



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Francisco Beltrão



**Curso de Engenharia Ambiental**

**FERNANDA JOICE CARDOSO**

**CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÓLEO DIESEL PELA MATÉRIA  
ORGÂNICA PRESENTE EM SUBSTRATOS DE SOLO ATRAVÉS DO  
MÉTODO DE LIXIVIAÇÃO SIMPLIFICADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Francisco Beltrão**

**2018**

FERNANDA JOICE CARDOSO

**CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÓLEO DIESEL PELA MATÉRIA  
ORGÂNICA PRESENTE EM SUBSTRATOS DE SOLO ATRAVÉS DO  
MÉTODO DE LIXIVIAÇÃO SIMPLIFICADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Thalita Grando Rauen  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Claudia Eugênia Castro Bravo

FRANCISCO BELTRÃO

2018



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Francisco Beltrão



***Curso de Engenharia Ambiental***

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2**

**Capacidade de retenção de óleo diesel pela matéria orgânica presente em substratos de solo através do método de lixiviação simplificado**

por

**Fernanda Joice Cardoso**

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 15:30 horas, do dia 26 de Novembro de 2018, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

---

**Thalita Grando Rauen**

(Presidente da banca)

---

**Claudia Eugênia Castro Bravo**

(Membro da banca)

---

**Michelle Milanez França**

(Membro da banca)

---

**Denise Andréia Szymczak**

(Professora responsável pelo TCC e coordenadora do curso de engenharia ambiental)

**“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”.**

## RESUMO

CARDOSO, Fernanda Joice. **Capacidade de retenção de óleo diesel pela matéria orgânica presente em substratos de solo através do método de lixiviação simplificado**. 2018. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

A contaminação de ambientes por derivados do petróleo, como o óleo diesel é uma preocupação mundial. A principal forma de propagação desse tipo de poluente ocorre por pequenos vazamentos, que acumulados causam grandes prejuízos ao ecossistema. A matéria orgânica é um dos principais componentes responsáveis pela estrutura do solo afetando diretamente a percolação das águas. Nesse aspecto o presente trabalho teve por objetivos caracterizar dois substratos distintos contaminados com óleo diesel e relacionar este fator com a quantidade de matéria orgânica presente neles e com o teor de óleos e graxas de águas que percolaram por estes substratos. Depois de caracterizar os substratos, através de um teste de lixiviação, foi possível evidenciar que, além da influência no pH e na demanda química de oxigênio, o aumento da quantidade de matéria orgânica contribuiu para a diminuição da dispersão do óleo diesel no ambiente.

**Palavras-chave:** Contaminação. Derivados do petróleo. Matéria orgânica. Percolação. Lixiviação.

## ABSTRACT

CARDOSO, Fernanda Joice. **Evaluation of the diesel retention capacity by organic matter presente in soil substrates using the simplified leaching method.** 2018. 35 p. Course Completion Work (Bachelor of Environmental Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

Contamination of environments by petroleum derivatives such as diesel oil is a worldwide concern. The main form of propagation of this type of pollutant occurs by small leaks, which accumulate cause great damages to the ecosystem. The organic matter is one of the main components responsible for the structure of the soil, directly affecting the percolation of the waters. In this aspect, the objective of this work was to characterize two different substrates contaminated with diesel oil and to relate this factor to the amount of organic matter present in them and to the oil and grease content of waters that percolate through these substrates. After characterizing the substrates, through a leaching test, it was possible to show that, in addition to the influence on the pH and the chemical oxygen demand, the increase in the amount of organic matter contributed to the reduction of dispersion of the diesel oil in the environment.

**Keywords:** Contamination. Derivatives of petroleum. Organic matter. Percolation. Leaching.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Principais combustíveis comercializados no Brasil em 2014. ....	13
Figura 2: volume de vazamentos de óleo e derivados: vazamentos a cima de 1 barril (0,159 m <sup>3</sup> ) que tenham atingido corpos hídricos ou solo. ....	15
Figura 3: Modelo tridimensional de ácido húmico. (Azul claro: C; Branco: H; Vermelho: O; Azul escuro: N). ....	16
Figura 4: Amostras 1 esterilizadas. ....	19
Figura 5: Amostras 2 esterilizadas. ....	19
Figura 7: Fluxograma das etapas experimentais ....	20
Figura 6: Teste de lixiviação simplificado ocorrido no terceiro dia de experimento. ....	22
Figura 8: Volume médio escoado ....	25
Figura 9: Medidas de pH das amostras A1-0, A1-3 e A1-13 A2-0, A2-3 e A2-13. ....	26
Figura 10: Valores da Demanda Química de Oxigênio nas águas lixiviadas. ....	28
Figura 11: Teores de matéria orgânica e óleos e graxas nas águas lixiviadas. ....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do óleo diesel pelo teor de enxofre. ....	14
Tabela 2: Designação das amostras de águas lixiviadas. ....	22
Tabela 3: Análises químicas da lixiviação do percolado. ....	23
Tabela 4: Análises químicas dos substratos. ....	24
Tabela 5: Valores de DQO de efluentes de refinaria de petróleo encontrados na literatura. ....	28

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
3.1 DERIVADOS DO PETRÓLEO.....	12
3.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	15
3.4 ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES DO SOLO .....	17
3.5 CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	17
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
4.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO ÓLEO DIESEL .....	18
4.2 AMOSTRAS.....	18
4.2.1 Identificação e obtenção.....	18
4.2.2 Delineamento Experimental.....	20
4.2.3 Preparo.....	20
4.2.4 Caracterização das amostras .....	21
4.2.5 Contaminação das Amostras.....	21
4.3 TESTE DE LIXIVIAÇÃO SIMPLIFICADO .....	21
4.3.2 Lixiviação do Percolado.....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>24</b>
5.1. AMOSTRAS DE SOLOS .....	24
5.2 LIXIVIAÇÃO .....	25
5.3 ÁGUAS LIXIVIADAS .....	26
5.3.1 pH.....	26
5.3.2 DQO.....	27
5.6 ÓLEOS E GRAXAS.....	29
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>31</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>32</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O termo sustentabilidade está associado à capacidade de se auto manter, para uma sociedade se tornar sustentável, é imprescindível que não coloque em risco os recursos naturais (MIKHAILOVA, 2004).

O solo é um dos principais componentes do ecossistema, pois cobre grande parte da superfície terrestre. Este recurso pode ser considerado limitado, visto que alguns de seus constituintes requerem longos períodos para serem restaurados (ANTUNES et al., 2016).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA (acesso em junho de 2018), uma das vias de contaminação das águas subterrâneas é por meio do processo de lixiviação do solo. Mendes et al. (2015), também ressaltam que este processo é influenciado pelas funções ecológicas e práticas de manejo podendo afetar a adesão de nutrientes e acentuar a poluição ambiental.

A matéria orgânica presente nos solos exerce vários papéis, sendo um deles, a imobilização de contaminantes. Devido à sua estrutura complexa (Novotny, 2002), a percolação dos contaminantes pelo processo de lixiviação, até as camadas mais profundas do solo é dificultada. Segundo Reginatto et al. (2011) solos com cobertura vegetal escassa tendem a possuir uma quantidade de matéria orgânica (MO) inferior e menos diversificada quando comparado a áreas de densa vegetação.

Diante disso, existe a preocupação com os tipos de resíduos decorrentes das diversas atividades antrópicas, dentre estes, os derivados do petróleo, possuem grande representatividade. Uma das principais formas de propagação destes resíduos se dá a partir de pequenos vazamentos. Quando acumulados, podem afetar uma vasta área, causando alterações nas propriedades físico químicas do solo, contaminação do lençol freático, distúrbios biológicos e nas demais relações entre os integrantes do meio (LUZ et al., 2011).

Perante a necessidade do conhecimentos das características de áreas impactadas, para tomada de medidas mitigatórias corretas, o presente trabalho teve por objetivo verificar a influência da concentração da matéria orgânica na lixiviação de óleo diesel, em duas amostras distintas de substratos de solo esterilizados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência da concentração da matéria orgânica no teor de óleos e graxas de águas que passaram por um processo de lixiviação, em substratos de solos contaminados com óleo diesel.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar o pH e a quantidade de matéria orgânica das amostras de solo (solo e fertilizante orgânico);
- Aplicar o método de lixiviação simplificado nos substratos de solo;
- Determinar os parâmetros físico-químicos das águas lixiviadas: pH, demanda química de oxigênio (DQO) e matéria orgânica (MO);
- Determinar os índices de óleos totais nas águas lixiviadas;

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 DERIVADOS DO PETRÓLEO

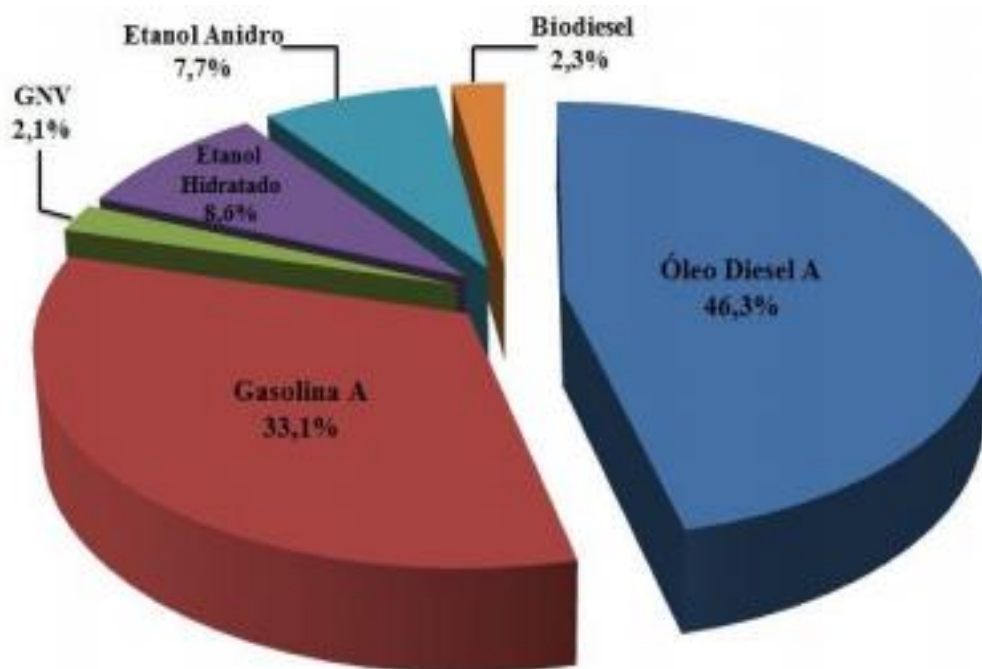
Com o aumento da população mundial e a crescente demanda por bens de consumo, mesmo com o desenvolvimento de tecnologias alternativas para a produção de energia, o mundo ainda é muito dependente de fontes não renováveis, sendo o petróleo e derivados sua mais significativa representação. A utilização do petróleo revolucionou a área científica servindo como um dos principais geradores de energia e fornecedores de renda do planeta (OLIVEIRA et al., 2016).

O petróleo é considerado o principal componente no avanço da economia, servindo como matéria prima para diversos produtos, como plástico, gasolina e óleo diesel. Este fato, implica no aumento da produção, processamento, distribuição e armazenamento dos produtos gerados para as mais distintas áreas abrangendo a população, empresas e indústrias (FREIRE et al., 2010).

O setor de transportes brasileiro é essencialmente rodoviário de modo que a comercialização de combustíveis é um fator muito importante para inúmeras áreas da economia. Dessa maneira este fato se torna um aspecto fundamental na manutenção da atividade industrial, nas transformações de energia, avanço e modernização dos setores e para a geração de emprego e renda (OLIVEIRA e SODRÉ, 2016).

A Figura 1 representa os percentuais dos principais combustíveis comercializados no cenário brasileiro no ano de 2014, onde o óleo diesel representou 46,3 % do consumo nacional.

Figura 1: Principais combustíveis comercializados no Brasil em 2014.



Fonte: Adaptada do anuário da ANP, apresentada por Câmara, 2016.

O óleo diesel é obtido a partir da destilação fracionada do petróleo cru, composto basicamente por hidrocarbonetos com cadeia de 10 a 20 carbonos. Quando comparado à gasolina, pode-se afirmar que é menos solúvel em água e possui um peso molecular maior. Devido a sua constituição complexa e variabilidade, dificuldades são encontradas no tratamento de áreas contaminadas implicando na maior recalcitrância desses compostos no ambiente (HEIDERSCHIEDT et al., 2016).

A resolução ANP n° 50 de 23 de dezembro de 2013 regulamenta as especificações do óleo diesel, definindo como “Óleo Diesel A” o combustível produzido nas refinarias destinado ao uso rodoviário sem adição de biodiesel, e “Óleo Diesel B” o combustível “A” com a adição de biodiesel de acordo com a legislação vigente de cada localidade do território brasileiro, a Tabela 1 classifica o tipo do óleo de acordo com a quantidade de enxofre:

Tabela 1: Classificação do óleo diesel pelo teor de enxofre.

<b>Nomenclatura</b>	<b>Quantidade de Enxofre (Mg/kg)</b>
S 10	<10
S 500	<500
S1800	<1800

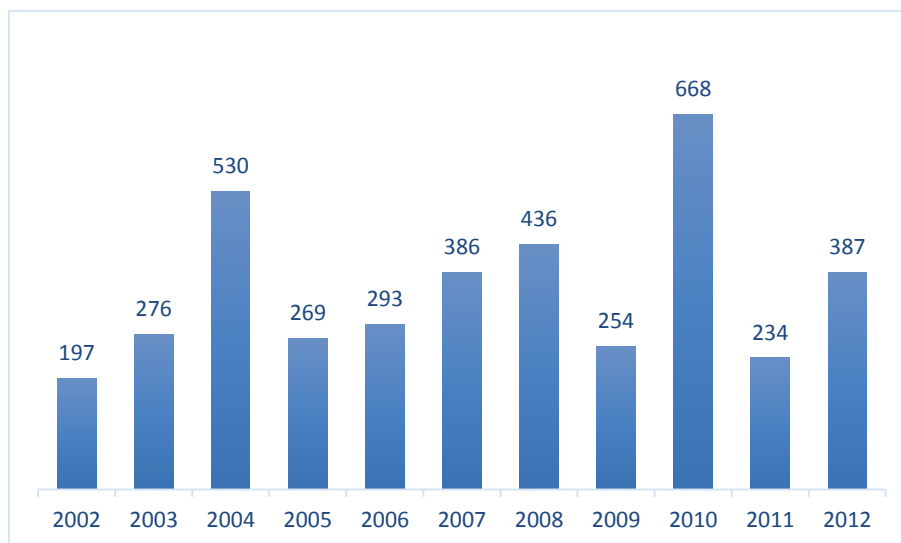
Fonte: Resolução ANP n° 50 de 23 de dezembro de 2013, adaptado.

As contaminações por derivados do petróleo estão cada vez mais frequentes e podem ser relacionadas ao aumento do consumo de combustíveis. De acordo com Mariano (2006) as razões mais relevantes dos vazamentos pontuais em tanques de estocagem são:

- Geralmente existe a deficiência de cuidados na instalação dos tanques, podendo causar danos as paredes dos reservatórios;
- Falta de manutenção, principalmente em tanques que ficam em contato direto com o solo sofrendo efeitos da umidade e precipitação;
- Tanques sem o volume de combustível preenchido completamente tendem a corroer mais rápido;
- Falta de revestimento com material anti-corrosivo;
- As variações nos níveis do lençol freático favorecem a corrosão dos tanques devido a acidez das águas subterrâneas;

Acidentes em postos de distribuição de combustíveis não são raros, dessa forma é necessário que haja um monitoramento mais sistemático desses locais, a fim de evitar o dano ao meio ambiente, (FINOTTI et al, 2001). A Figura 2 mostra o número de vazamentos registrados, ocorridos no Brasil, com quantidade superior a um barril (0,159 m<sup>3</sup>) que tenham atingido corpos hídricos ou o solo entre os anos de 2002 e 2012.

Figura 2: volume de vazamentos de óleo e derivados: vazamentos a cima de 1 barril (0,159 m<sup>3</sup>) que tenham atingido corpos hídricos ou solo.



Fonte: Adaptado de Heidersheidt et al, (2016)

### 3.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

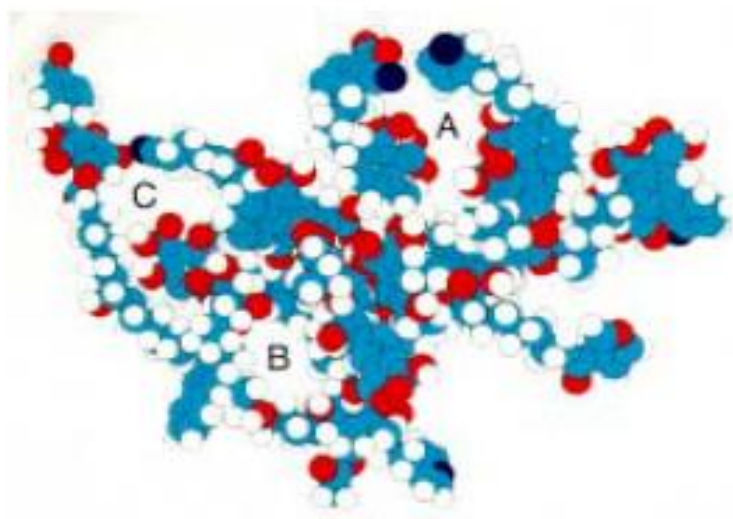
O solo é estabelecido como uma unidade tridimensional complexa constituída de aspectos químicos, físicos e interações biológicas que possibilitam a sua formação. A fase sólida do solo é composta por parcelas de minerais e matéria orgânica. O teor de matéria orgânica é útil na identificação da textura do solo, com valores até de 15 g.dm<sup>-3</sup> para solos arenosos, entre 16 e 30 g.dm<sup>-3</sup> para solos de textura média e de 31 a 60 g.dm<sup>-3</sup> para solos argilosos. Valores muito acima de 60 g.dm<sup>-3</sup> indicam acúmulo de matéria orgânica no solo por condições localizadas, em geral por má drenagem ou acidez elevada (IAC, SP: acessado em 17 de junho de 2018).

Grande parte da matéria orgânica do solo provém de resíduos vegetais em decomposição, agindo como principal agente na formação e estabilização dos agregados, causando a diminuição da densidade e conseqüentemente o aumento da quantidade de macroporos. A abertura de espaços dificulta a compactação do sistema e proporciona uma melhor estrutura, a qual está fortemente associada a adaptação das espécies (GOMES et al., 2015).

A matéria orgânica é responsável tanto pela mobilidade de contaminantes quanto pela retenção de compostos no solo, os sistemas de manejo, além de alterarem esse parâmetro, também influenciam diretamente na erosão hídrica, modificando a densidade do solo, porosidade, estabilidade dos agregados e permeabilidade, resultado de perdas de água no solo, nutrientes e conseqüentemente causando a degradação dos ecossistemas (HERNANI et al., 1999).

Isso se dá pelo caráter anfifílico das substâncias húmicas, que constituem a maior parte da MO, as quais apresentam grupos funcionais que são capazes de adsorver tanto poluentes orgânicos como inorgânicos, diminuindo a biodisponibilidade deles no ambiente. A figura 3 mostra a estrutura tridimensional de um ácido húmico, modelada matematicamente, por Novotny (2002) a partir do modelo proposto por Schulten e Schnitzer em 1995. Nos espaços vazios apresentados na modelagem A, B e C, compostos orgânicos, hidrofílicos ou hidrofóbicos podem se alojar.

Figura 3: Modelo tridimensional de ácido húmico. (Azul claro: C; Branco: H; Vermelho: O; Azul escuro: N).



Fonte: Novotny, 2002



### 3.4 ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES DO SOLO

A falta de planejamento ambiental, juntamente com o manejo inadequado do solo, tem como efeito uma série de modificações em suas propriedades. Com a retirada da vegetação nativa e a implantação da agricultura, o solo é submetido a uma sequência de processos a fim de propiciar condições favoráveis a semeadura, Xavier et al, (2006), ressaltam que a perda da matéria orgânica tem influência direta na produtividade do solo, afetando negativamente suas condições físicas e acarretando na diminuição de energia e recursos.

Um solo cultivado apresenta características diferentes de locais de vasta cobertura vegetal onde há a preservação da unidade e aumento da matéria orgânica devido a maior concentração de serapilheira (GOMES et al., 2015). A degradação física do solo pode ocorrer devido aos diferentes modos de manejo, os quais interferem na infiltração, resistência mecânica, densidade e porosidade do local (MAZURANA et al., 2011).

Marchiori e Melo, (2000) afirmam que o parâmetro matéria orgânica disponível, quando comparado a fatores físico-químicos, responde mais rapidamente as alterações antrópicas e pode variar sua intensidade de acordo com o sistema agrícola implantado.

### 3.5 CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

De acordo com Varnier e Hirata (2000) cerca de 29 % da água doce presente no planeta está sob a forma subsuperficial. A água subterrânea, do ponto de vista hidrológico, corresponde a toda a parcela situada na zona saturada do solo, a baixo do nível freático. Enquanto a zona não saturada, corresponde a parte mais próxima à superfície e está sob influência da capilaridade, e da evapotranspiração da vegetação.

A precipitação pluviométrica é a maior responsável pela recarga das águas subterrâneas. Ao chegar até o solo parte da água da chuva se infiltra até ficar armazenada a uma determinada profundidade, possibilitando a manutenção

dos aquíferos. Enquanto a outra parcela fica retida nas camadas mais superficiais, armazenada nos poros, fazendo parte da constituição da umidade do solo (VIVIAN, 2015).

Compostos derivados do petróleo, ao serem liberados no ecossistema, em vazamentos, por exemplo, se infiltram no solo juntamente com a água ou como uma parcela não aquosa, sob influências de forças gravitacional e capilar. Com esse movimento vertical, quando estes compostos atingem o nível d'água subterrâneo, passam a flutuar sobre ele, formando assim um pluma de contaminação (LUCAS, 2017).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO ÓLEO DIESEL**

O óleo diesel utilizado foi obtido comercialmente a partir de um dos postos da PETROBRAS distribuidora S.A. Este óleo se caracteriza como óleo diesel do tipo B S10, óleo produzido nas refinarias com adição de biodiesel e um teor de enxofre de  $10 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

### **4.2 AMOSTRAS**

#### **4.2.1 Identificação e obtenção**

O Substrato 1, utilizado na preparação das amostras A1, é um solo retirado de uma propriedade particular localizada próxima a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, interior de Francisco Beltrão ( $26^{\circ}4'52''$  S;  $53^{\circ}5'30''$  O). A área é destinada a agricultura, onde são aplicadas técnicas de manejo da rotação entre culturas de milho e soja. O clima da região, segundo a classificação climática de Koppen (ITCG, 2008), é subtropical úmido, sem estação seca definida, onde a temperatura média varia entre  $14^{\circ}\text{C}$  e  $22^{\circ}\text{C}$  e os índices pluviométricos entre 1.500 mm e 2.500 mm anuais. De acordo com a

Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA (2006) pode-se classificar o solo da região como Latossolo Vermelho Distrófico Típico.

As amostras A1, do substrato 1 (solo), foram coletadas com auxílio de uma pá, e retiradas de uma profundidade de 0 a 20 cm, porção equivalente ao horizonte A, onde há uma maior presença de matéria orgânica consequentemente maior retenção de nutrientes (ALOVISI et al., 2018).

O Substrato 2, utilizado na preparação das amostras A2, é um composto orgânico destinado a jardins e hortas que foi obtido comercialmente. Este fertilizante foi gerado através da vermicompostagem de esterco de aves com adição de casca de pinus e casca de arroz carbonizada, configurando-se como um fertilizante orgânico simples “Classe A” conforme a classificação da Instrução normativa SDA nº 25/2009.

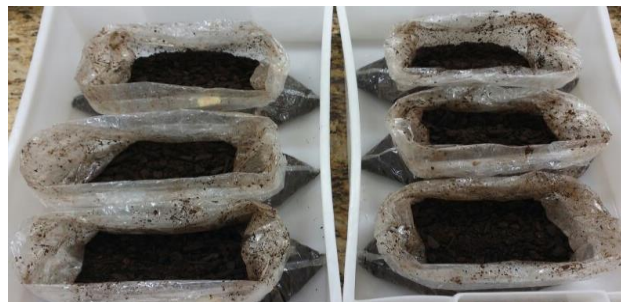
As figuras 4 e 5 representam as amostras 1 e 2 respectivamente, sendo preparadas para a adição do óleo diesel.

Figura 4: Amostras 1 esterilizadas.



Fonte: Dados da autora (2018).

Figura 5: Amostras 2 esterilizadas.

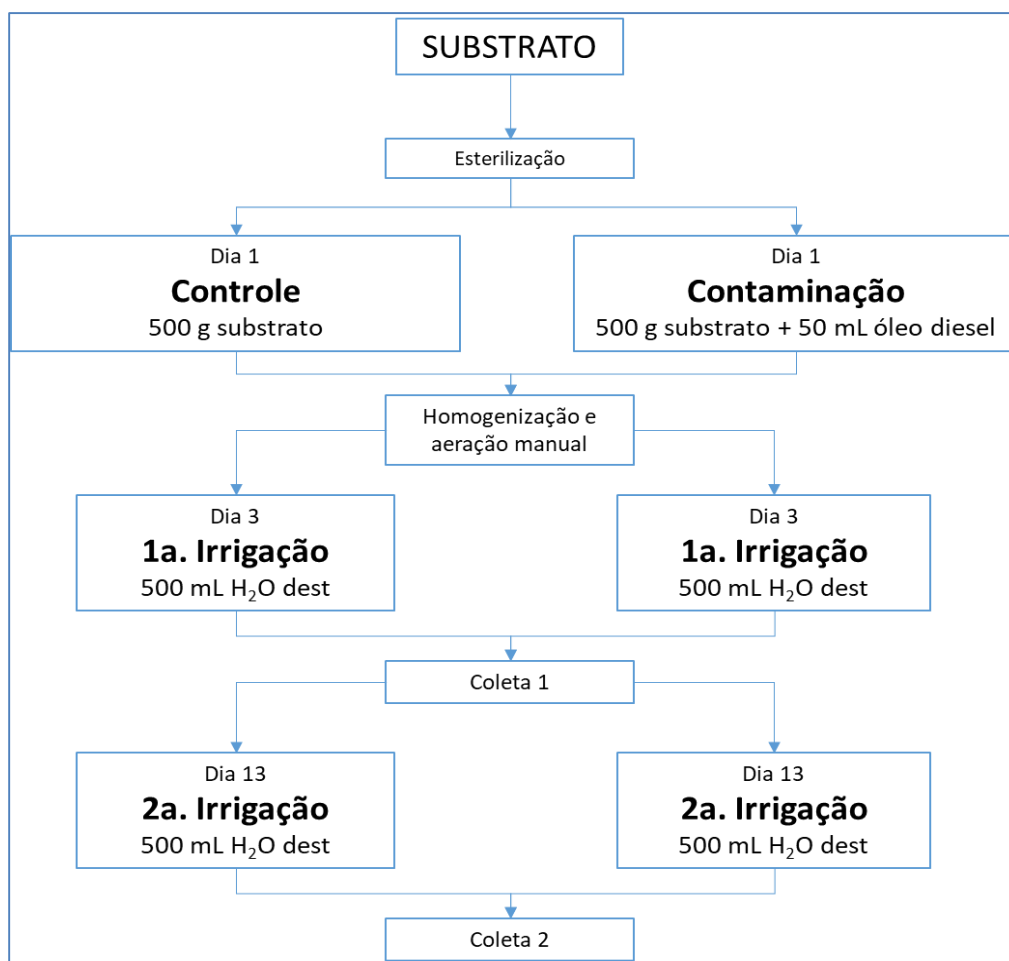


Fonte: Dados da autora (2018).

### 4.2.2 Delineamento Experimental

O experimento ocorreu sob um delineamento inteiramente casualizado, dividido em dois fatores que são as amostras de solos utilizadas. A figura 7 apresenta o fluxograma simplificado do experimento. Este procedimento ocorreu para cada amostra, em triplicata.

Figura 6: Fluxograma das etapas experimentais



Fonte: Dados da autora (2018).

### 4.2.3 Preparo

3,5 kg de cada amostra foram divididos em 7 sub-amostras de 500 g, totalizando no experimento 14 sub-amostras. Todas as amostras (1 e 2), foram acondicionadas em sacos de poliéster e autoclavadas a 121°C por 20 minutos, a fim de garantir as mesmas condições iniciais ao experimento, sem a interferência de microrganismos.

#### **4.2.4 Caracterização das amostras**

Após a esterilização das amostras, uma sub-amostra de cada substrato foi destinada a sua devida caracterização. No laboratório de solos da UTFPR foram realizadas as medidas de pH com pHmetro do tipo DLA - PH devidamente calibrado com soluções tampão 4 e 7 respectivamente. As medições ocorreram a partir de soluções compostas por 30 mL de água destilada e 20 g da respectiva sub-amostra agitadas com bastão de vidro depois de um período de uma hora de repouso (EMBRAPA, 1997).

A análise do teor de carbono orgânico total ocorreu no laboratório Solanálise de Cascavel – PR conforme o método estabelecido pela EMBRAPA (2006). Com teor do carbono orgânico, multiplicado pelo fator 1,7 foi possível determinar o valor de matéria orgânica presente nas amostras antes do processo de contaminação por óleo diesel.

#### **4.2.5 Contaminação das Amostras**

Foram separadas três sub-amostras de cada de substrato de solo, e contaminadas uma única vez com 50 mL de óleo diesel cada. A contaminação das amostras ocorreu manualmente com posterior homogeneização, e a aeração foi promovida através da mistura manual a cada 24 horas. As alíquotas contaminadas foram então dispostas em recipientes, sobre papel filtro para minimizar a perda de material sólido.

### **4.3 TESTE DE LIXIVIAÇÃO SIMPLIFICADO**

A Tabela 2 relaciona a nomenclatura utilizada para diferenciação das amostras de águas lixiviadas. Os índices 1 e 2 designam as diferentes amostras de solos; o índice 0, designa amostra não contaminada, os índices 3 e 13 designam os dias de testes de lixiviação após contaminação no terceiro e décimo terceiro dias, respectivamente.

Tabela 2: Designação das amostras de águas lixiviadas.

<b>Nomenclatura</b>	<b>Tratamento</b>
A1 – 0	Controle 1 – Água lixiviada da amostra 1 sem óleo diesel
A1 – 3	Água lixiviada da amostra 1 + 50 mL óleo diesel + 3 dias de contaminação
A1 - 13	Água lixiviada da amostra 1 + 50 mL óleo diesel + 13 dias de contaminação
A2 - 0	Controle 2 – Água lixiviada da amostra 2 sem óleo diesel
A2 - 3	Água lixiviada da amostra 2 + 50 mL óleo diesel + 3 dias de contaminação
A2 - 13	Água lixiviada da amostra 2 + 50 mL óleo diesel + 13 dias de contaminação

Fonte: Dados da autora (2018).

As irrigações para os testes de lixiviação foram realizados no 3<sup>o</sup> (para A1-0, A1-3, A2-0 e A2-3 e) e no 13<sup>o</sup> dia após a contaminação (para A1-13 e A2-13). As amostras foram colocadas em filtros de papel de 550 cm<sup>3</sup> de volume. Em seguida com o auxílio de um regador de jardinagem convencional, receberam um volume de 500 mL de água destilada. A figura 6 ilustra a maneira como o teste de lixiviação simplificado ocorreu.

Figura 7: Teste de lixiviação simplificado ocorrido no terceiro dia de experimento.



Fonte: Dados da autora (2018).

O volume de água em cada irrigação foi calculado segundo parâmetros meteorológicos da região de acordo com dados da Climate-Data.org. Em Francisco Beltrão, ainda que no mês mais seco do ano, existe uma pluviosidade bastante significativa. O clima é classificado como Cfa de acordo com a Köppen. 18.2 °C é a temperatura média. A pluviosidade média anual é 1934 mm.

Um volume pluviométrico de 50 mm é considerado uma chuva capaz de gerar impactos negativos no meio urbano da cidade de Francisco Beltrão, contudo estes eventos ocorreram de maneira regular nos últimos anos de acordo com dados da Prefeitura do município (2017).

De acordo com Sistema Internacional de Unidades uma chuva de 1 mm corresponde a 1 L que precipitou sobre uma área de 1 m<sup>2</sup>. Conhecida a área do recipiente com 13 cm de diâmetro, e fazendo uma simulação de uma precipitação de 50 mm, foi determinado o volume de 500 mL de água destilada a ser usada em cada irrigação. As amostras das águas lixiviadas foram coletadas para análises físico-químicas e de teor de óleos e graxas após 3 horas de cada irrigação.

#### 4.3.2 Lixiviação do Percolado

O pH de cada amostra de água retirada dos substratos foi aferido no laboratório de solos da UTFPR, este parâmetro foi medido utilizando um pHmetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 respectivamente (SMWW, 2017).

As análises de matéria orgânica em O<sub>2</sub>, óleos e graxas totais e demanda química de oxigênio foram feitas no Laboratório LGQ Francisco Beltrão de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Análises químicas da lixiviação do percolado.

<b>Ensaio</b>	<b>Método de referência</b>
Matéria orgânica em O <sub>2</sub>	MPA – portaria n° 1 de 07/10/1981
Demanda química de oxigênio	SMWW, 23ª Edição, Método 5220 D, 2017.
Óleos e graxas totais	SMWW, 23ª Edição, Método 5520 D, 2017.

Fonte: Laboratório LGQ Francisco Beltrão – PR

Para avaliar o efeito do teor de MO nas águas lixiviadas, foram realizadas análises estatísticas por meio do software Excel com auxílio do suplemento Action 2.9. Os resultados das análises passaram por testes de normalidade, homocedasticidade, e atendendo os requisitos necessários foram submetidos a análise de variância, seguido do teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. AMOSTRAS DE SOLOS

A tabela 4 mostra os valores obtidos nas análises das amostras de solo para pH, carbono orgânico total e teor de matéria orgânica.

Tabela 4: Análises químicas dos substratos

<b>Análises químicas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>
pH	6,01	6,66
Carbono orgânico total (g.dm <sup>-3</sup> )	29,75	106,88
Matéria Orgânica (g.dm <sup>-3</sup> )	51,27	183,83

Fonte: Laboratório Solanálise Cascavel – PR.

Pode-se observar que os valores de MO condizem com as condições de cada substrato. A amostra 1, um solo utilizado na agricultura, sob influência de vários agroquímicos na rotação dos cultivos, portanto com concentração de MO expressivamente menor que a amostra 2, um composto de solo e nutrientes, preparado justamente para utilização imediata, fornecendo os nutrientes necessários para a vegetação a qual se destinará.

As diferenças nos teores de MO são consideradas significativas estatisticamente e podem ser alteradas dependendo das interações entre sistemas de cultivo e manejo do solo. Santos e Tomm (2003) afirmam que aumentar o estoque de matéria orgânica do solo pode beneficiar a estrutura física em termos de densidade.



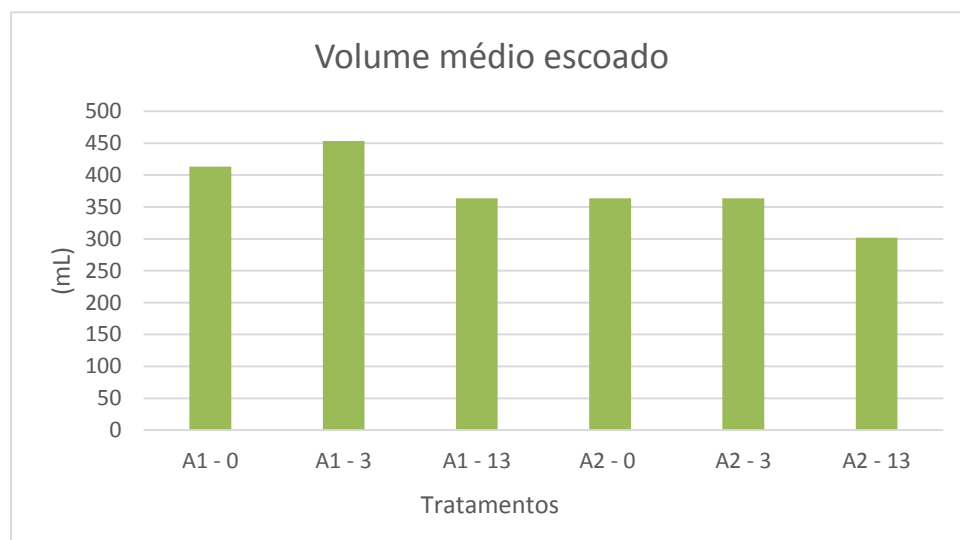
Os valores de pH também se enquadram nas classificações gerais. Numa análise geral, a amostra 1 apresentou um valor de pH de 6,01, e, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA (2006) o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, possuindo pH em torno de 5,4. A amostra 2 apresentou um valor médio de pH de 6,66 e, de acordo com as especificações do fabricante o composto possui um pH de 5,5.

Este resultado dá o suporte necessário para a avaliação da capacidade de retenção das águas de lixiviação pela MO nos testes de lixiviação realizados.

## 5.2 LIXIVIAÇÃO

O volume médio de água escoado em cada amostra foi obtido pela média simples dos volumes de cada replicata, após um tempo de 3 horas de escoamento. A Figura 8 mostra a comparação entre os volumes coletados.

Figura 8: Volume médio escoado



Fonte: Dados da autora (2018).

É possível observar que o volume médio de água lixiviada, em qualquer das amostras A1-0, A1-3 e A1-13 com menor concentração de MO é maior que das amostras A2-0, A2-3 e A2-13 estando ele contaminado ou não pelo óleo diesel.

A parcela de água que não escoar, fica retida em cada substrato e pode representar a capacidade dos solos em armazenar água que posteriormente será utilizada no desenvolvimento e crescimento das plantas (DALMAGO et al. 2009).

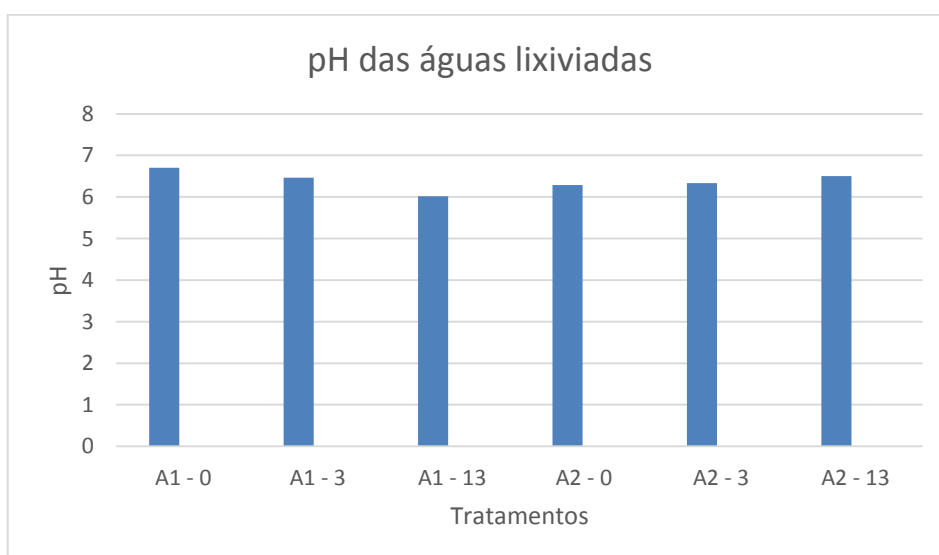
Analisando a capacidade de retenção de água sob diferentes tipos de manejo do solo, Tormena & Silva (2002) obtiveram resultados semelhantes, concluindo que tais técnicas podem influenciar em características do solo, como a porosidade e no teor de MO se tornando um parâmetro relevante para detalhar os efeitos da estrutura de cada amostra na retenção e disponibilidade de água.

### 5.3 ÁGUAS LIXIVIADAS

#### 5.3.1 pH

A figura 9 ilustra as médias dos pHs das águas percoladas ao longo do experimento.

Figura 9: Medidas de pH das amostras A1-0, A1-3 e A1-13 A2-0, A2-3 e A2-13



Fonte: Dados da autora (2018).

Submetendo os valores ao teste de significância de 5% ( $p$ -valor = 0,9284), verifica-se que os valores se mantêm numa faixa de neutralidade. As amostras de água T1-3 e T1-13, mantiveram um valor médio de pH igual a 6,39 e 6,37 respectivamente, após o primeiro teste de lixiviação. Após o segundo teste de lixiviação, a amostra T1-13 apresentou um ligeiro aumento da acidez, enquanto a amostra T2-13 manteve-se na média.

Os valores de pH obtidos a partir das amostras de águas são semelhantes aos valores de pH medidos nos substratos, 6,01 para o substrato 1 e 6,66 para o substrato 2, não variando estatisticamente a um nível de 5% de significância.

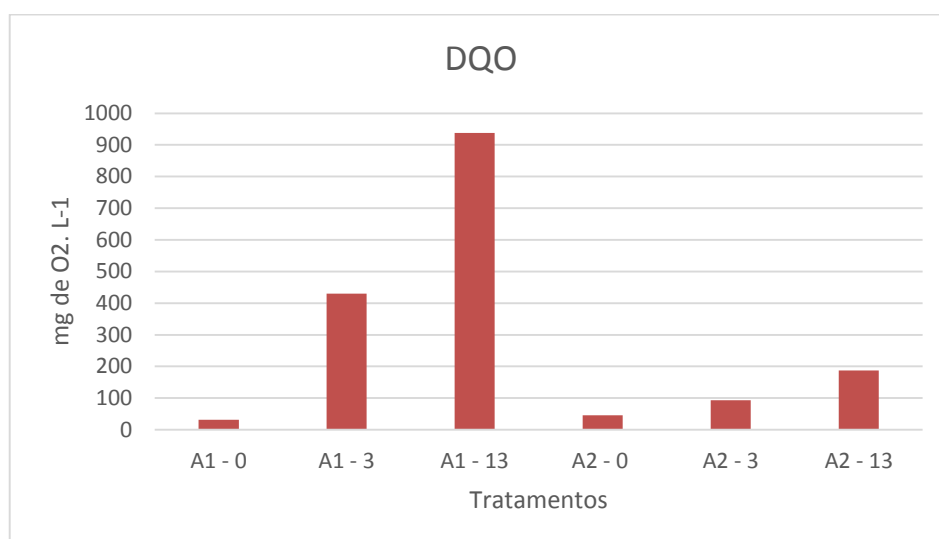
Souza Junior et al. (2013); Signor et al. (2016) e Freitas et al. (2017) observaram também uma constância dos valores de pH após lixiviação de solos, e justificaram ser devido ao efeito tamponante, mais evidente em amostras com maior teor de MO. A ausência da redução significativa do valor do pH das amostras pode ser explicada pela falta da liberação de ácidos orgânicos provenientes de processos de decomposição (BRACCINI et al, 1995) uma vez que os substratos de solo foram esterilizados.

### **5.3.2 DQO**

A análise de DQO se dá por uma avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra através da oxidação química, ou seja a análise identifica a demanda química de oxigênio a fim de detectar a presença de matéria orgânica nas amostras (EMBRAPA, 2005).

A figura 10 apresenta as médias dos valores de DQO ao longo do experimento.

Figura 10: Valores da Demanda Química de Oxigênio nas águas lixiviadas.



Fonte: Dados da autora (2018).

As amostras T1-0 e T2-0, sem a contaminação por óleo, o valor da DQO média para ambas foi mínimo e não apresentou diferenças estatísticas. Já para as amostras contaminadas houve um aumento bastante significativo, sendo que as amostras T1-3 e T1-13 apresentaram os valores mais altos, 430,4 mg de O<sub>2</sub>. L<sup>-1</sup> e 937,6 mg de O<sub>2</sub>. L<sup>-1</sup> respectivamente, semelhantes aos valores de DQO encontrados nos efluentes das refinarias de petróleo de acordo com a tabela 5 apresentada por Santaella et al, 2009.

Tabela 5: Valores de DQO de efluentes de refinaria de petróleo encontrados na literatura.

Referência	DQO mg de O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>
Aruldoss e Viraragharavan (1998)	1.591,00
Demrci, Erdogan e Ozcmder (1998)	800,00
Coelho et.al (2006)	935,00
Yavuz e Koparal (2006)	590,00

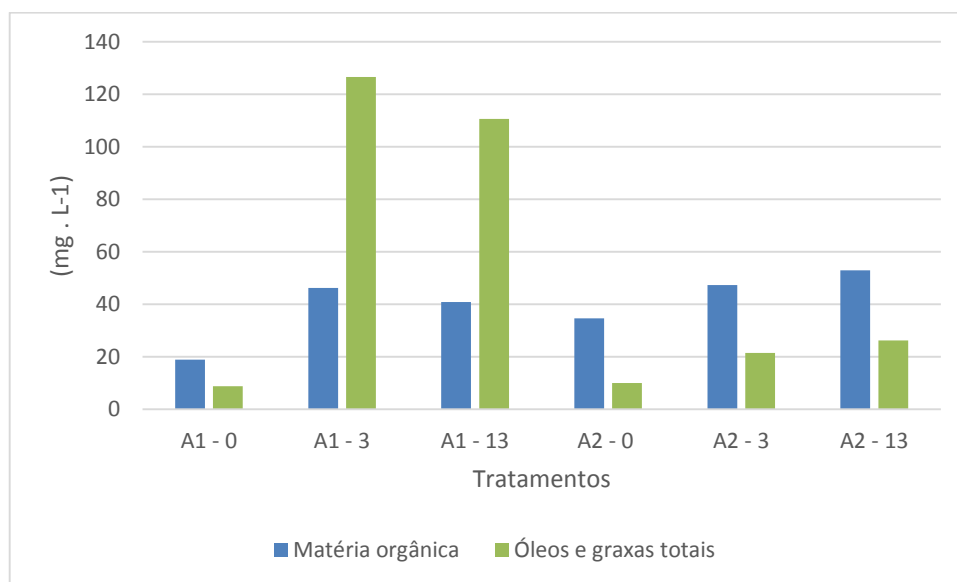
Fonte: Adaptado de Santaella et al, 2009.

Os valores mais constantes obtidos com as análises das amostras T2-3 e T2-13 podem indicar que a quantidade maior de MO no substrato está imobilizando o contaminante, deixando-o menos disponível para a percolação, justificando assim os valores relativamente reduzidos de DQO (AQUINO, et al., 2006).

## 5.6 ÓLEOS E GRAXAS

A figura 11 representa o gráfico dos teores de MO e óleos e graxas totais encontrados nas amostras.

Figura 11: Teores de matéria orgânica e óleos e graxas nas águas lixiviadas



Fonte: Dados da autora (2018).

A diferença entre os tratamentos para o teor de óleos e graxas pode ser explicada pela quantidade inicial de matéria orgânica nas amostras de solo utilizados. As águas lixiviadas da amostra 1, T1-0, T1-3 e T1-13, com menor teor de matéria orgânica, apresentaram uma expressiva concentração maior de óleo diesel, em qualquer tempo (126,6 mg.L<sup>-1</sup> e 110,6 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente), em relação às águas provenientes da lixiviação da amostra 2 (21,5 mg.L<sup>-1</sup> e 26,2 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente).

A MO presente nas águas lixiviadas são reflexo do próprio processo de lixiviação através do papel filtro, que permitiu a passagem pelos poros, porém, não interfere na quantidade de óleo nas águas.

Branco et al. (2013) obtiveram resultados semelhantes em ensaios de lixiviação, onde solos com menor quantidade de matéria orgânica apresentaram maiores concentrações de contaminantes. Dornelas de Souza e colaboradores (2001) afirmam que baixos teores de matéria orgânica contribuem para uma infiltração mais profunda de contaminantes, enquanto teores mais elevados de auxiliam na adesão de moléculas de óleo ao solo impedindo que haja a percolação mais acentuada do contaminante.

Os valores de pH nas regiões de ácido a neutro também contribuem para a eficiência da imobilização do óleo diesel pela matéria orgânica, uma vez que os ácidos húmicos presentes nela estão desprotonados, o que contribui para a formação dos espaços vazios hidrofóbicos capazes de adsorver poluentes como os derivados de petróleo (Sierra et al., 2005).

## 6. CONCLUSÕES

Após fazer a caracterização das amostras, aferindo o pH e medindo suas respectivas quantidades de matéria orgânica, foi possível evidenciar uma acentuada diferença neste parâmetro para o solo e o fertilizante orgânico utilizados, dando suporte para as demais análises da pesquisa. Ao aplicar o teste de lixiviação simplificado foi possível observar que, em um período de três horas a quantidade de matéria orgânica não influenciou no escoamento médio das amostras para este experimento, contudo este mesmo fator teve influência direta na quantidade de matéria orgânica encontrada de águas lixiviadas assim como na demanda química de oxigênio, deste modo foi possível relacionar este parâmetro com o teor de óleos e graxas encontrados nas águas, quanto maior o teor de matéria orgânica, menor a quantidade de óleo captada pelo teste de lixiviação. Na prática, este fato pode significar que quanto maior a quantidade de matéria orgânica de um solo, mais dificilmente uma possível contaminação por óleo diesel chegará ao lençol freático.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALOVISI, A. M. T.; AGUIAR, G.C.R.; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F.; TOKURA, L. K.; LOURENTE, E. R. P.; MAUAD, M.; SILVA, R. S. Efeito residual da aplicação de silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e na produtividade da cana-soca. **Agrarian**, v. 11, n. 40, p. 150-158, 2018.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard for the Examination of Water and Wastewater**, 23 ed. Washington: APHA, 2017.
- AQUINO, S. F.; SILVA, S. Q.; L.CHERNICHARO, C. A. Considerações Práticas sobre o Teste de Demanda Química de Oxigênio (DQO) Aplicado a Análise de Efluentes Brutos Anaeróbios. **Eng. Sanit. Ambient.** v.11, n.4, p.295-304, 2006.
- BRACCINI, A. L.; BRITO, C. H.; PÔNZIO, J. B.; MORETTI, C. L.; LOURES, E. G. Efeito da Aplicação de Resíduos Orgânicos com Diferentes Relações C/N sobre Algumas Características de um Latossolo Vermelho-escuro. **Revista Ceres**, v.42, n.244, p.571-684, 1995.
- BRANCO, S. B.; SILVEIRA, C. B.; CAMPOS, M. L.; GATIBONI, L. C.; MIQUELLUTI, D. J. Atributos químicos do solo e lixiviação de compostos fenólicos após adição de resíduo sólido alcalino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.543–550, Campina Grande – PB, 2013.
- BRASIL. Resolução ANP n° 50 de 23 de dezembro de 2013. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, 2013.
- BRASIL. Instrução Normativa n° 25 de 23 de julho de 2009. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2009.
- CÂMARA, A. B. F. **Aplicação de Técnicas Quimiométricas para Identificação da Adulteração de Diesel S10-B7 por Óleos Vegetais Brutos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
- Climate-data.org. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em jun.2018.
- DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, CI A. M. B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Retenção e Disponibilidade de Água as Plantas em Solo sob Plantio Direto e Preparo Convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental e Agrícola**, v.13, p. 855-864, 2009.
- DORNELAS DE SOUZA, M.; BOEIRA, R. C.; GOMES, M. A. F.; FERRACINI, V. L.; MAIA, A. H. N. Adsorção e lixiviação de tebutiuron em três tipos de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 25, p. 1053-1061, 2001.
- EMBRAPA, Solos. **Manual e Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, p.83, 1997.
- EMBRAPA, Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, p. 306, 2006.



FINOTTI, A. R.; CAICEDO, N. O. L.; RODRIGUEZ, M. T. R. Contaminações Subterrâneas com Combustíveis Derivados do Petróleo: Toxicidade e a Legislação Brasileira. RBRH – **Revista Brasileira dos recursos Hídricos**, V. 6, N. 2. Porto Alegre, RS 2001.

FREIRE, F. S.; PEREIRA, S. V.; GATTAL, G. S. Micorremediação de Solo Impactado por Resíduos de Hidrocarbonetos. **Revista Uniara**, v. 13, n.1. Arcoverde – PE, 2010.

FREITAS, D. C. L.; MACEDO, C. K. B.; CONTE, E. D.; MAGRIN, F. P.; SCHENKEL, V. O.; NACHTIGALL, G. R.; CÓSER, G. M. A. G. Efeito de Doses de Gesso Agrícola e Alterações Químicas Ocorridas no Perfil do Solo em Sistemas de Plantio Direto Consolidado Cultivado com Soja. **Revista da Jornada de Pós Graduação e Pesquisa URUCAMP**, 2017.

GOMES, R. L. R.; SILVA, M. C. S.; COSTA, F. R.; JUNIOR, A. F. de L.; OLIVEIRA, I. P.; SILVA, D. B. Propriedades Físicas e Teor de Matéria Orgânica do Solo sob Diferentes Coberturas Vegetais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v.8, n.5, p. 72-139, 2015.

HEIDERSCHEIDT, D.; PEREIRA, J.; BURGARDT, J. E.; SILVA, L. A.; OLIVEIRA, S. C. Conceitos Aplicados a Poluição do Solo Decorrente do Derreime de Petróleo e Seus Derivados. **Revista Maiêutica**, v. 4, n. 1, p. 7 – 14. Indaial, 2016.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de Manejo e Solo e Perdas de Nutrientes e Matéria Orgânica por Erosão. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 145-154, Dourados – MS, 1999.

IAC. **Instituto Agrônomo de São Paulo**. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>. Acesso em de jun. 2018.

ITCG. **Instituto de Terras Cartografia e Geociências**. Clima: Paraná. ITCG. 2008. Disponível em: [http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos\\_DGEO/Mapas\\_ITCG/PDF/Mapa\\_Climas\\_A3.pdf](http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf)> Acesso em jun 2018.

LUCAS, A. C. M. P. **Diagnóstico de contaminação por derivado de petróleo no solo e na água subterrânea de um terminal aquaviário: estudo de caso na cidade de Natal/RN**. Dissertação de Mestrado - UFRN. Rio Grande do Norte, 2017.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W., J. Alterações na Matéria Orgânica e na Biomassa Microbiana em Solo de Mata Natural Submetido a Diferentes Manejos. **Pesq. Agropec. Bras.** v.35, n. 6, p. 1177 – 1182. Brasília, 2000.

MARIANO, A. P. **Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel**. Tese de Doutorado universidade estadual paulista instituto de geociências e ciências exatas. Rio Claro – SP, 2006

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MULLER, J.; CONTE, O. Sisrems de preparo de solo: Alterações na Estrutura do Solo e Rendimento de Culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p.1197-1206. Porto Alegre, 2011.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Áreas contaminadas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/areas-contaminadas>. Acesso em jun. de 2018.

NOVOTNY, E. H. **Estudos espectroscópicos e cromatográficos de substâncias húmicas de solos sob diferentes sistemas de preparo**. Tese de Doutorado - USP. São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, A.; SODRÉ, J. R. Características da Combustão de um Motor Diesel com Injeção Direta de Misturas de Óleo Diesel e Etanol e Injeção Indireta de Etanol. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 551-566, 2016.

OLIVEIRA, F. C.; HECK, T. M. S.; STAGGEMEIER, R.; ANDRIGUETTI, N. B.; RITZEL, R. G. F.; ALMEIDA, S. E. M. Petróleo e Gás Natural – Fonte de Energia e Renda, Processos Licitários da Ética da Prática. **Rev. Conhecimento Online**, a. 8, v. 1. Novo Hamburgo, 2016.

**Prefeitura de Francisco Beltrão**. Repercussão de chuvas extremas na cidade de Francisco Beltrão. Disponível em: <http://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/OLIVEIRA-D.-Repercussoes-de-chuvas-extremas-na-cidade-de-Francisco-Beltrao-PR-entre-2014-e-2016>. Acesso em jun. 2018.

SANTAELLA, S. T.; SILVA JÚNIOR, F.; GADELHA, D.; COSTA, K. O.; AGUIAR, R. D.; ARTHAUD, I. D. B.; LEITÃO, R. C. Tratamento de efluentes de refinaria de petróleo em reatores com *Aspergillus niger*. **Embrapa Agroindústria**, 2009.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de Nutrientes e Teor de Matéria Orgânica em Função de Sistemas de Manejo do Solo. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.477-486. Santa Maria – RS, 2003.

SCHULTEN, H.-R.; SCHNITZER, M. A state of the art structural concept for humic substances. **Naturwissenschaften**, v. 80, n. 1, p. 29-30, 1993.

SIERRA, M. M. D. ; RAUEN, T. G. ; TORMEN, L. ; DEBACHER, N. A. ; SIERRA, E. J. S. . Evidences from surface tension and fluorescence data of a pyrene-assisted micelle-like assemblage of humic substances. *Water Research*, v. 39, p. 3811-3818, 2005.

SIGNOR, D.; CZYCZA, R. V.; MILORI, D. M. B. P.; CUNHA, T. J. F.; CERRI, C. E.P. Atributos Químicos e Qualidade da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas de Colheita de Cana-de-açúcar com e sem Queima. **Pesq. Agropec. Bras**, v.51, n.9, p.1438-1448. Brasília – DF, 2016.

SOUZA JUNIOR, J. A.; RIBEIRO, G. A. A.; VILLANI, F. T. Determinação das Frações Húmicas da Matéria Orgânica do Solo em Latossolos que Receberam Doses Crescentes de Carvão Vegetal. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, v.7, n.1, 2013.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Incorporação da Densidade no Justes de Dois Modelos a Curva de Retenção de Água no Solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 305-314, 2002.

VARNIER, C; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecologico do Tietê-São Paulo, Brasil. **Águas Subterrâneas**, 2000.

VIVIAN, R. B. **Análise de contaminação em solo e água subterrânea por hidrocarbonetos derivados do petróleo**. Dissertação de Mestrado - UFSM. Santa Maria – RS, 2015.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de O.; MENDONÇA, E. S. Biomassa Microbiana e Matéria Orgânica Leve em Solos sob Sistemas Agrícolas Orgânico e Convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 247-258, 2006.