALLO, M. B.; LUCHINI, L. C.; GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; CERDEIRA, A. L.; MARIN, G. C. Lixiviação dos herbicidas tebutiuron e diuron em colunas de solo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 83-90, 2003.

MELO, C.A.D., MEDEIROS, W.N., TUFFI SANTOS, L.D., FERREIRA, F.A., TIBURCIO, R.A.S., FERREIRA, L.R.. (2010). Lixiviação de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen no perfil de três solos. **Planta daninha**, Viçosa , v. 28, n. 2, p. 385-392, June 2010 .

MENZER, R. E. et al. Methods in environmental toxicology. In: HAYES, A. W. **Principles and methods in toxicology**. 3rd. ed. New York: Raven Press, 1994. p. 1391-1418.

MONQUERO, P.A., BINHA, D.P., AMARAL, L.R., SILVA, P.V., SILVA, A.C., INACIO, E.M. Lixiviação de clomazone + ametryn, diuron + hexazinone e isoxaflutole em dois tipos de solo. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 685-691, 2008.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n.3, p. 370-374, 2002.

MORAES, E. R.; BERNARDES, R. F. B.; DOMINGUES, L. A. S.; LANA, R. M. Q. Productivity and agronomic characteristics of sugarcane under different tillage systems. **Scientific Electronic Archives**, v.10, p.75-79, 2017.

MURRAY, K.E.; SHEEBA, M. T.; BODOUR, A.A. Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. **Environmental Pollution**, v.158, n.12, p.3462-3471, 2010.

OLIVEIRA FILHO, E. C. de; LIMA, J. E. F. O impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 50 p. (Documentos/ Embrapa Cerrados (INFOTECA-E, n.56), 2002.

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.160-163, 2004.

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.160-163, 2004.

Paraná, Curitiba.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Campinas SP, 2005, 181 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia da UNICAMP, 2005.

PINTO, N. L. S. **Hidrologia Básica**, Ed. Blucher: São Paulo, 1980.

POR TRAS DO ALIMENTO. 2019. Disponível em: <https://portrasdoalimento.info/agrotoxico-na-agua>>. Acesso em: 10 de out. de 2019.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Viçosa**, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150 p.

QUEIROZ, F. O. **Influência da filtração no processo de concentração da vinhaça.**

RESENDE, A. S.; XAVIER, R. P.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N. E. Brazil. **Plant Soil**, v.281, p.339-351, 2006.

REZENDE, J.O. Vinhaça: outra grande ameaça ao meio ambiente. **Revista Magistra**, Vol. 1, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, jun/1984.

RIBEIRO, L. K. M.; DA COSTA, A. R.; PEREIRA, A. D.; TAVEIRA, J. H. D. S.; SILVA, P. C.; ROSA, M. C. M. (2018, April). Aplicação de vinhaça: efeito sobre a matéria orgânica do solo cultivado com sorgo sacarino. In: ANAIS DO CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG (CEPE) (ISSN 2447-8687) (Vol. 4).

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. D. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Revista Química Nova**, v.30, n.3, p.688-694, 2007.

RODELLA, A.A.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J Effects of vinasse added to soil on pH and exchangeable aluminium content. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 18, p.189–214, 1883.

ROMAN, E. R.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação.** Passo Fundo: Berthier, 2007.

ROSSET, J. S.; SCHIAVO, J. A.; ATANÁZIO, R. A. R. Atributos químicos, estoque de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2351- 2366, 2014.

ROSSETTO, A. J. Utilização agronômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S.B. (ed.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.2, p.435-504.

ROSSETTO, A. J. **Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira**. In: Paranhos, S.B. (ed.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas:Fundação Cargill, 1987, v.2, p.435-504.

SÁ, J.C.M. **Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema plantio direto**. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 1., Viçosa, 1998. Resumo das palestras. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.19-61.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. de P. da.; CAMPOS, S. X. de; VIEIRA, E. M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 53-58, 2003.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Árvore do conhecimento... cana-de-açúcar**. AGEITEC-Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2018. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_51_711200516718.html. Acesso em: 20 jan. 2019.

SANTOS, E. A. dos; CORREIA, N. M.; BOTELHO, R. G. Resíduos de herbicidas em corpos hídricos-Uma revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 188-201, 2013.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.115–123, 2010.

SCHWARTZ, S. B. Colonial Brazil: plantations and peripheries 1580-1750. In: Bethell, Leslie, ed. **The Cambridge History of Latin America**. Cambridge, 1985, v.3.

SILVA, A. A. et al. **Biologia e controle de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. CD-Rom.

SILVA, A. P. dá; BONO, J. A.; PEREIRA, F. D. A. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.18, n.1, p. 38- 43, 2014.

SILVA, J. **Pesquisa desenvolve hidrogel fertilizante de baixo custo**. 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/24638368/pesquisa-desenvolve-hidrogel-fertilizante-de-baixo-custo>> Acesso em: Jan. de 2020.

SILVA, M. A. S. da.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.108–114, 2007.

SILVA, M. A.; GRIEBELER S., NORI P., BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 11(1), 108-114, 2007.

SILVA, M. R. dá; CAMPOS, A. C. E. de; BOHM, F. Z. Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 8, n. 2, 2013.

SIMAMBUCO, S. M.; NASCIMENTO FILHO, V. F. Study on vinassedynamics in soil using energy dispersive x-ray fluorescencewith radioisotopic excitation. **Scientia Agricola**, v.5, p.207-215, 1994.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 937-944, 2004.

SPADOTTO, C. A.; Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos. In: Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA JURÍDICA DA FACULDADE MARECHAL RONDON, 4., 2006, São Manuel, SP. Artigos publicados... São Manuel, SP: FMR, 2006. p. 1-9. Revista do Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel, p. 1-9, maio 2006., 2006.

STUPIELLO, P. et al. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, v.33, n.11, p.41-49, 1977.

TRINDADE, S. P. **Aptidão agrícola, mudanças de usos dos solos, conflitos e impactos diretos e indiretos da expansão da cana-de-açúcar na região sudoeste goiano**. 2015. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. **Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências**, p. 47, 2014.

Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, p. 78. 2017.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n. 97, p. 1-16, 2002.

WILKIE, A.C.; RIEDESEL, K.J.; OWENS, J.M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, n. 2, p. 63-102, 2000.

ZION MARKET RESEARCH. 2019. Disponível em:
<<https://www.zionmarketresearch.com/>> Acesso em: 10 de abr. de 2019.

ANEXO 1- Continuação

Data da coleta	PLUVIOSIDADE 2017					PLUVIOSIDADE 2018							
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro
25		1,4		15,2	11,6	9,2						5	
26			20	0,6	19,6	1,2	12,2	0,2					
27		3,8	19,4	13,2	14,8	0,4							
28		15,4		17,6	0,2	2,6		1,4					3
29	21	0,2		19,6	28,2								
30	3	16,6	7,6	44,6	0,4		10,8						
31				78,2	7,4		17,8						
Total Chuvas (mm)	24	62,2	246	320,8	10	200	48,6	7	26	0	0	5	5
Dias de chuva	2 Dias	11 Dias	15 Dias	17 Dias	21 Dias	18 Dias	13 Dias	10 Dias	2 Dias	0 Dia	0 Dia	3 Dias	6 Dias

Anexo 2. Determinação da presença de moléculas de Diuron, Hexazinona e Clomazone em amostras de água percoladas coem área de cultivo de cana-de-açúcar no tratamento com Polímero em relação as moléculas químicas

2017				
Data da Coleta	Pluviosidade (mm)	Diuron (p.p.m)	Hexazinona (p.p.m)	Clomazone (p.p.m)
28/set	21	<1	<1	<1
30/set	3	<1	<1	<1
01/out	2	<1	<1	<1
02/out	7	<1	<1	<1
10/out	1,2	<1	<1	<1
20/out	0,2	<1	<1	<1
21/out	13,4	<1	<1	<1
23/out	1	<1	<1	<1
25/out	1,4	<1	<1	<1
27/out	3,8	<1	<1	<1
28/out	15,4	<1	<1	<1
29/out	0,2	<1	<1	<1
30/out	16,6	<1	<1	<1
01/nov	0,2	<1	<1	<1
02/nov	0,2	<1	<1	<1
04/nov	78,2	<1	<1	<1
07/nov	9	<1	<1	<1
08/nov	0,8	<1	<1	<1
11/nov	1,2	<1	<1	<1
17/nov	6,6	<1	<1	<1
18/nov	1,8	<1	<1	<1
19/nov	32,2	<1	<1	<1
20/nov	0,2	<1	<1	<1
21/nov	14	<1	<1	<1
22/nov	54,6	<1	<1	<1
26/nov	20	<1	<1	<1
27/nov	19,4	<1	<1	<1
30/nov	7,6	<1	<1	<1
01/12/2017 EV 1	60,4	<1	<1	<1
01/12/2017 EV2	20	<1	<1	<1
02/dez	13,6	<1	<1	<1
03/dez	0,2	<1	<1	<1
11/dez	25,8	<1	<1	<1
12/dez	0,2	<1	<1	<1
14/dez	2,8	<1	<1	<1
19/dez	5,2	<1	<1	<1
20/dez	0,2	<1	<1	<1
22/dez	0,8	<1	<1	<1
24/dez	2,6	<1	<1	<1

Anexo 2 – Continuação

25/dez	15,2	<1	<1	<1
26/dez	0,6	<1	<1	<1
27/dez	13,2	<1	<1	<1
28/dez	17,6	<1	<1	<1
29/dez	19,6	<1	<1	<1
30/dez	44,6	<1	<1	<1
31/dez	78,2	<1	<1	<1
2018				
01/jan	7,4	<1	<1	<1
02/jan	48,2	<1	<1	<1
03/jan	29,4	<1	<1	<1
04/jan	0,4	<1	<1	<1
05/jan	17,2	<1	<1	<1
06/jan	31,2	<1	<1	<1
08/jan	21,6	<1	<1	<1
09/jan	44,6	<1	<1	<1
10/jan	0,2	<1	<1	<1
12/jan	19,4	<1	<1	<1
13/jan	5,8	<1	<1	<1
14/jan	1,8	<1	<1	<1
17/jan	0,2	<1	<1	<1
24/jan	0,4	<1	<1	<1
25/jan	11,6	<1	<1	<1
26/jan	19,6	<1	<1	<1
27/jan	14,8	<1	<1	<1
28/jan	0,2	<1	<1	<1
29/jan	28,2	<1	<1	<1
30/jan	0,4	<1	<1	<1
31/jan	7,4	<1	<1	<1
01/fev	0,2	<1	<1	<1
03/fev	2,4	<1	<1	<1
04/fev	2,4	<1	<1	<1
05/fev	3	<1	<1	<1
08/fev	3,2	<1	<1	<1
09/fev	27,6	<1	<1	<1
10/fev	0,2	<1	<1	<1
13/fev	29,6	<1	<1	<1
14/fev	11,8	<1	<1	<1
15/fev	0,2	<1	<1	<1
18/fev	36,2	<1	<1	<1
19/fev	10	<1	<1	<1
20/fev	11,8	<1	<1	<1
21/fev	48	<1	<1	<1
25/fev	9,2	<1	<1	<1
26/fev	1,2	<1	<1	<1

Anexo 2 – Continuação

27/fev	0,4	<1	<1	<1
28/fev	2,6	<1	<1	<1
06/mar	0,4	<1	<1	<1
07/mar	8,6	<1	<1	<1
10/mar	0,2	<1	<1	<1
11/mar	19	<1	<1	<1
12/mar	0,4	<1	<1	<1
16/mar	0,6	<1	<1	<1
17/mar	12,2	<1	<1	<1
18/mar	0,2	<1	<1	<1
21/mar	43	<1	<1	<1
22/mar	23,2	<1	<1	<1
26/mar	12,2	<1	<1	<1
30/mar	10,8	<1	<1	<1
31/mar	17,8	<1	<1	<1
01/abr	12	<1	<1	<1
02/abr	2	<1	<1	<1
03/abr	2,6	<1	<1	<1
04/abr	0,2	<1	<1	<1
14/abr	4,4	<1	<1	<1
15/abr	0,2	<1	<1	<1
16/abr	23,6	<1	<1	<1
17/abr	0,4	<1	<1	<1
07/mai	3	<1	<1	<1
19/mai	23	<1	<1	<1
09/ago	5	<1	<1	<1
24/ago	15	<1	<1	<1
25/ago	5	<1	<1	<1
14/set	11	<1	<1	<1
16/set	6	<1	<1	<1
17/set	17	<1	<1	<1
19/set	45	<1	<1	<1
20/set	3	<1	<1	<1
27/set	3	<1	<1	<1

ANEXO 3 - Determinação da presença de moléculas de Diuron, Hexazinona e Clomazone em amostras de água em diferentes profundidades (0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm), sem aplicação de polímero, em área de cultivo de cana-de-açúcar

2017				
Data da coleta	Profundidade	Diuron (p.p.m)	Hexazinona (p.p.m)	Clomazone (p.p.m)
30/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
31/09	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
03/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
11/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
22/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
24/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
30/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
31/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

02/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
03/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
05/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
08/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
09/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
12/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
18/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
19/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
20/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
21/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
22/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
23/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
27/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
28/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
31/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/12/2018				
Ev 1	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/12/2018				
Ev 2	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
04/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
12/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
13/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
20/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
23/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
25/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
27/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

30/dez	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
31/dez	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
01/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
02/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
03/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
04/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
05/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
06/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
07/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
09/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
10/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
11/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
13/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
14/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
15/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
18/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
25/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
27/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
30/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
31/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
01/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
04/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
05/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
06/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
09/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

10/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
11/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
14/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm		<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
16/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
19/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
20/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
22/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
27/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
07/mar	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
08/mar	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

11/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
12/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
13/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
17/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
18/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
19/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
22/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
23/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
27/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
31/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
01/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
02/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
03/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
04/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
05/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
16/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
17/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
18/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
08/mai	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
19/mai	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
10/ago	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
25/ago	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/ago	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
17/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
18/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
		<1	<1	<1
20/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 3 – Continuação

28/set	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1

ANEXO 4 - Determinação da presença de moléculas de Diuron, Hexazinona e Clomazone em amostras de solo em diferentes profundidades (0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm), sem aplicação de polímero, em área de cultivo de cana-de-açúcar

2017				
Data da coleta	Profundidade	Diuron (p.p.m)	Hexazinona (p.p.m)	Clomazone (p.p.m)
30/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
31/09	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
03/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
11/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
22/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
24/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
30/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
31/out	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

02/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
03/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
05/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
08/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
09/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
12/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
18/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
19/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
20/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
21/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
22/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
23/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
27/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
28/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
31/nov	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/12/2018				
Ev 1	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/12/2018				
Ev 2	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
04/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
12/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
13/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
20/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
23/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
25/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
27/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/dez	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

30/dez	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
31/dez	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
01/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
02/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
03/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
04/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
05/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
06/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
07/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
09/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
10/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
11/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
13/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
14/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
15/jan	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
18/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
25/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
27/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
30/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
31/jan	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
01/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
02/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
04/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
05/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
06/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
09/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

10/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
11/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
14/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm		<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
16/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
19/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
20/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
22/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
27/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
28/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
29/fev	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
07/mar	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
08/mar	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

11/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
12/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
13/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
17/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
18/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
19/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
22/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
23/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
27/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
31/mar	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
01/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
02/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
03/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
04/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
05/abr	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
16/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
17/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
18/abr	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
08/mai	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
19/mai	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
10/ago	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
25/ago	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
26/ago	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
15/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
17/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
18/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
		<1	<1	<1
20/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1
21/set	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1

Anexo 4 – Continuação

28/set	10-15cm	<1	<1	<1
	0-5cm	<1	<1	<1
	5-10cm	<1	<1	<1
	10-15cm	<1	<1	<1