



**FACULDADE VALE DO CRICARÉ**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E**  
**EDUCAÇÃO**

**GUILHERME ANDRADE MACEDO**

**ÓLEO CONTAMINANTE PRODUZIDO POR OBRAS**  
**RODOVIÁRIAS - UM ESTUDO NO ESPÍRITO SANTO**

**SÃO MATEUS**  
**2020**

**GUILHERME ANDRADE MACEDO**

**ÓLEO CONTAMINANTE PRODUZIDO POR OBRAS  
RODOVIÁRIAS - UM ESTUDO NO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Educação da Faculdade Vale do Cricaré – FVC, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antonius da Costa Nunes

**SÃO MATEUS  
2020**

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha adorada esposa que muito me incentivou a retomar a vida acadêmica, ainda que isso significasse a minha ausência em infundáveis sábados. Agradeço-lhe a resiliência e a convicção de que suportar esse período nos traria inúmeras oportunidades e ainda mais proximidade, depois.

Faço uma dedicatória também a minha mãe, que sempre foi a referência máxima na formação do meu caráter pessoal e profissional, tendo sido, literalmente, a melhor professora que já tive em minha vida. Aquela que soube me direcionar nos estudos, delineando o caminho acadêmico.

Finalmente dedico esse trabalho a meu pai, que mesmo não estando mais entre nós, como presença física, está sempre nos guiando ainda que a distância, afinal, como disse o escritor Richard Bach, em seu livro “Longe é um lugar que não existe” Para aqueles que se amam, a separação é um detalhe. Fica para sempre a essência do que sempre nos uniu, além dos exemplos dados.

E como não lembrar do meu pai no momento em que fui também agraciado com a paternidade. Dedico por fim a ele todo o esforço empreendido para chegar até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Faculdade Vale do Cricaré, essa grande família, pela qual nutro uma imensa gratidão, pelo acolhimento recebido ali.

Ao meu orientador, professor doutor, Marcus Antonius da Costa Nunes, que de maneira competente e serena, me auxiliou na realização dessa pesquisa, me encaminhando e apontando caminhos.

Agradecimentos especiais a minha esposa, àquela que foi o meu amparo, me estimulando e incentivando nas horas em que pensei em não prosseguir.

Autorizada a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na publicação

Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Educação

Faculdade Vale do Cricaré – São Mateus – ES

M141o

Macedo, Guilherme Andrade.

Óleo contaminante produzido por obras rodoviárias um estudo no Espírito Santo / Guilherme Andrade Macedo – São Mateus - ES, 2020.

115 f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Educação) – Faculdade Vale do Cricaré, São Mateus - ES, 2020.

Orientação: prof. Dr. Marcus Antonius da Costa Nunes.

1. Licenciamento ambiental. 2. Obras rodoviárias. 3. Óleos contaminantes. 4. Espírito Santo (estado). I. Nunes, Marcus Antonius da Costa. II. Título.

CDD: 628.5

Sidnei Fabio da Glória Lopes, bibliotecário ES-000641/O, CRB 6ª Região – MG e ES

**GUILHERME ANDRADE MACEDO**

**ÓLEO CONTAMINANTE PRODUZIDO POR OBRAS  
RODOVIÁRIAS: UM ESTUDO NO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação da Faculdade Vale do Cricaré (FVC), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação, na área de concentração Ciência, Tecnologia e Educação.

Aprovado em 06 de março de 2020.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Marcus Antonius da Costa Nunes**  
**Faculdade Vale do Cricaré (FVC)**  
**Orientador**



---

**Profa. Dra. Lilian Pittol Firme de Oliveira**  
**Faculdade Vale do Cricaré (FVC)**



---

**Prof. Dr. Thiago Padovani Xavier**  
**Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)**

"Uma pedra que não rola cria limo"

Heywood

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1: Unidades de tração – Trator de Pneus.....	53
Figura 2: Unidades de escavo (empurradoras) – Trator de Esteiras.....	54
Figura 3: Unidades de escavo (empurradoras) – Trator de Esteiras.....	55
Figura 4: Unidades de Escavo (Carregadoras) – Retroescavadeira .....	55
Figura 5: Unidades aplainadoras.....	56
Figura 6: Unidades de transporte .....	57
Figura 7: Unidades compactadoras – Rolo liso .....	59
Figura 8: Unidades compactadoras – Rolo pata .....	59
Figura 9: Unidades compactadoras – Rolo pneu .....	60
Figura 10: Acabadoras de asfalto.....	61
Figura 11: Composição de preço unitário DER-ES, código 40230, data base: 31/10/2018 .....	75
Figura 12: Composição de preço unitário DER-ES, código 42769, data base: 31/10/2018 .....	77
Figura 13: Composição de preço unitário DER-ES, código 40899, data base: 31/10/2018 .....	79
Figura 14: Composição de preço unitário DER-ES, código 40841, data base: 31/10/2018 .....	81
Figura 15: Composição de preço unitário DER-ES, código 42200, data base: 31/10/2018 .....	82
Figura 16: Composição de preço unitário DER-ES, código 40925, data base: 31/10/2018 .....	83
Figura 17: Guia prático de manutenção – 320D2, página 45. ....	87
Figura 18: Especificações da 320D/320D L, página 12.....	87

## QUADROS

Quadro 1: Patrulha básica de terraplenagem.....	74
Quadro 2: Patrulhas básicas de drenagem profunda .....	76
Quadro 3: Patrulha básica de drenagem superficial.....	77
Quadro 4: Patrulha básica de obras complementares .....	78
Quadro 5: Patrulha básica canteiro de obras .....	79
Quadro 6: Patrulha básica de pavimentação.....	80
Quadro 7: Patrulha básica de preservação ambiental.....	81
Quadro 8: Patrulha básica de sinalização .....	82

## TABELAS

Tabela 1: Compilação dos dados obtidos através das pesquisas realizadas no setor de Meio Ambiente do DER-ES após eliminação de amostras com apenas um registro de envio (13 amostras válidas).....	44
Tabela 2: Evolução da rede rodoviária nacional por tipo de jurisdição 1960/2000 (extensão em Km) .....	50
Tabela 3: Matriz de transportes brasileira e suas modificações ao longo do tempo (%).....	51
Tabela 4: Compilação das obras reais pesquisadas na SR-3 com as respectivas rodovias, classe, comprimento, serviços típicos e valor referencial de quantitativos adotado na composição do modelo teórico. ....	66
Tabela 5: Compilação das obras reais pesquisadas na SR-3 com as respectivas rodovias, classe, comprimento, serviços típicos e valor referencial de quantitativos adotado na composição do modelo teórico (continuação). ....	67
Tabela 6: Valores de serviços, separados por conjunto de atividades, adotados para o Modelo Teórico de uma obra rodoviária por unidade de 1,0 Km e por unidade de 10 Km.....	73
Tabela 7: Cronograma teórico obtido através da divisão dos quantitativos teóricos pelas produções teóricas distribuídas ao longo do tempo.....	85
Tabela 8: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Terraplenagem, Equipe 01.....	89
Tabela 9: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Terraplenagem, Equipe 01 (continuação). ....	90
Tabela 10: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Terraplenagem, Equipe 02.....	91
Tabela 11: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Terraplenagem, Equipe 02 (continuação). ....	92

Tabela 12: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Drenagem profunda. ....	93
Tabela 13: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Drenagem superficial. ....	94
Tabela 14: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Obras complementares. ....	95
Tabela 15: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Canteiro de obras. ....	96
Tabela 16: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Preservação ambiental. ....	97
Tabela 17: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Sinalização. ....	97
Tabela 18: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Pavimentação. ....	98
Tabela 19: Compilação dos dados válidos obtidos através das pesquisas realizadas no setor de Meio Ambiente do DER-ES após eliminação de mostras com apenas um registro de envio, após análise da representatividade dos Grupos (11 amostras válidas de um total de 22 pesquisadas). ....	100
Tabela 20: Volumes de óleos contaminantes obtidos através do modelo teórico para as modalidades Semi-implantação / Restauração, Total Implantação e Recapeamento. ....	101
Tabela 21: Produto final - tabela referencial com os valores mínimos exigíveis para a destinação de óleos contaminantes, obtidos através de modelo teórico confrontado com dados reais de obras executadas no estado do ES. ....	105
Tabela 22: Produto final condensado – Tabela referencial da Produção em litros/Km contendo o mínimo exigível para auxílio do processo de fiscalização da destinação de óleos contaminantes em obras rodoviárias. ....	106

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>14</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 Justificativa</b> .....	<b>18</b>
<b>1.2 Problema</b> .....	<b>20</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>25</b>
1.3.1 Objetivo Geral .....	25
1.3.2 Objetivos Específicos .....	25
<b>2 REVISÃO TEÓRICA</b> .....	<b>28</b>
<b>2.1 Impactos ambientais dos óleos contaminantes no meio ambiente</b> .....	<b>28</b>
<b>2.2 A legislação ambiental e a destinação dos resíduos óleos</b> .....	<b>34</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
<b>3.1 Tipo de pesquisa</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2 Área de estudo</b> .....	<b>40</b>
<b>3.3 Coleta dos dados</b> .....	<b>41</b>
<b>3.4 Análises dos dados</b> .....	<b>42</b>
<b>3.5 Pesquisa pautada nos dados existentes no DER-ES</b> .....	<b>43</b>
<b>4. MODELAÇÃO TEÓRICA DE UMA OBRA RODOVIÁRIA TÍPICA</b> .....	<b>48</b>
<b>4.1 Etapa 1: Definição dos tipos básicos de equipamentos</b> .....	<b>51</b>
4.1.1 Unidades de Tração .....	52
4.1.2 Unidades de escavo (Empurradoras) .....	53
4.1.3 Unidades de escavo (Carregadoras).....	54
4.1.4 Unidades aplainadoras.....	56
4.1.5 Unidades de transporte .....	56
4.1.6 Unidades compactadoras.....	57
4.1.7 Acabadoras de asfalto.....	60
4.1.8 Veículos de apoio .....	61

<b>4.2 Etapa 02: Quantitativos representativos de uma obra teórica .....</b>	<b>61</b>
4.2.1 Terraplenagem e fator de correção entre classes adotado: 2,00 .....	68
4.2.2 Pavimentação e o fator de correção adotado entre classes: 1,00 .....	69
4.2.3 Drenagem profunda e o fator de correção adotado entre classes: 1,25 .....	69
4.2.4 Drenagem superficial e o fator de correção adotado entre classes: 1,10 .....	70
4.2.5 Obras complementares .....	70
4.2.6 Canteiro de obras e o fator de correção adotado entre classes: 1,00 .....	70
4.2.7 Preservação ambiental e o fator de correção adotado entre classes: 1,50 .....	70
4.2.8 Sinalização e o fator de correção adotado entre classes: 1,00 .....	71
4.2.9 Obra de arte especial .....	71
<b>4.3 Etapa 03: Alocação dos equipamentos .....</b>	<b>72</b>
4.3.1 Dimensionamento de Equipes .....	73
<b>4.4 Etapa 04: Quantificação do Óleo Gerado .....</b>	<b>86</b>
<b>5 RESULTADOS DA PESQUISA .....</b>	<b>99</b>
5.1 Dados gerais .....	99
5.2 Produto final .....	105
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>108</b>
<b>REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO: .....</b>	<b>113</b>

## RESUMO

MACEDO, GUILHERME ANDRADE. **Óleo contaminante produzido por obras rodoviárias – um estudo no Espírito Santo**. 2020. 115f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade Vale do Cricaré, 2020.

Os licenciamentos ambientais que estabelecem parâmetros para a medição e controle a fim de que se tenha a promoção de uma correta destinação dos óleos contaminantes, gerados na construção das rodovias em todo o Brasil, são comumente pautados em dados desprovidos de valores referenciais, o que torna frágil o cumprimento da legislação atual do setor. Toda rodovia atualmente construída está sujeita a um licenciamento ambiental, o qual estabelece a obrigatoriedade da promoção de uma correta destinação dos óleos contaminantes gerados, entendendo-se que essa correção da destinação envolva processos de reciclagem. Este subproduto, quando despejado na natureza, tem potencial de provocar elevados danos ao meio ambiente, uma vez que um litro de óleo contaminante pode inutilizar um milhão de litros de água potável. Estando aí ensejada a justificativa dessa pesquisa, na perspectiva de que os licenciamentos que regem o setor em nenhum momento estabelecem valores referenciais para que a coerência dos totais informados pelas empresas do setor construtivo, como destinado à reciclagem, de modo que possam ser verificados. A hipótese é de que uma empresa que execute uma rodovia de 100 km e informe como destinado apenas 100 litros de óleo contaminante, pela frágil legislação atual, pode ser considerada regular. Essa vulnerabilidade abre brechas para ações irregulares. E a despeito de ao longo do tempo ter havido uma drástica redução no percentual da arrecadação pública investido em construção de rodovias, este ainda é um setor lucrativo, em vista de o modal rodoviário ser ainda o mais utilizado no país. Tal fato evidencia quão profícuo é o presente estudo, que toma por base dados reais obtidos junto ao setor de meio ambiente do DER, para construir um banco de dados com o comprimento das rodovias e o total de óleo contaminante informado como destinado à reciclagem. Ao se confrontar tais informações com um modelo teórico construído a partir de manuais técnicos e composições de custo, foi possível se obter, ao final, uma tabela referencial, a qual estabelece valores mínimos para a produção de óleo

contaminante potencialmente possíveis de serem produzidos por uma obra rodoviária. Tal escala levou em consideração a classe das rodovias e a topografia do terreno onde estas são implantadas, pois, somente assim, a tabela, produto final deste trabalho, pode ser considerada representativa e eficaz, na perspectiva de que possa se tornar uma ferramenta referencial e, apesar de sua simplicidade, venha a se tornar uma eficaz ferramenta para auxiliar no processo de fiscalização. A crença nesse produto está no fato de que valores inferiores aos presentes nesta tabela devem ser investigados, coibindo, portanto, negligências no registro das destinações ou até mesmo descartes irregulares de óleos contaminantes.

**Palavras-chave:** Licenciamento ambiental. Obras rodoviárias. Óleos contaminantes

## ABSTRACT

MACEDO, GUILHERME ANDRADE. **Contaminating oil produced by road works - a study in Espírito Santo**. 2020. 115f. Dissertation (Master) - Faculty Vale do Cricaré, 2020.

Environmental licenses that establish parameters for measurement and control in order to promote the correct destination of contaminating oils, generated in the construction of highways throughout Brazil, are commonly based on data without reference values, which makes fragile compliance with current legislation in the sector. Every highway currently built is subject to environmental licensing, which establishes the obligation to promote the correct destination of the contaminating oils generated, with the understanding that this destination correction involves recycling processes. This by-product, when dumped into nature, has the potential to cause high damage to the environment, since one liter of contaminating oil can render one million liters of drinking water useless. There being justified the justification for this research, in the perspective that the licenses that govern the sector in no time establish reference values so that the coherence of the totals informed by the companies in the construction sector, as intended for recycling, so that they can be verified. The hypothesis is that a company that runs a 100 km highway and reports that only 100 liters of contaminating oil is destined, under the current fragile legislation, can be considered regular. This vulnerability opens loopholes for irregular actions. And despite the fact that, over time, there has been a drastic reduction in the percentage of public revenue invested in road construction, this is still a profitable sector, given that road transport is still the most used in the country. This fact shows how fruitful the present study is, based on real data obtained from the DER environment sector, to build a database with the length of the highways and the total contaminating oil reported as destined for recycling. When confronting such information with a theoretical model constructed from technical manuals and cost compositions, it was possible to obtain, in the end, a reference table, which establishes minimum values for the production of potentially contaminating oil to be produced by a road work. This scale took into account the class of roads and the topography of the terrain where they are implanted, because only then can the table, the final product of this work, be considered representative and effective, in the

perspective that it can become a referential and, despite its simplicity, it will become an effective tool to assist in the inspection process. The belief in this product is in the fact that values lower than those present in this table must be investigated, thus preventing negligence in the registration of destinations or even irregular discharges of contaminating oils.

**Keywords:** Environmental licensing. Road works. Contaminating oils

## 1 INTRODUÇÃO

A vida, imensamente modificada em função das escolhas que fazemos, acaba nos colocando em determinados pontos de nossa caminhada pessoal e profissional, diante de várias encruzilhadas para que possamos optar por qual caminho seguir. No sentido pessoal/acadêmico/profissional, minha primeira encruzilhada ocorreu ao final do ensino médio onde um grande dilema me assolou: exatas, humanas ou biológicas? A resposta não foi direta, mas foi acertada.

Baseado na aptidão que sempre tive com os números, acabei optando por ingressar no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Ao término do curso, me deparei com um mercado profissional estagnado. A alocação profissional demandou grande esforço e dedicação, sendo necessário, nesse peculiar momento, me submeter às condições possíveis. Após um longo processo seletivo fui admitido em uma empresa de construção rodoviária, com sua sede na cidade de Vitória. De Minas para o Espírito Santo, assim teve início o ofício de construir estradas no ano de 2001.

Em um segundo momento, motivado pela necessidade de adquirir novos conhecimentos, aceitei um convite profissional para ingressar no serviço público. Nesse tempo, adquiri pleno conhecimento da engenharia pública.

Continuando a trajetória profissional, entendendo ser a forma natural de crescimento, abri minha própria empresa, prestadora de serviços de engenharia rodoviária a vários órgãos governamentais. Nesses 18 anos de trabalho muita coisa se transformou e evoluiu, mas a minha vocação para lidar com os números só se aprimorou.

Em face à oportunidade de retomar os estudos e realizar um mestrado profissional, uma nova etapa advém, e demanda também um objetivo. Mas o que estudar? Às vezes, grandes problemas podem ser sanados com simples soluções. Gosto muito da eficácia das ações. Essa é uma característica pessoal.

Então, surge a ideia: como posso estudar a quantidade de óleo contaminante gerado por uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo?

O presente estudo tem como intenção investigar a quantidade de óleo contaminante gerado por uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo, no intuito de alcançar maiores conhecimentos acerca da problemática que envolve o tema.

O desenvolvimento sustentável é uma vertente cada vez mais presente nos debates que envolvem a questão ambiental atual e todo o ecossistema que a compõe. Trata-se de uma ideia que tem feito a indústria incorporar cada vez mais seus princípios a modelos sustentáveis e ecologicamente corretos, de forma a atingir as metas estabelecidas com a devida responsabilidade com o meio ambiente. Governos, atentos a essa tendência, elaboraram uma série de leis e instruções para nortear o processo de licenciamento ambiental de uma obra rodoviária.

Atualmente, o licenciamento ambiental de todas as obras rodoviárias no estado do Espírito Santo solicita a comprovação da destinação dos resíduos oleosos gerados no processo. Esse mesmo licenciamento, de forma simplista, não define valores mínimos ou apresenta algum referencial de cálculo que norteie qual o volume de produtos contaminantes que uma obra efetivamente tem potencial de gerar.

Temos, portanto, a questionável condição de que qualquer quantidade evidenciada na prestação de contas torna o item regular, torna a empresa executora adimplente quanto à exigência normativa. Este fato nos leva inevitavelmente a dois questionamentos imprescindíveis nesse processo: Qual o destino dos resíduos oleosos produzidos no empreendimento rodoviário? Eles foram efetivamente encaminhados em sua totalidade para um centro de reciclagem?

São de conhecimento geral os danos que os óleos contaminantes podem causar ao meio ambiente se não forem devidamente destinados a pontos de reciclagem. Um amostral do potencial poluidor do óleo descartado foi salientado no relatório apresentado pelo grupo de trabalho do Sindicom, em 1997 (ARAUJO, 1997). O relatório aponta os seguintes dados:

- Os lubrificantes usados são considerados responsáveis por 10% da poluição observada nos mares do mundo;
- Pesquisas realizadas em universidades concluem que 1 litro de óleo usado é capaz de contaminar 1 milhão de litros de água potável;

- Ambientalistas afirmam que o descarte de uma tonelada de óleo usado, despejada em mares, rios e lagos causa dano equivalente aos esgotos domésticos de uma cidade com 40 mil habitantes;
- Apenas 5 litros de óleo usado podem recobrir uma superfície de 5.000 m<sup>2</sup> de um lago, matando seus organismos por asfixia;
- A queima de óleo usado sem um pré-tratamento pode lançar na atmosfera compostos clorados e sulfurados, monóxido de carbono, dioxinas, metais pesados (chumbo, cromo, cádmio, zinco) e vários tipos de substâncias tóxicas e corrosivas, algumas com ações cancerígenas; e
- Apenas 10 kg de óleo usado, quando queimado de forma descontrolada e sem pré-tratamento, pode jogar no ar até 20 g de metais pesados, potencialmente cancerígenos.

Sendo assim, o resultado esperado deste trabalho é a definição de um valor representativo mínimo para a quantidade de óleo gerada por um empreendimento rodoviário no estado do Espírito Santo, de modo a simplificar o processo de fiscalização dos setores ambientais, coibindo assim, a possibilidade de descarte desses produtos de forma aleatória e criminosa junto ao meio ambiente.

Definindo um valor típico mínimo para o volume de óleos contaminantes gerados por uma obra rodoviária, criar-se-á uma simples e eficaz ferramenta de fiscalização que em muito auxiliará os órgãos competentes e, nesse caso, em especial, o Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Espírito Santo (DER-ES), no processo de fiscalização ambiental detectando facilmente disparidades e distorções que evidenciem qualquer indício de irregularidade na destinação dos resíduos oleosos contaminantes.

### **1.1 Justificativa**

O Brasil possui um conjunto de leis ambientais que é considerado um dos mais completos e avançados do mundo, embora não seja, por vezes, adequadamente aplicado na prática por motivos diversos, como, por exemplo:

- Inexistência de recursos e tecnologias que auxiliem o processo de fiscalização;
- Falta de capacitação técnica das unidades federativas, sendo, normalmente, a esfera municipal a mais frágil;
- Falta de conscientização sobre a importância e o caráter finito do meio ambiente;
- Complexidade e burocratização de alguns processos previstos em leis, que dificultam a aplicação e fiscalização de procedimentos ambientais.

Devido à quantidade de equipamentos pesados envolvidos no processo de implantação de uma rodovia, acaba-se gerando uma grande quantidade de resíduos oleosos, comprovadamente contaminantes ao meio ambiente. Segundo um estudo de Barlow e Clarke (2003), apenas uma gota de óleo pode tornar 25 litros de água imprópria para o consumo humano.

Em função dessa relevância, todas as licenças ambientais atualmente expedidas, possuem cláusula específica que trata da destinação desses resíduos, prevendo um correto armazenamento durante a etapa produtiva e exigindo uma correta destinação dos resíduos a empresas que ou beneficiem ou reciclem este subproduto do processo.

Um texto padrão amplamente utilizado como condicionante ambiental para tratar do tema ligado aos resíduos gerados em processos de implantação ou restauração de rodovias estabelece: Condicionante XX: promover acondicionamento e destinação adequados dos resíduos e efluentes gerados pelo empreendimento, arquivando todos os comprovantes da destinação.

Pode-se claramente perceber que o texto em sua essência determina que todos os efluentes sejam destinados, embora se saiba que a parcela mais relevante destes resíduos são os óleos gerados dos processos de troca previstos em manuais técnicos, tanto do motor quanto dos dispositivos hidráulicos, enquanto os demais resíduos são os trapos, panos e filtros contaminados com óleo residual.

Apesar da coerência legislativa e da abrangência conceitual, no tema destinação de resíduos oleosos, existe uma relevante pergunta que é a questão

central desta proposta de trabalho: Quantos litros de óleo contaminantes são gerados em uma obra de construção rodoviária?

Logo, a justificativa para o desenvolvimento deste estudo é a busca por informações mais aprofundadas acerca de um tema tão relevante para o meio ambiente, procurando estabelecer assim um valor mínimo representativo que possa aperfeiçoar a fiscalização do descarte de óleo contaminante produzido nas obras rodoviárias no Espírito Santo.

## **1.2 Problema**

O modelo vigente de licenciamento ambiental para construção de rodovias solicita, entre várias condicionantes, a promoção da destinação dos óleos contaminantes gerados. Porém, até o momento, não existe nenhuma forma de se aferir se o volume apresentado pelo licenciado está de acordo com real volume efetivamente gerado pelo empreendimento.

Tal fato se deve à absoluta falta de dados ou tabelas referenciais que apontem, mesmo que estatisticamente minorada, o volume de óleos gerado em um empreendimento rodoviário.

Todos os contratos analisados por este trabalho possuíam licenças ambientais em muito simplificadas e semelhantes, solicitando apenas que os resíduos oleosos fossem devidamente destinados. Em nenhuma etapa do processo de licenciamento, execução de obras ou encerramento contratual foi detectado algum parâmetro referencial como limitante quanto ao volume mínimo de óleo produzido por um empreendimento rodoviário.

De forma exemplificativa, atualmente se uma empresa executora de obras rodoviárias no estado do ES apresentar uma destinação de óleos contaminantes de 50 litros/Km ou de 350 litros/Km, ela será considerada adimplente da mesma forma. Esta constatação pode ser verificada na grande variabilidade de valores reais obtidos das pesquisas realizadas no setor de meio ambiente do DER-ES, onde todas as empresas foram consideradas regulares quanto a destinação de óleos contaminantes.

O tema, destinação de óleos contaminantes, está sempre presente nas leis e normativas vigentes, porém, tratado de forma superficial, sem um estudo mais aprofundado que permita aferir a real quantidade de óleos gerados por uma obra rodoviária.

Tal condição de omissão por falta de parâmetros é, em grande parte, subsidiada pela superficialidade das leis e instruções de serviços atualmente em uso. Como exemplo do fato, citamos a Instrução Normativa Nº 05 de 09 de agosto de 2010, a qual estabelece critérios para o licenciamento de estradas, rodovias e obras afins.

Esta normativa tem por finalidade estabelecer critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de estradas, rodovias e obras afins, sistematizando o tramite administrativo dos processos dessa natureza, visando o controle preventivo da degradação ambiental potencial e propiciando maior agilidade dos procedimentos.

A Instrução Normativa Nº 05 é o documento referencial principal para o licenciamento de obras rodoviárias no ES e, através da completa leitura da normativa, se constata que o tema “óleos contaminantes destinados à reciclagem” aparece em apenas uma alínea, a qual reproduzimos a seguir:

Artigo 6º que trata dos critérios e controles ambientais obrigatórios a uma obra rodoviária no ES, inciso IX, alínea g, onde lemos: *“No caso de geração de efluentes oleosos, realizar tratamento e destinação adequada dos mesmos, através de, no mínimo, sistemas separadores de água e óleo (SSAO) devidamente dimensionados e projetados.”*

Sendo assim, resta claro que, segundo a instrução normativa que rege o licenciamento de obras rodoviárias no ES, basta apenas a destinação adequada dos efluentes oleosos, em nenhum momento e em nenhum documento de todos os processos analisados por este trabalho se pôde extrair algum valor referencial que pudesse auxiliar na verificação dos valores informados pelas empresas construtoras de rodovias em seus relatórios de cumprimento de condicionantes ambientais.

Fica, portanto, evidenciada a inexistência de valores referenciais para a quantificação de óleos contaminantes gerados por uma obra rodoviária. Nenhum dos processos reais pesquisados continha uma análise pormenorizada sobre o tema, se

resumindo à consideração da conformidade, bastando apenas a apresentação de um quantitativo qualquer de óleo como destinado para estar regular perante o órgão fiscalizador.

No processo de implantação de rodovias, dois agentes fiscalizatórios atuam cooperativamente no processo, sendo o principal por atribuição o IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e, auxiliando este primeiro, temos o setor de Meio Ambiente do DER-ES. Em função do reduzido número de servidores e da elevada demanda gerada pela implantação de rodovias, o IEMA trabalha de forma simbiótica com o DER-ES na fiscalização ambiental dos empreendimentos.

A atribuição regimental para tanto é do IEMA, porém, parte desta é tradicionalmente dividida com os técnicos ambientais do DER-ES que, gerenciam grande parte das ações previstas no licenciamento, acionando o IEMA em eventos mais complexos ou quando da ocorrência de denúncias ou inspeções finais. De forma geral, a gestão burocrática e o dia a dia da obra são geridos pelo DER-ES. Já o licenciamento, as notificações, verificações de denúncias, aplicação de multas e inspeções finais, ficam a cargo dos técnicos do IEMA. Essa foi a forma que o governo do Estado definiu como de maior eficiência para que as obras rodoviárias pudessem ter eficiência e agilidade em sua implantação.

A gênese do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA deve ser remontada a partir do entendimento do atual organograma estadual dos órgãos que gerenciam as questões ambientais. É necessário retornar ao ano de 2002, onde tivemos a implementação da Lei complementar Nº 248, pela qual o Governo do Estado criou o IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, entidade autárquica, com personalidade jurídica de Direito Público interno e com autonomias técnicas, administrativa e financeira, e vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEAMA.

O Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA tem por finalidade planejar, coordenar, executar, fiscalizar e controlar as atividades do meio ambiente, dos recursos hídricos estaduais e dos recursos naturais federais, cuja gestão tenha sido delegada pela União. Essa autarquia, criada em 2002, possui em sua estrutura organizacional básica uma gerência de controle ambiental que cuida dos licenciamentos para empreendimentos no estado e uma gerência de fiscalização

que monitora o atendimento das condicionantes ambientais previstas em licenciamentos.

Também em 2002 foi sancionada a Lei Nº 7.058 que dispõe sobre a fiscalização, infrações e penalidades relativas à proteção ao meio ambiente no âmbito da Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente. A partir desta, foram estabelecidos os parâmetros norteadores das atividades de fiscalização do estado do Espírito Santo. Podemos citar alguns relevantes pontos deste documento:

Art. 1º - A fiscalização do cumprimento das disposições legais de proteção ambiental, relativas à competência da SEAMA, será exercida por suas autoridades ambientais, assim consideradas os agentes credenciados pela mesma.

Art. 3º - No exercício da ação fiscalizadora ficam asseguradas aos agentes a entrada, a qualquer dia ou hora, e a sua permanência pelo tempo que se tornar necessário à realização da fiscalização às instalações industriais, comerciais, agropecuárias, imobiliárias ou empreendimentos de qualquer natureza, rurais e urbanos, privados ou públicos.

Esta lei definiu assim, a atribuição fiscalizatória de agentes credenciados, no caso em estudo representado por técnicos do IEMA. Definiu também o que seriam as infrações, como exemplo podemos citar:

Art 7º - Constitui infração, toda ação ou omissão que importe na inobservância das normas ambientais vigentes, tais como:

V – causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade;

VI – lançar resíduos, efluentes líquidos, poluentes atmosféricos, detritos, óleos ou substâncias oleosas, substâncias nocivas ou perigosas, em desacordo com as exigências descritas em leis, regulamentos, resoluções, autorizações ou licenciamento;

Estabelecendo também em seu Capítulo III o conceito de Penalidade definindo que os infratores aos dispositivos das normas ambientais vigentes serão punidos administrativamente alternativa ou cumulativamente, com as seguintes penalidades:

I – advertência;

II – multa, simples ou diária;

III – embargo de obra;

IV – interdição de atividade;

V – apreensão dos instrumentos utilizados na prática da infração

VI – demolição de obra incompatível;

VII - Restritivas de direito, sendo as principais, suspensão da licença ambiental, perda de incentivos fiscais e proibição de contratar com administração pública por até 3 anos.

Essa mesma lei estabelece que multas ambientais podem variar de R\$ 50,00 (cinquenta reais) a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) conforme a avaliação subjetiva do agente de fiscalização, sempre levando em consideração o tamanho do dano ambiental resultante da infração.

Nota-se, portanto, que o início do século 21 foi um período de grande evolução das leis e normativas ambientais estaduais, quando agentes foram nomeados e critérios foram estabelecidos.

Tal cronologia se justifica uma vez que no início do século XXI, após um longo período de convulsão política que assolou o estado, o setor de obras rodoviárias se tornou novamente pujante no Espírito Santo. Uma grande demanda para implantação e restauração de rodovias se fez presente.

Em 2010, no intuito de aperfeiçoar as generalidades da lei 7.058, de 09 de agosto de 2002, o governo do estado sancionou a Instrução Normativa Nº 05 na intenção de estabelecer os critérios para o licenciamento de estradas, rodovias e obras afins. A normativa se fez necessária devido a elevada demanda por licenciamentos para obras rodoviárias e pela falta de especificidade da lei geral de fiscalização e licenciamentos. Uma série de ações foram estabelecidas tornando mais claro e ágil o processo de licenciamento de uma obra rodoviária.

Mesmo sendo uma instrução normativa específica para o licenciamento e fiscalização de obras rodoviárias, apenas no artigo 6º, que trata dos critérios e controles ambientais obrigatórios a uma obra rodoviária no ES, inciso IX, alínea g,

temos uma referência superficial sobre qual procedimento deve ser adotado para o manejo do óleo contaminante gerado em uma obra rodoviária.

É válido aqui, lembrar o Artigo 6º que trata dos critérios e controles ambientais obrigatórios a uma obra rodoviária no ES, inciso IX, alínea g, onde lemos: *“No caso de geração de efluentes oleosos, realizar tratamento e destinação adequada dos mesmos, através de, no mínimo, sistemas separadores de água e óleo (SSAO) devidamente dimensionados e projetados.”*

Resta claro que o tema, resíduos oleosos gerados por uma obra rodoviária, merece ser aprofundado. Mesmo existindo um razoável portfólio de leis e instruções que regem o setor, não temos a definição de valores referenciais para nortear o processo de fiscalização que funciona baseado em potenciais factoides, não coibindo nenhuma forma de destinação irregular de óleos contaminantes devido a total ausência de dados pregressos ou de valores referenciais mínimos.

Diante de tal afirmativa, emerge o relevante questionamento: como aferir a veracidade dos quantitativos de óleo contaminante informados por empresas do setor rodoviário, aperfeiçoar o processo fiscalizatório, coibindo a destinação irregular e conseqüentemente, punindo as empresas que descumprem as regras do descarte de óleos contaminantes na construção de rodovias no estado do Espírito Santo? A resposta para todas estas questões, inevitavelmente, tem de passar pelo processo de aprofundamento na investigação de quanto óleo uma obra rodoviária tem potencial de gerar.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Realizar um estudo sobre a quantidade de óleo contaminante produzido por uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Construir um banco de dados representativo com o maior número possível de obras cadastradas nos registros do DER-ES tendo como foco a extensão das obras até então realizadas e o respectivo volume de óleo contaminante informado como destinado à reciclagem;

- Elaborar um modelo teórico de implantação rodoviária típica para o estado do Espírito Santo, com a devida alocação de equipamentos de acordo com as etapas produtivas do processo;
- Construir uma tabela referencial a ser implementada junto ao DER-ES, com a finalidade de propor um valor referencial teórico mínimo por unidade de comprimento para o volume de óleo contaminante gerado por uma obra rodoviária.

No intuito de nortear a compreensão dessa pesquisa, delineou-se o trabalho da seguinte forma: No primeiro capítulo a introdução apresenta a relação entre o objeto de estudo e o pesquisador, também, a justificativa do tema, a delimitação da problemática e a definição do objetivo geral e conseqüentemente dos objetivos específicos.

No segundo capítulo foi consolidado o referencial teórico a fim de aprofundar a argumentação dos riscos potenciais relacionados ao descarte de produtos oleosos no meio ambiente, identificando-se suas principais causas e conseqüências. Nesse tópico, também está inclusa uma explanação sobre a evolução e condição atual da legislação ambiental brasileira que rege a destinação dos resíduos óleos, no intuito de evidenciar-se a abrangência da temática escolhida, bem como a sua relevância, no contexto, sobretudo pelo fato de trazer um contributo na redução dos impactos ambientais, consolidando, portanto a articulação do mestrado com o mercado.

A metodologia, exposta no terceiro capítulo, foi embasada por uma pesquisa pautada nos dados existentes no setor de meio ambiente do DER-ES para uma investigação pormenorizada sobre obras rodoviárias, suas características, comprimentos e o volume de óleos contaminantes informados como destinados a reciclagem. A pesquisa se baseou na possibilidade da existência de uma relação direta do comprimento da rodovia com o volume de óleos contaminantes gerados. Devido a grande variabilidade de comprimentos das obras rodoviárias, é necessária a promoção de uma equalização proporcional e linear, a título de exemplificação, este trabalho utilizará a premissa de que se um empreendimento padronizado com o comprimento de 1 quilometro, gerar 100 litros de óleo durante todo o processo de implantação, um outro empreendimento, sob as mesmas condições e com um comprimento de 5 km, provavelmente irá gerar 500 litros do contaminante uma vez a

proporcionalidade de serviços a serem executados e por consequência, gerando quantidades proporcionais de óleos contaminantes.

As discussões arregimentaram uma proposta baseada na construção de um modelo teórico, baseado nas etapas construtivas do processo de implantação de uma rodovia com dados sobre a alocação de equipamentos e a quantificação da produção de óleos contaminantes. O modelo tomou por base os manuais técnicos que determinam a produtividade de cada maquinário, combinados com as capacidades dos reservatórios de óleos e seus intervalos de troca.

Seguido a isso foram tecidos os comentários finais sobre os dados encontrados e relacionados à quantidade de óleo contaminante produzido por uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo e as referências utilizadas na pesquisa.

A pretensão com essa pesquisa foi desenvolver um produto final a ser utilizado como referência pelos órgãos competentes (DER-ES e IEMA) no intuito de auxiliar no controle e fiscalização da quantidade de resíduos oleosos contaminantes produzidos e devidamente reciclados na construção de uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo.

O presente estudo intenta inserir-se, ainda, como uma reflexão ao trazer à luz da discussão a necessidade de se quantificar e controlar a quantidade de óleo contaminante produzido numa obra rodoviária no estado do Espírito Santo para a devida fiscalização e controle desse processo e se evitar os vários impactos ambientais que ele, se realizado de forma irresponsável e criminosa, pode gerar.

## **2 REVISÃO TEÓRICA**

### **2.1 Impactos ambientais dos óleos contaminantes no meio ambiente**

O uso dos vários tipos de óleos minerais em diversas situações industriais acabou tornando-os um ingrediente indispensável da industrialização e do desenvolvimento que caracterizou o século passado se perpetuando por este que vivemos sem, até o momento, existir um elemento de substituição que se mostre viável. O foco recente em saúde, segurança e preservação do meio ambiente virou o holofote para os efeitos dos óleos minerais no meio ambiente, quando derramados acidentalmente ou descartados intencionalmente.

O óleo lubrificante é considerado um elemento estrutural para o bom funcionamento de máquinas e alguns dispositivos motores com a tarefa principal de criar uma camada na forma de micro filme entre os elementos móveis para um bom funcionamento das estruturas mecânicas e evitar o desgaste e deterioração de suas peças. Devido às propriedades específicas, durante a operação ele pode cumprir muitas funções, como minimização do atrito, eliminação de escoriações dos elementos mecânicos, lavagem de depósitos de carbono e micropartículas e ação anticorrosiva, dentre outros efeitos.

Trata-se de uma mistura de óleo base e aditivos, usada para lubrificar as peças de motores e máquinas reduzindo o atrito, limpando, resfriando e protegendo as estruturas. Os óleos básicos constituem 70-90% do total, enquanto os aditivos completam os 10-30% restantes. Esses aditivos incluem dispersantes, detergentes, aditivos antidesgaste, modificadores de atrito, antioxidantes, aditivos antiespuma e inibidores de corrosão, melhoradores de índice de viscosidade, depressores de ponto de fluidez e muito mais Shakirillah (2006).

Durante o mecanismo de funcionamento do motor, subprodutos da combustão acabam contaminando o óleo, se acumulando e assentando no fundo das engrenagens, criando um lodo e enegrecendo sua cor. Este óleo contaminante, também chamado de usado, contém inúmeras substâncias tóxicas, incluindo hidrocarbonetos aromáticos e policíclicos conhecidos por causar câncer. Além disso,

pequenos pedaços de metal provenientes do desgaste do motor, como chumbo, zinco e arsênico, entram nos lubrificantes, contribuindo ainda mais para o seu potencial poluidor Udonne (2011).

Scapin (2007) nos lembra que, quando exposto ao calor e ao oxigênio durante a combustão do motor, o óleo sofre um processo que altera sua composição química. Por ser pesado e viscoso, ainda contém um extenso coquetel concentrado de compostos tóxicos que tende a acumular e persistir no meio ambiente por anos, causando danos extensos e criando riscos potenciais de contaminação do ar, água e solo com substâncias que apresentam perigos substanciais para a vida animal, vegetal e aquática, além de prejudiciais à vida humana.

Segundo dados da Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (EPA), concentrações, mesmo que muito pequenas de óleo contaminante em águas residuais como, por exemplo, de 50 a 100ppm, já possuem potencial de prejudicar as estações de tratamento de esgoto resultando em aumento dos custos de manutenção e redução da eficiência do tratamento. A EPA revela ainda que, apenas um galão de óleo contaminante é suficiente para tornar um milhão de galões de água doce impróprias para o consumo (EPA, 2009).

Kinghorn (2013) destaca que a maioria dos óleos contaminantes contém também pequenas quantidades de materiais que podem causar câncer e outros problemas de saúde se inalados ou ingeridos, situação possível de acontecer se entrarem em contato com fontes de água potável e não forem detectados e removidos a tempo.

A capacidade considerável de causar danos ambientais dos óleos contaminantes se deve em muito por conseguir se espalhar por grandes áreas de terra e água impedindo, através da camada que se forma nas superfícies, a entrada de oxigênio bloqueando a luz solar e dificultando a fotossíntese das plantas, reduzindo a vida vegetal e animal naquele ecossistema Canchumani (2013).

Quando descartados diretamente na terra podem tornar o solo improdutivo e, no caso de um aterro sanitário, por exemplo, pode se infiltrar no fundo e subsequentemente contaminar o suprimento de água subterrânea. Somam-se a isso as mudanças nos ciclos biológicos no solo, pois sua presença no solo inibe o

desenvolvimento das plantas, pelo preenchimento dos poros entre as partículas do solo, dificultando o acesso ao oxigênio.

Outra consequência grave é o aumento considerável do teor de metais das plantas sobreviventes, inibindo a mineralização de carbono, transformações de nitrogênio e mineralização de enxofre e fósforo. Se atingir algum corpo d'água, os impactos do óleo contaminante podem levar a uma alta taxa de mortalidade de peixes e afetar o ciclo reprodutivo, uma consideração tida como importante pela relação direta com a cadeia alimentar e o consumo final desses peixes e derivados Kinghorn (2013).

Numa abordagem aos efeitos para a saúde causados pelos óleos contaminantes, Hsu e Liu (2011) lembram que se trata de um produto conhecido por ser cancerígeno e além de induzir ao desenvolvimento de eczemas desconfortáveis e irritações no trato respiratório.

Os produtos químicos secundários do petróleo recém-formados (como o caso do óleo contaminante) são muito mais ecotóxicos e geralmente mais prejudiciais à saúde do que as formas químicas originais. Estima-se que os derivados formados como resultados da bioconversão de substâncias descartadas no meio ambiente sejam mais prejudiciais que seus precursores originais. Nesse momento, percebe-se que a falta de uma maneira eficaz de descartar o óleo lubrificante esgotado seja também um problema Hsu e Liu (2011).

No que tange à questão da biodegradabilidade, os lubrificantes que entram no ambiente deveriam ter critérios biodegradáveis desenvolvidos pelos órgãos responsáveis, como a exemplo do Regulamento nº. 440/2008 que possui metodologias para avaliação da biodegradabilidade com testes desenvolvidos pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), atualmente em vigor na União Europeia, determinando a biodegradabilidade potencial e propriedades do óleo.

No processo de biodegradação, as moléculas de substâncias são decompostas, como resultado da interação complexa dos organismos vivos, bem como de suas enzimas em um ambiente específico (oxigênio, anaeróbico, no solo, na água). Os testes de biodegradabilidade da OCDE, por exemplo, utilizam cepas bacterianas padrão do solo e as condições padrão específicas de teste. Para avaliar

a biodegradabilidade dos óleos lubrificantes, é utilizado um teste que analisa a biodegradabilidade rápida ou potencial da substância Ramadan et al ( 2011).

A avaliação da biodegradabilidade dos lubrificantes não é simples, porque eles são praticamente insolúveis em água, além do fato de que a composição do óleo lubrificante é variada, dependendo dos componentes e do conjunto de aditivos para refinação. Portanto, também é necessário selecionar o teste apropriado para a avaliação da biodegradabilidade e o uso de um método apropriado de preparação da amostra Udonne (2011).

Ramadan et al., (2012) alerta que, devido à baixa biodegradabilidade dos óleos minerais, é necessária uma ação corretiva no caso de ocorrer algum vazamento. Vários poluentes podem ser degradados por micro-organismos, infelizmente esses tipos de processos biológicos são caros, especialmente quando comparados aos processos convencionais de bombeamento e purificação usados para a recuperação de águas subterrâneas contaminadas.

A atual realidade brasileira do descarte do óleo contaminante nos remete a uma condição de ineficiência quanto à aplicação dos conceitos previstos nas leis e normativas. Realidade esta, em muito favorecida por uma legislação conceitualmente correta, mas, de difícil implementação. Somado ao fato, tem-se a falta de uma estrutura logística eficiente para o enfrentamento dos transtornos que podem ser causados pelo óleo contaminante, um produto que há tempos já é do conhecimento científico, e popular, por ser possuidor de um elevado grau de toxicidade e pela persistência em contaminar nossos ecossistemas.

Os despejos irregulares em nossas fontes aquáticas, a queima em estabelecimentos comerciais como combustível e os derramamentos irregulares no solo, rumo à destruição de lençóis freáticos e aquíferos, infelizmente, ainda são uma constante no cenário brasileiro.

Apesar das celebrações otimistas do Ministério do Meio Ambiente acerca da estrutura logística reversa que vem sendo aplicada no Brasil que recolhe 36% do óleo lubrificante usado no país, dados disponibilizados pelo Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de Óleos Minerais (Sindirrefino) apontam para um consumo anual de 900 milhões de litros de óleo lubrificante (60% automotivos e 40%

industriais) restando, após o uso e queima de parte do lubrificante, como óleo usado um volume de 250 a 300 milhões de litros anuais.

O Sindirrefino explica que, caso a logística fosse cumprida e alçasse seus objetivos de rerrefino com todo esse volume, teríamos uma situação sob controle. No entanto, a prática é bem diferente: enquanto 108 milhões de litros estão sendo devidamente descartados e retirados do meio ambiente, 192 milhões deles ainda acabam, por ano, não tendo esse destino e sendo descartados, no solo ou na água, ou mesmo queimados quase sempre de forma inadequada.

Diante desses dados alarmantes, era de se esperar pelo menos que o governo intervisse de forma a criar subsídios ou incentivos fiscais para o crescimento desse setor. Mas o que se vê ainda é o contrário. Até 1988 havia um dispositivo legal que contribuía para que a atividade fosse economicamente viável, tornando o óleo básico de rerrefino isento do imposto único sobre combustíveis, além da taxa sobre a venda dos outros derivados ser usada como subsídio para os custos de coleta do óleo usado.

Na época, essas facilidades permitiram a construção de uma estrutura de captadores em todo o território nacional. No entanto, a Constituição de 1988 eliminou a isenção, numa atitude determinante para aumento dos custos do rerrefino e, conseqüentemente, o encerramento das atividades de grande parte das empresas.

Fatalmente, daí em diante a realidade passou a ser outra e, segundo dados do Sindirrefino, atualmente apenas oito empresas recuperadoras de óleo atuam nas regiões Sul e Sudeste do país, onde se registram os maiores níveis de consumo do produto. As que antes existiam nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste foram abandonadas, sem que nenhum tipo de reciclagem seja devidamente registrada nessas áreas, prevalecendo o descarte indiscriminado e a queima irregular.

Essa realidade é bem retratada pela queda vertiginosa do volume de óleo rerrefino produzido no Brasil, que foi dos 220 milhões de litros/ano registrados em 1988 para os atuais 108 milhões de litros.

Mesmo com a publicação da Resolução nº 362/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) para regular as atividades de coleta e recolhimento destes óleos lubrificantes, a logística utilizada no processo de controle e fiscalização do

descarte de óleo contaminante não tem conseguido fechar com os objetivos do governo federal e as necessidades de nosso ecossistema. O estabelecimento de obrigações e ações coordenadas para evitar o caos ambiental não tem sido suficiente para atingir as metas estabelecidas.

Apesar dos benefícios ambientais e vantagens econômicas oferecidas pela reciclagem, onde o óleo usado é transformado novamente em óleo lubrificante, numa proporção de 75% a 80% de aproveitamento para serem utilizados, tem-se a questão de interesse nacional, uma vez que na produção do óleo lubrificante, usa-se uma parte do petróleo, o óleo leve, e, por ser o nosso petróleo muito pesado, acabamos importando esse óleo do Oriente Médio. Assim, quanto mais óleo se recolher, maior será a quantidade de rerrefino e menor o volume de óleo a ser importado.

No entanto, parece que nenhum desses benefícios tem importado, pois não se tem conseguido ampliar a consciência da sociedade e das empresas que consomem grande quantidade de óleo combustível na execução de obras – e nesse rol entram as empresas responsáveis por obras rodoviárias no estado do Espírito Santo, alvo deste estudo, no sentido de promover a correta destinação dos óleos gerados, assim como sua devida reutilização.

Mesmo diante dos benefícios importantes do devido descarte e reutilização do óleo combustível, ainda é inexistente uma política eficiente de gerenciamento e controle do descarte do óleo usado.

Assim, fica claro que as suposições feitas pelo governo federal em relação aos ideais de reutilização do óleo usado têm destoado por completo da realidade encontrada no Estado brasileiro, cada vez mais longe de cumprir a meta de 60% de rerrefino que, se submetido a uma logística planejada e bem definida em todas as suas cadeias de produção e descarte, pode se tornar um recurso valioso.

Vale a reflexão, em termos ambientais, reciclar o óleo contaminante é uma ação que deve ser considerada primordial, porém, a filosofia dominante na maioria dos segmentos se baseia em lucro. Seguindo esta linha de pensamento, temos que a destinação do óleo contaminante realizada por empresas não gera ganho financeiro significativo, podendo, na maioria dos casos, ser a ação considerada burocrática, gerando atraso das atividades produtivas normais.

Temos, portanto, que a motivação principal para a promoção da correta destinação dos óleos gerados se baseia no risco potencial de punição, uma vez que a ação de eficaz destino dos resíduos, até o momento, não gera ganho que deve ser considerado no processo produtivo. Atualmente o valor ofertado pela destinação de óleos contaminantes varia de 0,233 a 0,300 VRTE (Valor de Referência do Tesouro Estadual do Estado do Espírito Santo), valor este considerado insignificante no processo produtivo de uma rodovia.

Devido a tais fatos, temos atualmente um elevado risco potencial de haver a irregular destinação dos óleos gerados no meio ambiente. Esta irregular destinação é em muito favorecida pela falta de fiscalização e pela facilidade de se promover tais infrações com total discricção. Uma simples vala em um terreno distante pode receber uma grande quantidade de produtos contaminantes ficando nessa condição, anônimos e desconhecidos por toda a eternidade, não determinando, assim, nenhum tipo de custo para seu descarte, com uma mínima possibilidade de punição.

## **2.2 A legislação ambiental e a destinação dos resíduos óleos**

Sexto país mais populoso do mundo, com 207,8 milhões de pessoas, e quinta maior nação do planeta com 8.514.876km<sup>2</sup>, o Brasil possui as regiões agrícolas bem distribuídas geograficamente e recursos naturais como florestas, minerais e recursos energéticos estão concentrados em determinadas áreas. No entanto, centenas de anos de cultivo aliado ao processo progressivo de industrialização, mais um aumento considerável da população alterara consideravelmente o ambiente natural do país. O crescimento populacional, a urbanização e o desenvolvimento industrial e agrícola estão subjacentes aos principais problemas ambientais que o Brasil enfrenta atualmente Marandola jr. et al. ( 2012).

O crescimento populacional criou problemas de abastecimento de água, esgoto e disposição de resíduos. A concentração da população e a atividade industrial nas grandes cidades sobrecarregaram as instalações municipais de saneamento e a aplicação intensiva de fertilizantes químicos, inseticidas e pesticidas usados para atender às demandas da crescente população de produtos agrícolas de uma área limitada tem levado a uma maior deterioração ambiental Lima (2011).

Inicialmente, a proteção ambiental era vista por muitos países em desenvolvimento como uma meta conflitante com as prioridades do desenvolvimento. Algumas nações chegaram a considerar as recomendações das nações industrializadas de que os países em desenvolvimento adotem políticas ambientais como uma manobra para desviá-las de alcançar seu próprio desenvolvimento econômico Reigota (2014).

No entanto, a preservação do meio ambiente passou a ser uma consideração econômica, pois está intimamente relacionada ao esgotamento, restauração e aumento de recursos. Dessa forma, em qualquer decisão política e sua implementação, é preciso, antes, equilibrar os ganhos presentes com os danos prováveis no futuro não muito distante.

Assim, para Loureiro (2012), com o aumento global da preocupação pública sobre questões ambientais nas últimas décadas, as normas legais ambientais tornaram-se cada vez mais internacionalizadas, um desenvolvimento refletido no surgimento de acordos ambientais internacionais, bem como no crescimento e no aumento da sofisticação dos sistemas legais ambientais nacionais em todo o mundo.

O resultado é o surgimento de um conjunto de princípios e normas legais em relação ao meio ambiente, de modo que se possa descrevê-lo como um corpo de leis que versa sobre a implementação, prática e desenvolvimento da lei ambiental em todo o mundo. O crescimento mundial da preocupação pública pelo meio ambiente natural tem sido um dos desenvolvimentos mais importantes nas últimas décadas. E com a ajuda da globalização, conectaram-se as sociedades e seus destinos ambientais mais estreitamente do que nunca (LOUREIRO, 2012; p.36).

Ao mesmo tempo Silva (2013) entende que os problemas ambientais transcendem cada vez mais as fronteiras nacionais e colocam sérios desafios à saúde do planeta. O desenvolvimento de leis ambientais e sistemas legais mais eficazes em todo o mundo tornou-se crítico para direcionar o desenvolvimento econômico e o crescimento para um caminho de sustentabilidade ambiental.

Loureiro (2012) ressalta que as respostas foram surpreendentemente progressivas. Os países transplantaram inovações em leis e políticas regulatórias de outras nações, mesmo com tradições legais e culturais bem diferentes. Além da cópia deliberada, muitas iniciativas regulatórias nacionais também exibem

semelhanças de design e funcionais que revelam uma convergência crescente em torno de algumas abordagens principais da regulamentação ambiental.

Assim Freitas (2010) define como corpo jurídico um conjunto distinto de princípios substantivos e métodos processuais especificamente importantes ou exclusivos para a governança do meio ambiente. Ou seja, a legislação ambiental é o resultado de iniciativas nacionais soberanas para melhorar e avançar os sistemas jurídicos nacionais, além de coordenar esforços para integrar e harmonizar as normas ambientais.

No que tange à legislação ambiental brasileira, definidoras de normas e infrações, há que se ter conhecimento do seu conteúdo de forma a se entender e praticar no sentido de adotar uma mudança comportamental na sociedade como um todo, pessoa física e jurídica, não apenas por puro modismo de uma “era ecológica” que tem nos cercado com comportamentos politicamente corretos que desviem de eventuais penalidades legais, mas pela adoção permanente de uma postura responsável entre todos como sociedade que somos para superar os desafios ambientais existentes (FREITAS, 2010; p.167).

Infelizmente, até pouco tempo, questões ambientais não possuíam o destaque e a relevância que atualmente observamos. Nos idos das décadas de 70, 80 e 90, questões progressistas sempre sobrepujaram as questões de preservação ambiental sem nunca se pensar no caráter finito dos recursos de nosso planeta. Quanto ao relevante tema, percebemos um significativo incremento de preocupações somente a partir do início do século XXI.

Da atual legislação ambiental vigente neste país, duas leis ainda são consideradas marcos no que tange ao monitoramento e preservação do meio ambiente: a Lei 9.605/1998 (Lei dos Crimes Ambientais) que reordena a legislação ambiental quanto às infrações e punições, concedendo à sociedade, órgãos ambientais e Ministério Público, mecanismos para punir os infratores do meio ambiente. Aqui se destaca a possibilidade de penalização das pessoas jurídicas no caso de ocorrência de crimes ambientais.

Há também a Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e altera a Lei 9.605/1998) que estabelece diretrizes, a gestão integrada e gerenciamento ambiental adequado dos resíduos sólidos, propondo regras para cumprimento de seus objetivos em amplitude nacional e interpretando a

responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e sociedade. Na prática estabelece que todo resíduo deverá ser processado apropriadamente antes da destinação final e que o infrator está sujeito a penas passivas, inclusive, de prisão.

Há que ser salientado que essas leis são apenas parte do escopo do Direito Ambiental Brasileiro que ainda possui outras matérias, decretos, resoluções e atos normativos, além das regulamentações de órgãos designados para o cumprimento da lei como, por exemplo, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) com a Resolução nº 362/2005, que dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado e a Resolução nº 450/2012 que altera os arts. 9, 16, 19, 20, 21 e 22 e acrescenta o art. 24-A a Resolução nº 362.

A Resolução nº 362/2005 que versa sobre o recolhimento, coleta e destinação final do óleo lubrificante usado ou contaminado (Oluc) diz na íntegra em seu art. 1º que *“todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta Resolução”*. Assim o produtor e importador de óleo lubrificante deve coletar, ou garantir a coleta, e dar destinação final ao óleo lubrificante usado ou contaminado, respeitando a proporção que colocarem no mercado.

Nas atribuições da Resolução Conama nº 362/2005 estabelece-se que a coleta do óleo lubrificante usado ou contaminado deve ser efetuada nos estabelecimentos geradores dispersos em todo o território nacional. Por ser um resíduo de característica tóxica e persistente, nocivo, pois, para o meio ambiente e para a saúde humana, seu gerenciamento, deve ser realizado de maneira adequada e recomendada pelo CONAMA para evitar a contaminação ambiental.

Somam-se a elas a Norma Brasileira de Referência (NBR) 10.004/2004 que define resíduos sólidos como os resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, uma definição também compartilhada com o CONAMA e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Percebe-se, lamentavelmente, que a atuação amena do Judiciário no que tange às questões ambientais ainda se pauta pela razoabilidade e ponderação na busca de casos concretos para valer-se da sensibilidade e adotar uma postura

realista que opte pelo melhor critério para avaliar o valor do dano ambiental. Assim, fixa-se o valor da indenização na mesma proporção que a lesão ao meio ambiente, de forma a desestimular nos criminosos a sua prática, aplicando-se corretamente as leis ambientais vigentes de acordo com a Lei 9.605/1998.

No entanto, o processo fiscalizatório e punitivo sobre a produção e descarte do óleo contaminado, por exemplo, descrito pela Resolução Conama nº 362/2005, (recolhimento, coleta e destinação final) ainda se pauta sobre uma logística frágil e insuficiente para cobrir o território nacional, preservar o meio ambiente e aplicar as devidas sanções punitivas.

A ausência de incentivos fiscais para o processo de rerrefino e de uma política que estabeleça níveis de produção e descarte mínimos para processos importantes como a construção de rodovias envolvendo diversos maquinários e milhares de litros de óleo contaminante em suas obras, ainda é um dos pontos fracos dessa legislação, diminuindo os impactos que as leis 9.605/1998 e 12.305/2010 e a resolução Conama nº 362/2005 porventura possam estar alcançando.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Tipo de pesquisa**

Para alcançar os objetivos propostos, optou-se pela metodologia exploratória, que propicia maior familiaridade, visto que, o tema, da forma como abordado, é pouco conhecido e pouco estudado até o momento. Também se tem uma linha metodológica descritiva, uma vez que, uma relevante etapa do processo, envolve a descrição das características de uma população. O propósito dessa pesquisa é proporcionar maior familiaridade com o problema e descrever as principais características da população a ser estudada através de valores referenciais para auxiliar os processos fiscalizatórios.

Pra consubstanciar o caminho escolhido na condução da pesquisa, e no intuito de calçar bem as argumentações acerca de sua relevância, optou-se por uma forma mais pedagógica de explanação, visando encaminhar o leitor na direção do propósito a ser alcançado, bem como, para consolidar melhor os objetivos e as questões propostas. Para tanto, foi operacionalizada uma pesquisa bibliográfica, configurada por uma abrangência de pontos de vista acerca da temática, e baseada ainda em algumas teses e artigos, que tangenciavam o tema.

A pesquisa envolveu ainda um levantamento documental, que tomou por base documentos pré-existentes, tais como relatórios ambientais e catálogos técnicos, onde o pesquisador conduziu-se, na medida do possível, como um observador independente e imparcial em uma mediação necessária entre órgãos fiscalizadores, que sempre suspeitam de informações ofertadas sem nada poder fazer e construtoras de rodovias, que se julgam regulares quanto ao cumprimento das condicionantes ambientais sem terem uma forma cabal de comprovar o fato. A premissa era, ao final do processo, poder reunir um volume de documentos que possibilitasse uma maior compreensão sobre a quantidade de óleo contaminante se produz por uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo.

Inclui-se ainda uma pesquisa exploratória, onde se determina o campo de investigação, momento em que se favorece o contato direto com o campo, e onde a

pesquisa se desenrola, nesse caso específico, empreendimentos rodoviários executados no estado do Espírito Santo.

Em relação ao problema levantado por este estudo, que deve, segundo Gil (2017), ser definido com precisão, vem-se aqui argumentar: qual o real volume de óleos contaminantes é gerado por uma obra rodoviária no Estado do Espírito Santo?

Quanto ao plano de ação que Gil (2017) destaca como aquele que concretiza o planejamento de uma ação e se destina a fazer um enfrentamento do problema que foi objeto da investigação, tem-se como objetivo maior, através dos dados obtidos das obras cadastradas nos registros do DER-ES, fazer um levantamento do respectivo volume de óleo contaminante produzido para confrontar os dados obtidos com um modelo teórico de implantação rodoviária típica para o estado do Espírito Santo.

E incluindo-se a devida alocação de equipamentos, em acordo com as etapas produtivas do processo, quantificando as produções de óleos contaminantes baseados nos catálogos técnicos existentes e composições de preços estabelecidas com suas produções de serviços teóricas e, assim, mediante a proposição de um valor referencial teórico mínimo por unidade de comprimento para o volume de óleo contaminante gerado por uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo.

### **3.2 Área de estudo**

A metodologia proposta para entendimento da quantificação do volume de óleo contaminante produzido por uma obra rodoviária no Estado do Espírito Santo consiste na análise de casos reais de empreendimentos rodoviários com satisfatório registro das destinações do óleo contaminante produzido no decorrer das etapas produtivas e informados ao setor de meio ambiente do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo (DER-ES).

A construção e manutenção das rodovias estaduais é uma competência do DER-ES que, devido à grande extensão territorial do Estado do Espírito Santo, possui um sistema organizacional baseado em superintendências regionais, sendo três ao todo, as quais podemos enumerar da seguinte forma:

- **Superintendência Regional 1 (SR-1):** responsável pelas obras da região Central Serrana do Estado, atuando de Alfredo Chaves à Aracruz, englobando os municípios da Região Serrana e da Região Metropolitana de Vitória.
- **Superintendência Regional 2 (SR-2):** atua em todo o Sul do Estado.
- **Superintendência Regional 3 (SR-3):** atua em todo o Norte do Estado.

A Superintendência responsável pela região onde foram coletados os dados utilizados nesta pesquisa, a SR-3 sediada em Colatina na Região Norte do Estado, possui como atribuições os serviços de fiscalização de contratos de conservação rotineira, obras emergenciais, restauração e implantação de rodovias e ainda construção e manutenção de pontes entre outros.

No ano de 2019, a Regional SR-03 possuía apenas dois técnicos de nível superior para gerenciar e fiscalizar os contratos em vigor. Contratos estes que constantemente ultrapassam o quantitativo de 15, sendo executados muitas vezes de forma concomitantemente. Como forma de suprir esta carência de mão de obra especializada própria, o DER-ES contrata consultorias que fornecem mão de obra especializada, tornando possível o monitoramento e a gestão de múltiplos contratos.

Um contrato de supervisão prestado ao DER-ES contempla a execução de aferições de campo, monitoramento das condicionantes ambientais, conferências dos quantitativos e da qualidade dos serviços executados. Todos estes sendo materializados em relatórios mensais que potencialmente fornecem um valioso conjunto documental para entendimento do problema em estudo.

### **3.3 Coleta dos dados**

Este esboço metodológico aponta como forma mais viável para obtenção de dados confiáveis sobre o volume de óleo contaminante gerado por uma obra no Estado do Espírito Santo, a consulta dos relatórios mensais executados pela equipe de fiscalização do DER-ES.

Em atendimento a legislação vigente, o DER-ES possui um complexo e eficiente procedimento de fiscalização que consiste na execução rotineira de relatórios que informam itens como produtividade, equipamentos alocados, avanço físico e financeiro, não conformidades encontradas, relatório fotográfico, entre várias outras informações referentes à construção de uma específica rodovia.

Portanto, os relatórios de acompanhamento de obras obtidos no setor de meio ambiente do DER-ES, documentos estes de domínio público, foram os fornecedores principais de dados para a pesquisa de casos reais presente no item 3.5 deste trabalho.

Para a etapa de escolha da amostra foi feita uma pesquisa preliminar a qual buscou, dentre os vários disponíveis à consulta, quais empreendimentos rodoviários possuem o maior histórico disponível para extração de dados. A escolha dos exemplares mais completos representará maior confiabilidade dos dados, resultando em maior precisão ao final dos trabalhos.

Obras executadas sob a responsabilidade da SR-3 entre os anos de 2014 a 2019 foram as fornecedoras de dados, sendo um total de 22 empreendimentos localizados como potenciais fornecedores de informações.

### **3.4 Análises dos dados**

Os resultados foram agrupados e analisados pelas categorias quantitativa e qualitativa e apresentados em forma de tabela numérica, utilizando o programa do Windows, Excel, com o intuito de construir um banco de dados representativo com o maior número possível de obras cadastradas nos registros do DER-ES, tendo como foco a extensão das obras até então realizadas e o respectivo volume de óleo contaminante informado como destinado à reciclagem.

Para confrontação dos dados obtidos através da pesquisa dos casos reais, intentou-se elaborar um modelo teórico de implantação rodoviária típica para o estado do Espírito Santo com a devida alocação de equipamentos de acordo com as etapas produtivas do processo. Este conjunto de ações tem como objetivos compreender de forma mais clara o processo de construção de uma rodovia e propor um valor referencial teórico mínimo por unidade de comprimento para o

volume de óleo contaminante gerado por uma obra rodoviária no estado do Espírito Santo. Como forma de roteirizar as etapas que foram executadas, apresentamos a seguinte lista de ações:

- Definição dos serviços típicos e representativos para um empreendimento rodoviário teórico;
- Definição de um cronograma factível, baseado na quantidade de serviços e nas produções das equipes de equipamentos;
- Identificação dos equipamentos alocados mês a mês baseada na capacidade produtiva presente nos manuais técnicos;
- Definição, baseada nos manuais técnicos, dos intervalos de troca para os óleos contaminantes;
- Quantificação do volume total de óleo contaminante produzido por uma obra rodoviária.

Em última análise, e como produto final dessa dissertação, foi a elaboração de uma tabela referencial com os volumes mínimos esperados para o volume de óleo contaminante produzido por um empreendimento rodoviário baseado na análise dos dados reais comparados aos valores obtidos do modelo teórico levando-se em consideração todas as particularidades observadas no decorrer do processo.

Findo o estudo e apresentado o produto final, a tabela, a intenção é que a mesma venha a ser implementada junto ao DER-ES para estabelecimento de um norteador básico como auxílio no processo de fiscalização da quantidade de resíduos oleosos produzidos e informados no processo de construção de uma rodovia no estado do Espírito Santo, facilitando dessa forma o processo fiscalizatório, inibindo possíveis irregularidades no processo.

### **3.5 Pesquisa pautada nos dados existentes no DER-ES**

Foi realizada pesquisa junto ao setor de meio ambiente do DER-ES, onde foram coletados os dados existentes, na intenção de se obter um amostral, contendo a classe de rodovias, os seus comprimentos e o volume de óleo contaminante informado como destinado para a reciclagem.

Através da pesquisa dos arquivos impressos e digitalizados existentes no banco de dados do DER-ES, um amostral de 22 obras foi identificado. Na intenção de eliminar registros incompletos que poderiam distorcer os resultados finais deste trabalho, adotou-se o critério de descartar amostras que apresentassem apenas um envio de óleo contaminante à reciclagem. O envio de apenas uma remessa foi considerado como suspeito devido ao baixo volume total de óleo contaminante informado. Este critério se baseia na elevada possibilidade de imprecisão dos apontamentos, gerando um valor final de litros/km de óleo contaminante duvidoso devido à fragilidade do registro. Sendo assim, somente amostras com, no mínimo, dois envios registrados em relatórios fazem parte da Tabela 1.

A possibilidade de empresas contratadas realizarem a construção de rodovias omitirem ou negligenciarem a comunicação da destinação do óleo contaminante gerado, sempre será uma hipótese que deve ser lembrada e considerada por este trabalho.

Neste ponto, vale destacar que o critério de eliminar empreendimentos com apenas um envio de óleo contaminante restringiu o universo inicial de 22 obras para 13, estas sim consideradas na Tabela 1.

**Tabela 1: Compilação dos dados obtidos através das pesquisas realizadas no setor de Meio Ambiente do DER-ES após eliminação de amostras com apenas um registro de envio (13 amostras válidas).**

Grupo	Classe	Região	Litros destinados (litros)	Extensão (Km)	Litros/Km destinados
1	Recapeamento	Marilândia	800,00	19,24	41,58
	Recapeamento	Pinheiros	1.750,00	39,04	44,83
	Recapeamento	Montanha	1.663,00	33,00	50,39
				<b>MÉDIA</b>	<b>45,60</b>
2	Restauração	Colatina	1.600,00	17,50	91,43
	Duplicação	São Mateus	880,00	8,50	103,53
	Restauração	Ecoporanga	5.050,00	30,10	167,77
				<b>MÉDIA</b>	<b>120,91</b>
3	Restauração	São Domingos	12.490,00	38,34	325,77
	Restauração	Pancas	11.900,00	34,00	350,00
	Restauração	Boa Esperança	10.000,00	25,74	388,50
				<b>MÉDIA</b>	<b>354,76</b>
4	Semi Implantação	Colatina	400,00	13,40	29,85

5	Semi Implantação	S. Gabriel da Palha	2.456,00	26,30	93,38
				<b>MÉDIA</b>	<b>61,62</b>
	Total Implantação	Colatina	4.850,00	15,28	317,41
	Total Implantação	Apiacá	1.860,00	4,80	387,50
				<b>MÉDIA</b>	<b>352,45</b>

Após a compilação das amostras inicialmente válidas, uma grande variabilidade de valores foi detectada. Para melhor compreensão do fato, tornou-se fundamental separar os empreendimentos por classes, para que uma análise factível pudesse ser realizada. É fato notório que os empreendimentos rodoviários podem variar muito em suas características executivas; rodovias podem ser implantadas em terrenos montanhosos ou planos; em locais onde preexiste um pavimento deteriorado ou em terreno virgem, por exemplo.

É, portanto, razoável supor que rodovias que demandam maior quantidade de serviços, também geram maiores quantidades de óleo contaminante por haver uma direta relação entre serviços executados, com horas de equipamentos em operação e, por consequência, com o volume de óleo contaminante gerado. É natural compreender que rodovias executadas em terrenos montanhosos movimentam uma maior quantidade de terra do que as implantadas em terrenos planos. Empreendimentos rodoviários que envolvem um simples recapeamento asfáltico geram menores quantidades de contaminantes do que uma obra implantada em terreno virgem. Premissas estas amplamente utilizadas no modelo teórico presente no capítulo quatro.

A não separação das obras reais pesquisadas em grupos, levando-se em consideração as suas peculiares características executivas, tornaria a análise dos quantitativos gerados imprecisa e sem fundamentação razoável, prejudicando assim a sua comparação com um modelo teórico presente no Capítulo 4. Sendo assim, para permitir a futura comparação de modo coerente, este trabalho separa as obras investigadas em 5 grupos baseados nas características construtivas das rodovias e na representatividade das amostras. São eles apresentados resumidamente da seguinte forma:

- Obras tipo recapeamento:

Obras onde a etapa de terraplenagem possui pouca ou nenhuma relevância. Onde o serviço principal é a execução de revestimento asfáltico sobre pavimento deteriorado.

- Obras tipo restauração ou duplicação:

Obras com pouca movimentação de terra, onde preexistem dispositivos de drenagem e um pavimento normalmente deteriorado que é aproveitado no processo de pavimentação como camada inferior.

- Obras tipo semi-implantação:

Caracteriza-se pela implantação de uma rodovia pavimentada sobre uma pista rural sem pavimentação, com uma razoável movimentação de terra e completa implantação de dispositivos de drenagem.

- Obras tipo implantação total:

Empreendimentos onde todas as etapas produtivas são executadas. Onde temos consideráveis movimentações de terra e total implantação do pavimento e drenagem. Vale destacar que nesses empreendimentos a topografia representa grandes variações nos quantitativos de terraplenagem (montanhoso ou plano), podendo representar variações que ultrapassam 1000%.

Após o estabelecimento do filtro inicial, uma nova análise foi realizada. O fato de existir mais de um envio de óleo contaminante foi importante, mas não suficiente para eliminar todos os empreendimentos inconsistentes. Uma análise mais pormenorizada se fez necessária para que este trabalho se valha apenas de dados representativos uma vez que a utilização de valores distorcidos pode tendenciar os valores referenciais finais.

#### **Grupo 1 – Obras rodoviárias de recapeamento:**

Amostrais aparentemente consistentes, apresentando uma série bem registrada e coerente de encaminhamentos de óleos contaminantes.

#### **Grupo 2 – Obras do tipo restauração ou duplicação:**

Empreendimentos caracterizados por apresentar terceirização dos equipamentos envolvidos no processo de construção, determinando uma possível imprecisão dos resultados. A terceirização ou sublocação de equipamentos pode gerar distorções na quantidade de óleo contaminante informado uma vez que o

sublocatário, na maioria dos casos investigado, tem que ele próprio realizar a manutenção de seus equipamentos e destinar o seu volume de óleo produzido, não sendo assim, tais volumes informados ao contratante, gerando assim, imprecisão nos resultados. Este fato será confirmado em etapas seguintes após a definição de valores referencias para esta classe de construção rodoviária.

**Grupo 3 – Obras do tipo restauração ou duplicação:**

Amostragem aparentemente consistente, apresentando uma série bem registrada e coerente de encaminhamentos de óleos contaminantes.

**Grupo 4 – Obras do tipo semi-implantação:**

Verificado grande espaço de tempo entre as datas dos envios registrados em relatórios, evidenciando uma possível omissão de todos os documentos gerados na obra.

**Grupo 5 – Obras de implantação total:**

Amostragem aparentemente consistente, apresentando uma série bem registrada e coerente de encaminhamentos de óleos contaminantes.

Como este trabalho não tem nenhuma intenção punitiva, a apresentação dos empreendimentos se resumirá a região onde o mesmo foi implantado com o volume de óleo total gerado informado e o comprimento total da rodovia.

#### 4. MODELAÇÃO TEÓRICA DE UMA OBRA RODOVIÁRIA TÍPICA

O presente capítulo propõe a construção de um modelo teórico que seja representativo de um processo real de implantação de uma rodovia no estado do Espírito Santo.

A modelação teórica é pautada na padronização dos processos. De forma resumida, podemos relatar que o processo se baseia na definição dos quantitativos de serviços representativos de um empreendimento, na quantificação dos equipamentos que executarão os serviços pré-estabelecidos, em um determinado tempo, tempo este utilizado para definição dos intervalos de troca dos óleos gerados na operação e quantificados através da investigação das capacidades dos reservatórios.

O ponto fundamental para este modelo ser eficaz e aplicável é ser o mesmo uma modelação precisa e otimizada. Para que os valores finais da produção de óleos contaminantes sejam aplicáveis e justos, eles devem levar em consideração a possibilidade de execução de empreendimentos com ótimos índices de eficiência para que nenhum potencial caso seja desconsiderado por este.

A obtenção de um modelo otimizado passa pela consideração de minorados quantitativos, executados com ótimas produções em condições de produção sem impedimentos. Somente com estas premissas, valores justos de serem aplicados serão obtidos, gerando assim uma menor possibilidade de questionamentos.

Para melhor entendimento, como roteiro das ações, podemos assim apresentar a construção do modelo teórico:

- Etapa 01: Definição dos tipos básicos de equipamentos.
- Etapa 02: Cálculo dos quantitativos dos serviços representativos de uma obra teórica de forma minorada.
- Etapa 03: Alocação dos equipamentos em função do volume de serviços e da produção teórica da patrulha.
- Etapa 04: Quantificação do óleo gerado em função dos intervalos de troca e capacidade dos reservatórios.

A construção de um modelo teórico somente se sustenta quando este for baseado em processos padronizados, em dados coerentes e em robusta fonte técnica de informações.

Para melhor entendimento da evolução do processo de padronização e normatização de obras rodoviárias no Brasil, vale citar que o início deste processo data de 1968, com a edição da 1ª versão do Manual de Implantação Básica de Rodovias (DNER,1968). Nesse documento estabeleceu-se um conjunto de especificações de materiais e serviços, bem como de técnicas de execução de diversos trabalhos envolvidos na construção de rodovias.

Antes desse documento, a construção de rodovias públicas observava apenas a vontade do gestor e a expertise do executante. Naquele tempo, o modelo de gasto público permitia tal condição, que nos tempos atuais se mostra incabível.

Como etapa secundária da evolução da normatização dos serviços rodoviários, em 1972 tivemos a instituição das Especificações Complementares e Especificações Particulares (DNER,1972). Esse documento se mostrou um importante marco no setor rodoviário, pois estabeleceu diretrizes até então inexistentes para a execução de projetos e obras rodoviárias.

Destacamos que a década de 70 foi um período onde se desenvolveu um extenso programa de obras rodoviárias. Essa condição progressista gerou a necessidade de padronização dos processos de construção de rodovias, como também das normativas para a elaboração de projetos. Nesse período, cerca de 20% do total de gastos do setor público foi destinado à construção e manutenção de rodovias.

A título de comparação, o orçamento previsto para 2020 prevê que as despesas obrigatórias consumirão 94% do total arrecado, podendo, então, concluir que restam apenas 6% para investimentos. Esclarecendo que é deste menor percentual que saem recursos para investimentos, não só em rodovias, mas em todas as áreas não tidas como despesas obrigatórias.

Em um horizonte realista, baseado em dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2018), pode-se destacar que o percentual a ser investido em rodovias no ano calendário de 2020 ficará abaixo a 0,5% do total de gastos do setor público, conforme pode ser constatado a seguir:

O orçamento previsto do governo federal para investimento em infraestrutura de transporte em 2020 será o menor em 16 anos. Estão estimados R\$ 5,29 bilhões no PLOA (Projeto de Lei Orçamentária Anual) do próximo ano, para investimentos pelo Ministério da Infraestrutura, em todas as modalidades de transporte. O valor está 31,1% abaixo do autorizado para 2019 (R\$ 7,68 bilhões). Esse cenário de retração já ocorre desde 2010, com queda de 57,3% nesse período. Desde 2004, quando o valor foi R\$ 4,75 bilhões, a área de infraestrutura não havia recebido tão baixo investimento (BRASIL, 2018).

Segundo números da área econômica, apresentados na proposta de orçamento, a previsão para as despesas discricionárias (não obrigatórias) é de R\$ 89,161 bilhões no ano de 2020. A receita total prevista no orçamento é de R\$ 1,644 trilhão (BRASIL, 2018).

Este trabalho apresenta a seguir tabelas retiradas Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT,2010), demonstrando a significativa evolução na quantidade de rodovias e sua importância para o transporte de cargas e passageiros do decorrer do tempo no Brasil.

**Tabela 2: Evolução da rede rodoviária nacional por tipo de jurisdição 1960/2000 (extensão em Km)**

Ano	Federal		Estadual		Municipal		Total Geral	
	Pavim.	Total**	Pavim.	Total	Pavim.	Total	Pavim.	Total
1960	8.675	32.402	4.028	75.875	--	353.649	12.703	461.926
1970	24.145	51.539	24.422	129.361	2.001	950.794	50.568	1.131.694
1980	39.695	59.175	41.612	147.368	5.906	1.180.373	87.213	1.386.916
1985	46.455	60.865	63.084	163.987	6.186	1.202.069	115.725	1.426.921
1987	48.544	62.238	70.188	176.115	8.971	1.248.033	127.703	1.486.386
1995*	51.400	67.600	81.900	199.100	14.900	1.391.300	148.200	1.658.000
2000*	57.000	71.000	95.000	213.000	21.000	1.450.000	173.000	1.734.000

\*Valores aproximados

\*\*Não estão computadas as extensões de rodovias planejadas, mas não implantadas.

**Fonte: Adaptado de BRASIL, 2010**

**Tabela 3: Matriz de transportes brasileira e suas modificações ao longo do tempo (%)**

Modos de transporte	1950	1960	1970	1980	1987
<u>Transporte de Carga</u>					
Ferroviário	23,8	18,8	17,2	24,3	20,5
Rodoviário	49,5	60,3	70,4	58,7	56,2
Demais modalidades	26,7	20,9	12,4	17,0	23,3
<u>Transporte Passageiro</u>					
Ferroviário	23,8	18,8	17,2	2,8	2,7
Rodoviário	63,6	75,1	78,3	94,6	94,0
Demais modalidades	12,6	6,1	4,5	2,6	3,3

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2010

Continuando a explanação, a partir da década de 70, diante de um cenário de pujante crescimento, foi natural a imposição legal para a adoção da normatização dos procedimentos para execução dos projetos de engenharia e da padronização nas licitações/execuções de qualquer rodovia.

Sem a evolução e padronização dos procedimentos e processos, seria impossível a formatação de qualquer modelo teórico. Valores médios de produção não seriam representativos devido à imensa possibilidade de variáveis envolvidas no processo produtivo. Podemos atualmente dizer de forma simplista que rodovias são feitas da mesma forma, sob as mesmas regras e com razoáveis correlações de produtividade em todo território nacional, não fugindo o Espírito Santo à regra.

#### **4.1 Etapa 1: Definição dos tipos básicos de equipamentos**

A execução de uma obra rodoviária compreende vários tipos de serviços e necessita da utilização conjugada de equipamentos vários. Esse conjunto é denominado de patrulha de equipamentos, e tem como função atender à produção esperada, determinando, assim, um prazo factível de execução de um empreendimento.

Uma ação fundamental para formatação de um modelo teórico eficaz é a identificação dos equipamentos correlatos a todas as etapas produtivas referentes à construção de uma rodovia.

Os equipamentos envolvidos no processo podem ser classificados por grupos, sendo eles:

- Unidades de tração
- Unidades escavo (Empurradoras)
- Unidades escavo (Carregadoras)
- Unidades aplainadoras
- Unidades de transporte
- Unidades compactadoras
- Acabadoras de asfalto
- Equipamentos auxiliares

#### 4.1.1 Unidades de Tração

Esta é uma unidade básica e muito versátil na operação de uma obra rodoviária, com equipamentos munidos de suplementos para realizar tarefas diversas na implantação de uma rodovia. Dotados com grade de arado, homogeneizam o solo a ser compactado e transportam materiais diversos. Com vassouras mecânicas limpam a pista antes de processos de pavimentação e com tanques aspergem água, garantindo umidade aos materiais de trabalho.

O conceito básico estabelece este equipamento como sendo um trator, uma unidade autônoma montada ou sobre esteiras ou sobre pneus, que executa tração ou empurra outras máquinas ou implementos executando diferentes tarefas.

O trator de esteira possui como características uma boa aderência e flutuação, proporcionando um elevado esforço trator, porém sendo caracterizado por trabalhar em baixas velocidades. O trator de pneus possui como característica principal a maior velocidade de operação em relação ao equipamento montado sobre esteiras, porém com uma redução nos índices dos parâmetros força e flutuação. Terrenos mais planos são compatíveis com tratores de pneus e montanhosos com tratores de esteira.

Em função de constantes evoluções tecnológicas dos equipamentos de pneus, como maior potência e economia combinado com maior poder de tração com

tração 4x4, por exemplo, este tem se tornado um equipamento bem mais útil e versátil se comparado ao equipamento sobre esteira.

**Figura 1: Unidades de tração – Trator de Pneus**



**Fonte: Site Massey Ferguson. Disponível em <<https://www.masseyferguson.com.br/>>**

**Acessado em: 13/12/2019.**

#### 4.1.2 Unidades de escavo (Empurradoras)

Unidades popularmente conhecidas como tratores de lâmina. Podem ser equipadas com implementos diversos. Como exemplo, citamos o ripper, que é um grande gancho localizado na traseira do equipamento utilizado para desagregar solos muito compactos, coesivos ou com presença de rochas semidecompostas. Esses equipamentos desempenham as funções de escavar e empurrar, sendo esta a origem da sua denominação.

Até a década de 90 essa era a unidade principal de operação da terraplenagem. Com o advento das unidades escavo-carregadoras (escavadeiras hidráulicas), esses equipamentos perderam espaço nos canteiros de obra devido a maior versatilidade e economia de combustível proporcionada pelos equipamentos mais modernos que também acumulavam a função de carga.

Atualmente os tratores de esteira com lamina são utilizados nos espalhamentos de matérias em bota-fora ou na execução de limpezas prévias em locais de difícil acesso.

**Figura 2: Unidades de escavo (empurradoras) – Trator de Esteiras**



Fonte: Site John Deere. Disponível em <<https://www.deere.com.br/pt/tratores-de-esteira/850j-ii/>> Acessado: em 13/12/2019.

#### 4.1.3 Unidades de escavo (Carregadoras)

Equipamentos com a capacidade de escavar e carregar o material sobre outro equipamento que realizará o transporte deste até seu destino. Esse grupo de equipamentos é representado pelas carregadeiras, escavadeiras e retroescavadeiras.

Cada um dos equipamentos possui suas particularidades funcionais, as quais podemos resumidamente assim citar:

- **Carregadeira:** Também conhecidas como pás-carregadeiras. Geralmente possuem pneu ao invés de esteiras. Movimentam grandes volumes de material, mas possuem uma limitada capacidade de desagregar materiais mais coesos, funcionando muito bem na carga de materiais com menores densidades (soltos).
- **Escavadeiras:** Equipamentos amplamente utilizados nos processos de terraplenagem devido sua economia operacional e grande versatilidade. Executam tanto a escavação quanto a carga de matérias densas, de solos naturais e de até mesmo materiais compactados. A única restrição de uso para as escavadeiras é o desmonte material de 3ª categoria (rocha) que necessita de uso de explosivos.

Uma grande vantagem deste tipo de equipamento é realizar a substituição, com vantagens, de um equipamento de escavação, como um trator, por exemplo, e de um equipamento de carga, uma pá carregadeira.

**Figura 3: Unidades de escavo (empurradoras) – Trator de Esteiras**



Fonte: Site Bamaq Máquinas. Disponível em <<https://www.bamaqmaquinas.com.br/loja/retroescavadeiras/e215-evo>> Acessado: em 17/12/2019.

- **Retroescavadeiras:** Equipamentos de menor porte, se comparado aos dois anteriores, utilizados em escavações reduzidas como abertura de valas e escavações para drenagem.

Esse equipamento, normalmente montado sobre pneus, possui uma concha para carga na dianteira e uma lança para escavação em sua traseira. Sua principal característica é a versatilidade, podendo se locomover com grande agilidade, realizando a escavação e a carga de matérias. Em contrapartida à versatilidade, o equipamento apresenta menores volumes de produção se comparado a equipamentos de maior porte.

**Figura 4: Unidades de Escavo (Carregadoras) – Retroescavadeira**



Fonte: Site JCB tratores. Disponível em <<https://www.jcb.com/pt-br>> Acessado: em 17/12/2019.

#### 4.1.4 Unidades aplainadoras

Equipamentos utilizados no acabamento das camadas construtivas de uma rodovia, tanto na terraplenagem quanto na pavimentação. O conceito do trabalho deste equipamento se baseia no uso de uma lâmina articulada, promovendo o espalhamento e conformação de materiais em camadas, trabalhando em sentido longitudinal, para se alcançar cotas e espessuras pré-definidas.

Uma característica inerente deste equipamento é a precisão obtida através da elevada mobilidade de sua lâmina. Devido às características operacionais do equipamento, o controle das camadas executadas pode ser aferido na grandeza dos centímetros. Essa propriedade é fundamental, uma vez que é grande a quantidade de exigências normativas atualmente vigentes. Como exemplo, podemos citar que camadas de base em brita graduada, constantemente admitem uma variação máxima de 2,00cm em sua cota finalizada e valores extrapolados a este se constituem em não conformidades que necessitam ser tratadas.

**Figura 5: Unidades aplainadoras**



**Fonte: Site CAT Brasil. Disponível em <[https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/motor-graders.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/motor-graders.html)> Acessado: em 17/12/2019.**

#### 4.1.5 Unidades de transporte

Em uma obra rodoviária, qualquer material que tenha necessidade de ser transportado por maiores distâncias, necessita de unidades de transporte. Podemos

comumente considerar unidades de transporte os caminhões com seus vários tipos de configurações.

Como exemplo, podemos citar os caminhões caçamba para transporte de materiais diversos a granel, caminhões pipa que transportam água, comboios de lubrificação cuidando da manutenção e abastecimento dos equipamentos que não possuem razoável mobilidade ou não podem deixar as frentes de serviço, caminhões betoneiras que transportam concreto de forma controlada das usinas até as frentes de serviço, caminhões carroceria para transporte de materiais variados e os cavalos mecânicos usados em conjunto com carretas prancha para transporte de equipamentos nas frentes de serviço.

**Figura 6: Unidades de transporte**



**Fonte: Site Metalúrgica Triângulo. Disponível em**  
**<<http://www.metalurgicatriangulo.com.br/melosa.html>> Acessado: em 17/12/2019.**

#### 4.1.6 Unidades compactadoras

Unidades utilizadas no processo de compactação tanto na etapa de terraplenagem, quanto na drenagem, como na pavimentação. Todos os equipamentos se baseiam em processo mecânico de eliminação de vazios, garantindo maior densidade ao material tratado.

Devido à grande gama de matérias que necessitam ser compactados no processo de implantação de uma rodovia, também temos uma grande gama de tipos de rolos que melhor se enquadram ao processo de cada material.

Temos os rolos pé de carneiro que funcionam baseados no princípio mais antigo de compactação que temos notícia, sendo constituídos por um cilindro oco, encrustado de ressaltos, conhecidos como patas, que com o locomover do equipamento, compactam o solo ou o material sobre o qual se locomovem.

Os rolos lisos são muito utilizados em solos não coesivos e em matérias granulares onde os rolos pé de carneiro não possuem bom desempenho. Estes equipamentos também são conhecidos como rolos vibratórios, pois, seu conceito de compactação se baseia na existência de uma massa excêntrica dentro dos tambores que em grandes frequências propiciam adensamento e o bom acabamento do material em trabalho.

Outra utilidade deste tipo de rolo é no processo de pavimentação asfáltica, onde há a necessidade de um bom acabamento e de uma superfície final com boa regularidade, mesmo, devido às características do material, não promovendo grande grau de compactação, neste caso, trabalhando em conjunto com rolo pneumático.

Rolos pneumáticos são equipamentos lastreáveis assentes sobre pneus que possuem controle de calibração. O princípio de compactação se baseia em aumentos sucessivos de calibragem dos pneus como forma de redução da área de contato, aumentando a energia aplicada.

Como características peculiares, temos sempre pneus desencontrados entre os eixos dianteiros e traseiros, sempre havendo um número ímpar e outro par de pneumáticos. Utilizados em materiais não coesivos e revestimentos asfálticos, propiciando elevadas energias de compactação e bom acabamento.

Finalmente, vale citar a existência de equipamentos combinados entre rolos vibratórios lisos e de pneus, sendo um dos eixos provido de chapa vibratória e o outro de pneus. Como os dois processos de compactação possuem a mesma aplicabilidade, sua junção se torna possível se obtendo maiores energias com um melhor acabamento, lembramos aqui que esta combinação seria improvável com rolos pé de carneiro uma vez que há uma imensa diferenciação no uso dos processos.

**Figura 7: Unidades compactadoras – Rolo liso**



Fonte: Site CAT Brasil. Disponível em <[https://www.cat.com/pt\\_BR/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors/18230166.html](https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/compactors/vibratory-soil-compactors/18230166.html)> Acessado: em 17/12/2019.

**Figura 8: Unidades compactadoras – Rolo pata**



Fonte: Site Minimundi. Disponível em <<https://www.minimundi.com.br/caterpillar-rola-compactador-pe-de-carneiro-cp-563e-ho>> Acessado: em 17/12/2019.

**Figura 9: Unidades compactadoras – Rolo pneu**



**Fonte: Site Bomag Equipamentos. Disponível em <<https://www.bomag.com/br-pt/maquinas/categorias/compactadores-de-asfalto/bw-24-rh-53821/>> Acessado: em 17/12/2019.**

#### 4.1.7 Acabadoras de asfalto

O concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é amplamente utilizado como camada de rolagem nas rodovias estaduais. Esse material possui específicas características de densidade, consistência e temperatura que somente através do uso de um equipamento apropriado pode ser aplicado em camada regular e conforme em termos de espessura e acabamento.

O equipamento utilizado para aplicação do CBUQ é a acabadora de asfalto. Trata-se de veículo autopropelido, assente sobre rodas ou esteira, possuindo caçamba especializada frontal, sistema de transporte do CBUQ por correias e eixo sem-fim finalizando com uma mesa vibratória aquecida traseira. Esse conjunto de implementos permite o espalhamento do produto asfáltico para a sua posterior compactação em uma camada regular que pode ser ajustável em sua espessura conforme as especificações do projeto em execução.



**Figura 10: Acabadoras de asfalto**

**Fonte: Site PESA CAT Rental. Disponível em <<https://www.pesarental.com.br/product-detail/vibro-acabadora-de-asfalto-ap300d/index.html>> Acessado: em 17/12/2019.**

#### 4.1.8 Veículos de apoio

A gestão de uma obra rodoviária demanda uma constante locomoção de engenheiros, encarregados, pequenos materiais e pessoal. Para simplificar o processo de quantificação de equipamentos, este modelo teórico utiliza a inserção desses veículos tidos como leves, assessorando as etapas produtivas da construção de uma rodovia, para tanto serão considerados os modelos tipo caminhonetes e veículos de passeio.

#### **4.2 Etapa 02: Quantitativos representativos de uma obra teórica**

O conceito de execução de um modelo teórico de uma obra é baseado na execução de uma pesquisa de obras reais, na avaliação das classes e características destes empreendimentos, na compilação dos quantitativos agrupados em conjuntos em uma planilha para julgamento de quais valores podem ser considerados representativos para uma obra teórica. Após definição desses parâmetros, teremos as etapas de quantificação de equipamentos e de óleo contaminante, restando claro que a definição de quantitativos representativos é etapa preliminar para todo um modelo eficaz.

Para definição do modelo teórico de uma obra, foram utilizadas como material de pesquisa as planilhas contratuais de parte das obras rodoviárias executadas na Regional SR-3 do DER-ES entre o período de janeiro de 2014 a setembro de 2019.

Para a formatação de um modelo teórico seria desnecessário e extremamente trabalhoso dimensionar patrulhas de equipamentos para todas as etapas construtivas de uma rodovia. O número total de itens em uma planilha contratual facilmente ultrapassa às duas centenas. Uma reprodução teórica exata deveria quantificar a necessidade de equipamentos para cada um desses itens, ação esta desnecessária sob o ponto de vista deste autor devido a infinidade de incorreções e imprecisões que poderiam ocorrer no decorrer do processo.

O que este tópico propõe é o agrupamento de serviços correlatos em conjuntos, para que a comparação dos valores agrupados médios das obras analisadas possa ser natural e intuitiva. De forma lúdica, podemos materializar o fato dizendo para evitarmos comparar bananas com maçãs, compararemos cestos de bananas com outros cestos de bananas. Para o objetivo almejado, esta condição será tida como suficiente.

Busca-se assim a definição de quantitativos mínimos, os quais representem de forma factível a menor quantidade de serviços possíveis. Sem esta consideração, o resultado final deste estudo não atingiria a eficácia esperada uma vez que esses valores poderiam ser questionados, não tendo a aplicabilidade desejada.

Desta forma, planilhas de obras reais executadas foram analisadas e compiladas conforme específicos critérios e suas características peculiares foram identificadas, sendo estas agrupadas conforme sua classe. Após essa compilação, definiu-se valores representativos mínimos para os conjuntos de serviços, os quais foram considerados e adequados através de fatores de correção para as demais classes de rodovia.

Os serviços principais que compõem a construção de uma rodovia foram agrupados nos seguintes conjuntos: terraplenagem, pavimentação, drenagem profunda, drenagem superficial, obras complementares, canteiro de obras, preservação ambiental, sinalização e obras de arte especial, destacados a seguir.

- **Terraplenagem:** será considerado todo o volume de material escavado, realizando o somatório de todos os materiais envolvidos no processo de terraplenagem. Planilhas contratuais usualmente separam os materiais argilosos dos pétreos e qualquer variação entre estes. Neste modelo teórico, foi considerado a somatória de todos os materiais escavados para a determinação de um volume total movimentado e a partir deste, levando-se em consideração as produções de equipe existentes nas composições, foi dimensionada a patrulha necessária para execução total do quantitativo.
- **Pavimentação:** Devido à diversidade de soluções existentes para o revestimento betuminoso, este modelo teórico se baseia na metragem quadrada efetivamente pavimentada nas obras rodoviárias. O tipo de revestimento em muito varia entre tratamentos superficiais e concretos betuminosos, como o aprofundamento na questão envolveria cálculos complexos e um grande amostral, este estudo se baseará na quantidade do serviço “imprimação com CM-30”.

O quantitativo do serviço, imprimação com CM-30, evidencia com ótima precisão a área real pavimentada no contrato, tal fato se sustenta por ser este serviço, obrigatório e preliminar a qualquer tipo de pavimentação asfáltica (tratamento superficial ou CBUQ). Questão também relevante é o fato de a imprimação, em média, extrapolar em apenas 10,00cm a largura total pavimentada, valor este que será considerado irrelevante por estar presente em todas as obras analisadas. Sendo assim, consideramos a área pavimentada igual à área efetivamente imprimada.

Uma planilha contratual padrão, para a construção de uma rodovia, em seu item drenagem, pode ter mais de 100 itens diversos, estes podem ser bueiros, drenos, canaletas, descidas, meio fios, dissipadores, etc. Como forma de racionalizar o processo de quantificação da equipe e por consequência da patrulha de equipamentos, temos a redução destes em dois grandes grupos, sendo eles, drenagem profunda e drenagem superficial.

- **Drenagem profunda:** dispositivos de drenagem de médio e grande porte. Grupo formado pelos bueiros e galerias, dispositivos que necessitam de

considerável escavação e maiores movimentações de cargas (artefatos pré-moldados de concreto). Para a quantificação total, foi realizada a somatória de todos os diâmetros de dispositivos previstos em planilhas analisadas, sendo o comprimento total presente em quadro resumo = somatória dos comprimentos de bueiros e galarias de qualquer dimensão das planilhas contratuais.

- **Drenagem superficial:** dispositivos de menor porte, executados ou sub-superficialmente (drenos) ou na superfície do solo (canaletas, meio fios e sarjetas). Este agrupamento se baseia na somatória de serviços classificados como leves a médios, que em sua maioria podem ser executados com uma retroescavadeira e serviços manuais. Para a quantificação foi realizada a somatória de todos os comprimentos dos diversos dispositivos lineares para que, em etapa posterior, seja possível definir uma produção e uma equipe média teórica para que o volume de óleo contaminante possa ser aferido.
- **Obras complementares:** São representantes deste grupo as cercas, calçadas e porteiros. O item mais representativo, na maioria dos contratos analisados é a cerca de madeira com quatro fios de arame farpado nas modalidades, construção ou deslocamento. Sendo assim, a planilha referencial considerou a somatória do quantitativo destes dois serviços como o representativo para o dimensionamento da patrulha de serviço.
- **Canteiro de obras:** Todo empreendimento rodoviário necessita ter um canteiro de obras que é o local de apoio para todas as operações. Para a mobilização e desmobilização deste, uma série de equipamentos se mostram necessários, caminhões, retroescavadeiras e motoniveladoras, por exemplo. As estruturas consideradas serão cantina, banheiro, laboratório, depósito, escritório, usina, vestiário, guarita e oficina. A quantificação destas unidades leva em conta o tamanho da obra, sendo que maiores empreendimentos podem ter mais de uma estrutura do mesmo tipo para suprir as necessidades operacionais. Sendo assim, temos um número mínimo de nove unidades que pode ser acrescido em virtude do tamanho do empreendimento.
- **Preservação ambiental:** uma imensa gama de serviços pode estar presente no item preservação ambiental. Alguns exemplos que podemos citar são as passagens de fauna, as barreiras de siltagem a hidrossemeadura e as mantas geotêxtis. Como forma de padronizar a quantificação deste item, este trabalho

considera unicamente a quantificação do serviço mais relevante que é a hidrossemeadura para a modelação proposta.

- **Sinalização:** conjunto de serviços quantificados através da metragem quadrada do serviço sinalização horizontal, por ser este um serviço bem representativo do volume de sinalização implantada em cada rodovia.
- **Obras de arte especiais:** Considerado o comprimento útil somado das pontes, pontilhões e viadutos previstos nas planilhas analisadas.

Devido às diferenças de comprimento dos empreendimentos reais utilizados como fonte de pesquisa, os dados compilados foram padronizados na razão quantitativa dividida pela unidade de Km, podendo assim haver uma comparação direta, mesmo em rodovias de diferentes comprimentos. Basicamente, os quantitativos totais foram divididos pelo comprimento total da rodovia, obtendo um quantitativo final equalizado na unidade serviço/Km.

Em função da diversidade de classes de rodovias e suas particularidades, um modelo teórico, para que seja eficaz, deve ser representativo de todas as nuances de cada uma das classes. Como forma de atender a tal premissa, na construção deste foram observadas as seguintes diretrizes:

- Apenas um modelo teórico será formatado por este trabalho.
- O modelo teórico será baseado em uma obra da classe Semi-implantação, que possui grande similaridade com obras tipo restauração, sendo estas as mais frequentes no estado do ES.
- Para definição dos valores representativos, serão observados os valores presentes em obras tipo Semi-implantação, sendo os demais utilizados para nortear a definição de coeficientes de correção.
- Para a correção dos valores obtidos do modelo teórico (Semi-implantação) para a classe Recapeamento, o grupo terraplenagem será zerado e os demais, mantidos.
- Para a correção dos valores obtidos do modelo teórico (Semi-implantação) para a classe Implantação Total, serão utilizados coeficientes de majoração apresentados em próximos tópicos.

Tabela 4: Compilação das obras reais pesquisadas na SR-3 com as respectivas rodovias, classe, comprimento, serviços típicos e valor referencial de quantitativos adotado na composição do modelo teórico.

Rodovia	Classe de obra	Comp.	Terraplenagem	Pavimentação	Drenagem profunda	Drenagem superficial	Obras complementares	Canteiro de obras	Preservação ambiental	Sinalização	Obras de arte especial
ES-080	Total - Implantação	15,028	1.658.349,09	209.530,21	2.526,00	48.255,85	27.184,50	9,00	332.146,25	13.908,73	60,00
		<b>Média</b>	<b>110.350,62</b>	<b>13.942,65</b>	<b>168,09</b>	<b>3.211,06</b>	<b>1.808,92</b>	<b>0,60</b>	<b>22.101,83</b>	<b>925,52</b>	3,99
			<b>m<sup>3</sup>/Km</b>	<b>m<sup>2</sup>/Km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>ml/km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>unid</b>	<b>m/Km</b>	<b>m<sup>2</sup>/Km</b>	
ES-436	Semi - Implantação	19,900	756.283,38	224.888,40	3.764,00	57.043,60	39.800,00	9,00	199.252,11	4.865,80	-
			38.004,19	11.300,92	189,15	2.866,51	2.000,00	0,45	10.012,67	244,51	-
ES-356	Semi - Implantação	5,800	149.446,96	58.956,82	1.283,00	16.010,11	5.166,00	9,00	68.025,00	2.582,44	-
			25.766,72	10.164,97	221,21	2.760,36	890,69	1,55	11.728,45	445,25	-
ES-446	Semi - implantação	15,580	319.902,69	156.978,52	937,00	43.601,00	11.445,14	10,00	218.185,30	6.628,45	95,00
			20.532,91	10.075,64	60,14	2.798,52	734,60	0,64	14.004,19	425,45	6,10
ES-315	Semi - implantação	25,530	315.909,57	259.276,00	1.327,90	28.902,00	12.802,80	12,00	256.021,00	16.412,00	-
			12.374,05	10.155,74	52,01	1.132,08	501,48	0,47	10.028,24	642,85	-
ES-421	Semi - implantação	20,760	559.677,42	192.312,32	1.677,00	44.182,90	35.319,24	10,00	198.959,27	14.517,35	45,00
			26.959,41	9.263,60	80,78	2.128,27	1.701,31	0,48	9.583,78	699,29	2,17
		<b>Média</b>	<b>24.727,46</b>	<b>10.192,17</b>	<b>120,66</b>	<b>2.337,15</b>	<b>1.165,62</b>	<b>0,72</b>	<b>11.071,47</b>	<b>491,47</b>	
			<b>m<sup>3</sup>/Km</b>	<b>m<sup>2</sup>/Km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>ml/km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>unid</b>	<b>m/Km</b>	<b>m<sup>2</sup>/Km</b>	

Tabela 5: Compilação das obras reais pesquisadas na SR-3 com as respectivas rodovias, classe, comprimento, serviços típicos e valor referencial de quantitativos adotado na composição do modelo teórico (continuação).

Rodovia	Classe de obra	Comp.	Terraplenagem	Pavimentação	Drenagem profunda	Drenagem superficial	Obras complementares	Canteiro de obras	Preservação ambiental	Sinalização	Obras de arte especial
ES-080	Restauração	38,340	1.020.184,93	463.521,70	3.323,45	47.168,72	56.278,15	12,00	350.000,00	18.550,00	32,00
			26.608,89	12.089,77	86,68	1.230,27	1.467,87	0,31	9.128,85	483,83	0,83
ES-320	Restauração	28,179	440.035,00	285.963,00	1.831,00	88.449,20	58.952,19	12,00	349.933,00	10.002,75	30,00
			15.615,71	10.148,09	64,98	3.138,83	2.092,06	0,43	12.418,22	354,97	1,06
ES-130	Restauração	25,740	187.547,00	246.410,00	3.963,00	56.028,00	53.603,00	12,00	312.935,00	15.814,00	-
			7.286,21	9.573,04	153,96	2.176,69	2.082,48	0,47	12.157,54	614,37	-
ES-320	Restauração	20,760	559.677,42	192.312,32	1.677,00	44.182,90	35.319,24	10,00	198.959,27	14.517,35	45,00
			26.959,41	9.263,60	80,78	2.128,27	1.701,31	0,48	9.583,78	699,29	2,17
ES-010	Restauração	8,500	190.537,54	151.564,40	1.049,00	30.052,88	8.518,85	9,00	76.553,96	4.931,20	-
			22.416,18	17.831,11	123,41	3.535,63	1.002,22	1,06	9.006,35	580,14	-
		<b>Média</b>	<b>19.777,28</b>	<b>11.781,12</b>	<b>101,96</b>	<b>2.441,94</b>	<b>1.669,19</b>	<b>0,55</b>	<b>10.458,95</b>	<b>546,52</b>	
			<b>m³/Km</b>	<b>m²/Km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>ml/km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>unid</b>	<b>m/Km</b>	<b>m²/Km</b>	
<b>Valores adotados para modelo teórico</b>			<b>20.000,00</b>	<b>10.000,00</b>	<b>100,00</b>	<b>2.000,00</b>	<b>1.000,00</b>	<b>0,50</b>	<b>10.000,00</b>	<b>400,00</b>	
			<b>m³/Km</b>	<b>m²/Km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>ml/km</b>	<b>ml/Km</b>	<b>unid</b>	<b>m/Km</b>	<b>m²/Km</b>	
<b>Multiplicador - Fator de conversão</b>			<b>2,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,25</b>	<b>1,10</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,50</b>	<b>1,00</b>	

#### 4.2.1 Terraplenagem e fator de correção entre classes adotado: 2,00

É oportuno expor a explicação da necessidade de utilização do fator de correção. Após análise da Tabela 5, nota-se razoável similaridade entre os valores das classes Semi-implantação e Restauração e que um valor médio de quantitativos pode ser atribuído a estas. Porém, a classe Total Implantação apresenta valores referenciais em muito diferentes para alguns itens.

Para que os resultados obtidos do modelo teórico, que utiliza os valores obtidos das classes semi-implantação e restauração, possam ser utilizados em obras de Total Implantação, este estudo propõe a utilização do coeficiente de correção para os serviços que apresentem quantitativos em muito aumentados, como a terraplenagem e drenagem, por exemplo. Realizando a simples operação de utilizar estes fatores multiplicando o volume de óleo contaminante obtido para que o uso do índice possa refletir também a produção de óleo contaminante desta classe, sem esta condição seria necessária a execução de dois modelos teóricos.

Retomando ao tema variação da terraplenagem, analisando a região onde as obras foram executadas, notamos grandes diferenças nas características topografias dos locais onde os empreendimentos foram implantados, variando o relevo de plano a montanhoso. Exemplificando, a região norte do estado (Boa Esperança) possui uma condição topográfica em muito mais plana que a noroeste (Colatina). É fato que condições montanhosas determinam maiores volumes de terraplenagem, justificando assim as variações encontradas dentro de uma mesma classe de rodovias.

Obras do tipo Total Implantação apresentam maiores números referentes ao  $m^3/Km$  de terraplenagem que as Semi-implantação e Restauração. Tal fato se justifica devido a não preexistência de qualquer tipo de serviço quando estamos implantando uma rodovia em terreno virgem. Como o único empreendimento de implantação analisado foi executado em região montanhoso, resolveu-se utilizar um fator de correção entre classes conservador para não incorrer em erro de majorar a produção de óleo contaminante, tal ação garante a manutenção da premissa básica deste trabalho, que é se obterem valores mínimos para a produção de óleo contaminante, seja qual for a classe de obra. Porém, resta claro que um índice de correção entre terrenos montanhosos e planos também merece estudos.

Finalmente, lembramos que para serviços do tipo Recapeamento, o item terraplenagem será desconsiderado como gerador de resíduos oleosos, pela razão da natureza dos serviços não envolver movimentação de volumes de material de 1ª ou 3ª categoria que mereçam ser considerados.

#### 4.2.2 Pavimentação e o fator de correção adotado entre classes: 1,00

Para esse tipo de serviço, notamos uma razoável constância dos valores obtidos independente da classe da obra, condição esta se materializando em um coeficiente de correção = 1,00, ou seja, sem necessidade de correções nos quantitativos entre classes. Tal fato se justifica uma vez que independente da classe de obra analisada, sempre temos como produto final a pavimentação ou o recapeamento das pistas. Também deve ser considerada a questão de termos neste item uma componente longitudinal (comprimento) em muito mais considerável que a transversal (largura) reduzindo assim o impacto das variações de largura entre as pistas analisadas. Sendo assim, para o item, correções não se mostram necessárias independente da classe de rodovia.

#### 4.2.3 Drenagem profunda e o fator de correção adotado entre classes: 1,25

A drenagem profunda compreende todos os bueiros e galerias executados na obra em análise, quantitativos estes que tem relação direta com a topografia local e com a preexistência de dispositivos funcionais. Para tanto, neste item fora considerado um valor referencial minimizado.

Para a drenagem profunda, este trabalho adotou um fator de correção de 1,25 para correção entre as classes Semi-implantação/restauração para Total Implantação uma vez que em rodovias implantadas em terrenos virgens a possibilidade de reaproveitamento de dispositivos é nula.

Vale destacar a solução metodológica utilizada por este autor, que fora a utilização de fatores de correção minimizados. Se analisarmos a relação direta obtida através da Tabela 5, a proporção de serviços encontrados na classe Implantação Total é superior a materializada pelo Fator de correção. A minimização deste índice está em acordo com a condição de se obter um quantitativo mínimo possível, a multiplicação do valor obtido através do modelo teórico, que se baseia

em uma obra de Semi-implantação, por um fator minimizado, garante a aplicabilidade dos índices obtidos uma vez a adoção de valores mínimos possíveis.

#### 4.2.4 Drenagem superficial e o fator de correção adotado entre classes: 1,10

Grupo de serviços que compreende, em sua maioria, dispositivos superficiais. É razoável compreender que quando estamos restaurando ou reabrindo uma rodovia existem dispositivos que podem ser reaproveitados, sendo assim, definiu-se um conservador índice de 1,10 para correção de necessidade entre os dois grandes grupos (Semi-implantação/Restauração x Implantação Total) definidos por este trabalho, lembrando aqui a existência de um terceiro subgrupo, Recapeamento, que se baseia na simples supressão dos serviços Terraplenagem do grande grupo Semi-implantação sem a necessidade de qualquer outra correção de índices.

#### 4.2.5 Obras complementares

Grupo evidenciado pela construção ou deslocamento de cercas de madeira com quatro fios de arame farpado. Após compilação dos valores pesquisados, foi verificada uma baixa variação entre os valores médios por Km encontrados independentemente da classe de obra, não justificando assim a utilização de fator de correção.

#### 4.2.6 Canteiro de obras e o fator de correção adotado entre classes: 1,00

Critério de utilização de no mínimo 9 estruturas sendo estas ampliadas em obras de maior vulto conforme os registros de época e observações de campo.

#### 4.2.7 Preservação ambiental e o fator de correção adotado entre classes: 1,50

O maior representante deste grupo é a hidrossemeadura, que consiste no revestimento de taludes de corte e aterro com sementes selecionadas envoltas em massa de fertilizantes, aspergidos por caminhão especializado nas regiões a serem recuperadas ou taludes expostos.

Obras executadas em regiões montanhosas, normalmente geram maiores volumes de terraplenagem, gerando também a necessidade de maiores quantidades de hidrossemeadura. De modo geral, notamos razoável constância no percentual de m<sup>2</sup>/Km das Semi-implantações e das Restaurações, sendo definido um fator de correção de 1,50 para utilização do valor referencial em obras de Total Implantação.

#### 4.2.8 Sinalização e o fator de correção adotado entre classes: 1,00

Apesar de terem sido verificados valores diversos entre os dois grandes grupos de classe de rodovias, não será adotado nenhum fator de correção uma vez que o fator mais preponderante para a variação verificada é a variação da largura das faixas a serem pintadas.

Estas larguras podem variar de 10,0cm a 15,0cm, sendo assim, correções no item não representariam a realidade operacional uma vez que para se pintar faixas longitudinais de 15,0cm se gasta praticamente o mesmo tempo e equipamento que para se pintar faixas de 10,0cm. Esta operação envolve apenas diferenças de quantitativos de tinta, não impactando na quantidade de equipamentos e por consequência na produção de óleo contaminante.

#### 4.2.9 Obra de arte especial

Estamos aqui tratando das pontes e grandes estruturas de drenagem. Existem obras que possuem estes elementos e outras que não. Devido ao fato, este estudo não considerará estas estruturas em seu modelo teórico. Mesmo a construção de pontes e viadutos sendo potenciais geradoras óleo contaminante, baseados no conceito de se obter a mínima produção de óleo contaminante, o modelo teórico abandonará este item devido à grande variabilidade observada. Esta definição se mostra mais alinhada com a proposta de obtenção de valores mínimos, cerne das premissas deste trabalho.

Com a adoção deste conjunto de correções, tem-se como intenção, definir um valor representativo para a produção de óleo contaminante, sendo este o mínimo possível, para uma obra típica no estado do ES. Baseado nesta premissa, foram utilizados valores referencias para os tipos de serviços (terraplenagem, pavimentação, drenagem profunda, drenagem superficial, obras complementares, canteiro de obras, preservação ambiental, sinalização e obras de arte especial) arredondados e minorados. Essa ação garante a condição de não incorrer em erro de estimar valores a maiores para a produção de óleo contaminante, como pode ser verificado em Tabela 5 na linha “valores adotados para o modelo teórico”, onde temos a utilização de valores conservadores.

Uma vez que temos a formatação de apenas um modelo teórico, e este é baseado nos valores obtidos de média arredondada e minorada das classes semi-implantação e restauração, temos também multiplicadores de correção que serão utilizados nas etapas seguintes deste estudo para correção dos volumes de óleo obtidos do modelo básico.

Esta ação se baseia na proporcionalidade de produção de óleo contaminante em função do volume de serviços previstos e na relevante questão de uma Total Implantação, em função do volume de serviços executados, teoricamente, produzir mais óleos contaminantes que uma Restauração de rodovia, por exemplo.

### **4.3 Etapa 03: Alocação dos equipamentos**

Uma vez definidos os tipos de equipamentos básicos e os volumes de serviços característicos, temos, portanto, como etapa seguinte, a definição da patrulha básica contendo a quantidade dos equipamentos a serem utilizados em cada uma das etapas produtivas.

Para evitar erros devido à insuficiência de quantitativos, a metodologia deste trabalho define como uma obra teórica ideal, uma com 10 Km, pois, uma obra teórica com menores dimensões inevitavelmente determinaria tempo de execução por vezes menor que vários intervalos de troca de óleo.

Assim, este trabalho resolve quantificar patrulhas de equipamentos para uma obra teórica de 10 Km a ser executada em 360 dias, valores perfeitamente compatíveis com a realidade executiva das obras no ES, onde a grande maioria dos empreendimentos ultrapassa a extensão de 10 Km.

Quanto ao prazo de 360 dias, este não está posto de forma aleatória. Em tópicos subsequentes será demonstrado que tal período de tempo foi obtido pela divisão dos serviços totais a serem executados em uma obra de 10 km, pela produção das equipes distribuídas ao longo do tempo. Conforme tabela abaixo, em que estão expostos os valores de serviços, separados por atividades, em conformidade com determinado padrão de obra rodoviária.

**Tabela 6: Valores de serviços, separados por conjunto de atividades, adotados para o Modelo Teórico de uma obra rodoviária por unidade de 1,0 Km e por unidade de 10 Km.**

	Comp.	Terraplenagem	Pavimentação	Drenagem profunda	Drenagem superficial	Obras complementares	Canteiro de obras	Preservação ambiental	Sinalização
Valores adotados para modelo teórico	1,0Km	20.000,00 m <sup>3</sup> /Km	10.000,00 m <sup>2</sup> /Km	100,00 ml/Km	2.000,00 ml/km	1.000,00 ml/Km	0,50 unid	10.000,00 m/Km	400,00 m <sup>2</sup> /Km
Para uma obra referencial de 10,0 Km	10,0Km	200.000,00 m <sup>3</sup>	100.000,00 m <sup>2</sup>	1.000,00 ml	20.000,00 ml	10.000,00 ml	5,00 unid	100.000,00 m	4.000,00 m <sup>2</sup>

Para definição dos quantitativos básicos do modelo teórico, a tabela 6, utiliza os valores médios minorados obtidos da coleta de informações das obras executadas no DER-ES/SR-3. Após definição destes, os mesmos foram multiplicados pelo valor de x 10 (vezes 10), chegando assim aos valores teóricos para se executar uma obra de 10 Km na classe de obras Semi-implantação/Restauração.

#### 4.3.1 Dimensionamento de Equipes

Torna-se fundamental nesta etapa do trabalho definir o tipo, quantidade e produção dos equipamentos (patrulha) envolvidos em cada uma das etapas construtivas do empreendimento teórico. Como dito em tópicos anteriores, atualmente, existe elevado grau de padronização dos processos de construção de uma rodovia devido as exigências normativas, evoluções tecnológicas e demandas de mercado. Podemos até mesmo dizer que empresas diversas, constroem rodovias de forma em muito similar por todo o Brasil.

Analisando o *modus-operandi* de diversas empresas que atuam no setor podemos reparar grande similaridade no uso de equipamentos e de suas quantidades na execução de rodovias.

A definição da patrulha padrão para cada modalidade de serviços se baseia no conhecimento acumulado do autor observando obras rodoviárias há aproximadamente 20 anos e da análise de composições de preços do DER-ES.

As composições de preço do DER-ES são uma importante ferramenta balizadora que vem se aperfeiçoando ao longo de 50 anos de atuação deste órgão estadual. As composições são basicamente uma tabela de formação do preço referencial. Esse importante referencial é composto pela alocação de equipamentos e suas produções, materiais, mão de obra e encargos, resultando em um custo total para o serviço.

Uma vez já definida a obra teórica, com seus itens de serviços e respectivos quantitativos, este trabalho apresenta a seguir as patrulhas básicas de equipamentos, definidas através de observações de campo e análise das composições de preços do DER-ES. Os equipamentos presentes nos quadros de patrulhas são os que este trabalho considera necessários à execução dos serviços propostos para cada modalidade, guardando coerência com o que se observa em obras reais. O quadro a seguir expõe a patrulha básica de terraplenagem.

**Quadro 1: Patrulha básica de terraplenagem**

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>
Escavadeira hidráulica	01 unidade
Caminhão basculante	05 unidades
Caminhão pipa	01 unidade
Caminhão comboio	01 unidade
Motoniveladora	01 unidade
Rolo compactador	04 unidades
Trator agrícola com grade	01 unidade
Caminhonete	01 unidade
Veículo leve	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>1.120 m<sup>3</sup>/dia</b>

O conceito teórico utilizado neste trabalho se baseia na propositura de um conjunto de equipamentos que tenha correlação com os trabalhos presentes no conjunto de serviços (terraplenagem) e a utilização da produção de equipe extraída da composição DER-ES para o item mais representativo. No caso do item terraplenagem, optou-se pelo serviço de *Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira*, o qual apresenta uma produção de equipe de 140,00m<sup>3</sup>/hora, valor este multiplicado pela jornada normal de trabalho de 8 horas, resulta em uma produção diária de 1.120,00 m<sup>3</sup>/dia. Para melhor compreensão do modelo, adiantamos aqui, que em etapas seguintes, tal produção será utilizada na

definição do tempo necessário a se executar o conjunto de serviços previstos. Para tanto, será efetuada a divisão dos serviços totais previstos a uma obra de 10Km, pela produção teórica de 1 dia, chegando a quantidade de dias necessárias a completa execução dos quantitativos.

A ação de utilizar sempre que possível uma produção típica de uma composição do DER-ES se mostra uma ação eficaz uma vez que tal valor vem se refinando ao longo do tempo.

**Figura 11: Composição de preço unitário DER-ES, código 40230, data base: 31/10/2018**

		DER-ES - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo					Relatório de Composição do Serviço		Página: 802 de 1450	
Tabela de Preços: Referencial de Preços outubro 2018 sem desoneração							Data base: 31/10/2018			
Serviço: 40230 Escavação e carga de material de 1ª categoria com escavadeira								Unidade: M3		
<b>(A)Equipamento</b>		<b>Código padrão</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Ut. Pr</b>	<b>Ut. Impr</b>	<b>Vi. Hr. Prod</b>	<b>Vi. Hr. Imp</b>	<b>Custo Horário</b>		
Escavadeira EC 240 VOLVO ou equivalente		30044	1,0000	1,0000	0,0000	202,43	48,16	202,43		
Motoniveladora Caterpillar modelo 120K ( cab + ar + ríper) ou equivalente		30022	1,0000	0,1100	0,8900	247,92	83,72	101,78		
								<b>(A)Total:</b>		<b>304,21</b>
<b>(B)Mão-de-Obra</b>		<b>Código padrão</b>	<b>Eq. Salarial</b>	<b>Encargos(%)</b>	<b>Sal/Hora</b>	<b>Consumo</b>		<b>Custo Horário</b>		
Encarregado de terraplenagem		20067	2,35	157,27	27,35	1,0000		27,35		
Servente		20002	1,00	157,27	11,64	1,0000		11,64		
								<b>(B)Total:</b>		<b>38,99</b>
<b>(C)Itens de Incidência</b>		<b>Código padrão</b>	<b>%</b>	<b>M. O.</b>	<b>Equip.</b>	<b>Mat.</b>	<b>Custo</b>			
								<b>(C)Total:</b>		<b>0,00</b>
<b>Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)</b>								<b>343,20</b>		
<b>(D) Produção da Equipe</b>								<b>140,0000</b>		
<b>(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)</b>								<b>2,45</b>		
<b>(F)Materiais</b>		<b>Código padrão</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo Unitário</b>		<b>Consumo</b>		<b>Custo Unitário</b>		
								<b>(F)Total:</b>		<b>0,00</b>
<b>Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)</b>								<b>343,20</b>		
<b>(D) Produção da Equipe</b>								<b>140,0000</b>		
<b>(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)</b>								<b>2,45</b>		
<b>(F)Materiais</b>		<b>Código padrão</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo Unitário</b>		<b>Consumo</b>		<b>Custo Unitário</b>		
								<b>(F)Total:</b>		<b>0,00</b>
<b>(G)Serviços</b>		<b>Código padrão</b>	<b>Unid.</b>	<b>Custo Unitário</b>		<b>Consumo</b>		<b>Custo Unitário</b>		
								<b>(G)Total:</b>		<b>0,00</b>
<b>(H)Itens de Transporte</b>		<b>Código padrão</b>	<b>Unid.</b>	<b>Fórmula</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>Custo</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo Unit.</b>
								<b>(H)Total:</b>		<b>0,00</b>
<b>Custo Direto Total (E) + (F) + (G) + (H)</b>								<b>2,45</b>		
<b>BDI:23,32%</b>								<b>0,57</b>		
<b>Preço Unitário Total</b>								<b>3,02</b>		

Fonte: Site DER-ES. Disponível em <<https://der.es.gov.br/tabela-referencia-de-precos-e-composicoes-de-custos-unitarios>> Acessado em: 03/01/2019.

**Quadro 2: Patrulhas básicas de drenagem profunda**

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>
Caminhão basculante	01 unidade
Caminhão carroceria	01 unidade
Caminhão betoneira	01 unidade
Retro escavadeira	02 unidade
Caminhonete	01 unidade
Veículo leve	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>30ml/dia</b>

Para formatação da patrulha do item drenagem profunda, este trabalho em muito se baseou nas observações de campo, uma vez que as composições DER-ES dos itens relacionados não se mostraram satisfatoriamente representativas devido ao agrupamento de serviços utilizado por este trabalho. Particularmente para os itens de drenagem profunda, como bueiros, as composições do DER-ES se baseiam em serviços em detrimento da especificação do tipo de equipamento necessário. Como exemplo do fato apresentamos a seguir a composição de preços para Corpo de BSTC Ø 1,00m onde temos o item serviços, do qual podemos verificar os subitens escavação e reaterro. O que buscamos aqui é a alocação dos equipamentos necessários para executar a escavação e o reaterro.

Diante do fato, para a drenagem profunda, este trabalho se pautou em observações realizadas em campo, apresentando um número de equipamentos e produção compatíveis com os verificados em casos reais. Como o serviço mais representativo para o item são os bueiros, o dimensionamento da equipe se baseou em um conjunto de equipamentos que em média assentam 30 ml de dispositivos por dia. Tal valor de produção se mostra superior ao previsto em composição DER-ES, mas, em consonância com o atualmente observado em campo em vários empreendimentos já monitorados. A diferença de produção entre os métodos se dá pelo fato de a composição DER-ES considerar o compartilhamento de equipamentos entre a drenagem profunda e outros serviços, tornando assim, difícil a quantificação de produção de óleo contaminante para este item. O modelo proposto por este trabalho definiu uma equipe exclusiva com maior produção para tornar possível a quantificação.

**Figura 12: Composição de preço unitário DER-ES, código 42769, data base: 31/10/2018**



DER-ES - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo

Relatório de Composição do Serviço

Página: 432 de 1450

Tabela de Preços: Referencial de Preços outubro 2018 sem desoneração

Data base: 31/10/2018

Serviço: 42769 Corpo BSTC (greide) diâmetro 1,00 m CA-1 PB inclusive escavação, reatero e transporte do tubo em Vias Urbanas

Unidade: M

(A)Equipamento	Código padrão	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário
Carregadeira de rodas ref. Caterpillar modelo 924H (1,9 m3) ( cab + ar ) ou equivalente	30023	1,0000	0,1000	0,9000	204,45	66,49	80,28
<b>(A)Total:</b>							<b>80,28</b>

(B)Mão-de-Obra	Código padrão	Eq. Salarial	Encargos(%)	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário
Encarregado de O.A.C.	20060	2,26	157,27	26,30	0,5000	13,15
Pedreiro de O.A.C.	20109	1,24	157,27	14,43	2,0000	28,86
Servente	20002	1,00	157,27	11,64	4,0000	46,56
<b>(B)Total:</b>						<b>88,57</b>

(C)Itens de Incidência	Código padrão	%	M. O.	Equip.	Mat.	Custo
Ferramentas manuais	2000	5,0000	X			4,42
<b>(C)Total:</b>						<b>4,42</b>

<b>Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)</b>	<b>173,27</b>
<b>(D) Produção da Equipe</b>	<b>0,8300</b>
<b>(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)</b>	<b>208,75</b>

(F)Materiais	Código padrão	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário
Tubo de concreto armado D=1,00m CA-1 PB	10226	M	215,58	1,0000	215,58
<b>(F)Total:</b>					<b>215,58</b>

(G)Serviços	Código padrão	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário
Argamassa cimento e areia traço 1:4, tudo incluído	40348	M3	369,77	0,0320	11,83
Escavação manual em mat. 1º cat. H= 0,00 a 1,50 m	40258	M3	52,61	0,2000	10,52
Escavação mecânica em material de 1º cat. H= 0,00 a 1,50 m	40282	M3	9,92	5,2200	51,78
Reatero de cavas c/ compactação mecânica ( compactador manual)	40303	M3	34,87	4,0000	139,48
<b>(G)Total:</b>					<b>213,61</b>

(H)Itens de Transporte	Código padrão	Unid.	Fórmula	X1	X2	X3	Custo	Consumo	Custo Unit.
Transp. de Tubo de concreto armado D=1,00m CA-1 PB	1269	t	0,676XP + 0,703XR				0,00	0,9200	0,00
<b>(H)Total:</b>									<b>0,00</b>

<b>Custo Direto Total (E) + (F) + (G) + (H)</b>	<b>637,94</b>
<b>BDI:23,32%</b>	<b>148,76</b>
<b>Preço Unitário Total</b>	<b>786,70</b>

Fonte: Site DER-ES. Disponível em <<https://der.es.gov.br/tabela-referencia-de-precos-e-composicoes-de-custos-unitarios>> Acessado em: 03/01/2019.

**Quadro 3: Patrulha básica de drenagem superficial**

Equipamentos	Quantidade
Caminhão basculante	01 unidade
Caminhão carroceria	01 unidade
Caminhão betoneira	01 unidade
Caminhão pipa	01 unidade
Retro escavadeira	01 unidade
Caminhonete	01 unidade
Veículo leve	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>500ml/dia</b>

Para definição desta equipe de trabalho, novamente, este trabalho se baseou em observações de campo com a aferição da produção diária média de equipes que executam os mesmos serviços em contratos diversos no estado do Espírito Santo. Basicamente se observou que uma equipe exclusiva para execução de dispositivos de drenagem superficiais e condições normais, minimamente, executa 500 ml por dia de dispositivos, sendo assim, este trabalho considerou este item como referencial para definição do tempo necessário para a completa execução dos serviços previstos a uma obra típica de 10 km.

**Quadro 4: Patrulha básica de obras complementares**

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>
Caminhão basculante	01 unidade
Caminhão carroceria	01 unidade
Retro escavadeira	01 unidade
Caminhonete	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>360ml/dia</b>

Analisando a composição de preço para o item mais representativo que é a cerca de arame farpado com 4 fios, notamos uma boa descrição dos serviços com a apresentação de uma produção de 60,0 m/hora. Devido à natureza do serviço e através de pesquisa de campo constatou-se que para se obter uma média de produção diária para este serviço seria mais representativo a consideração da jornada de trabalho de 6 horas.

A dureza do serviço na maioria dos casos investigados envolvia jornadas diferenciadas, se iniciando por vezes antes do raiar do sol com um termino no meio da tarde. Sendo assim, este trabalho considerou apropriado considerar a produção diária de 360 ml/dia.

Merece destaque o fato de este modelo teórico se valer de uma simplificação de processos produtivos. Houve um agrupamento de serviços em um mesmo item. O dimensionamento da equipe, aqui apresentado, busca representar um quantitativo tal de equipamentos e pessoal que execute não só as cercas aqui anunciadas, mas todos os serviços previstos no grupo. No caso em particular do item obras complementares, o que se propõe é que o item balizador da produção será as cercas. Porém, a equipe proposta esta dimensionada para executar todas as atividades previstas, condição válida para todos os itens de serviço.

**Figura 13: Composição de preço unitário DER-ES, código 40899, data base: 31/10/2018**



DER-ES - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo

Relatório de Composição do Serviço

Página: 267 de 1450

Tabela de Preços: Referencial de Preços outubro 2018 sem desoneração

Data base: 31/10/2018

Serviço: 40899 Cerca de arame farpado 4 fios com mourões a cada 2,0 m, esticadores de madeira, a cada 20,0 m, inclusive transporte de mourão e arame farpado)

Unidade: M

(A)Equipamento	Código padrão	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário		
							(A)Total:	0,00	
(B)Mão-de-Obra	Código padrão	Eq. Salarial	Encargos(%)	Sal/Hora	Consumo		Custo Horário		
Encarregado de O.A.C.	20060	2,26	157,27	26,30	1,0000		26,30		
Servente	20002	1,00	157,27	11,64	6,0000		69,84		
							(B)Total:	96,14	
(C)Itens de Incidência	Código padrão	%	M. O.	Equip.	Mat.	Custo			
Ferramentas manuais	2000	5,0000	X			4,80			
							(C)Total:	4,80	
<b>Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)</b>									100,94
<b>(D) Produção da Equipe</b>									60,0000
<b>(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)</b>									1,68
(F)Materiais	Código padrão	Unid.	Custo Unitário		Consumo		Custo Unitário		
Arame farpado fio 16 rolo 500 m	10140	rl	341,46		0,0080		2,73		
Grampo para cerca (galvanizado)	10137	kg	11,76		0,0100		0,11		
Mourao p/ cerca (2,20m - D=0,10m) m. branca	10074	DZ	143,88		0,0417		5,99		
Mourão p/ cerca (2,50m - D=0,20m) madeira branca (estic.)	10075	DZ	641,14		0,0042		2,69		
							(F)Total:	11,52	
(G)Serviços	Código padrão	Unid.	Custo Unitário		Consumo		Custo Unitário		
Escavação manual furos, valetas mat. 1ª cat. H=0,00 a 1,50 m (dim. reduz.)	40256	M3	77,54		0,0225		1,74		
							(G)Total:	1,74	
(H)Itens de Transporte	Código padrão	Unid.	Fórmula	X1	X2	X3	Custo	Consumo	Custo Unit.
Transp. de Arame farpado fio 16 rolo 500 m	1002	t	0,676XP + 0,703XR				0,00	0,0002	0,00
Transp. de Mourao p/ cerca (2,20m - D=0,10m) m. branca	1015	t	0,676XP + 0,703XR				0,00	0,0132	0,00
Transp. de Mourao p/ cerca (2,50m - D=0,20m) m. bran (estic.)	1000	t	0,676XP + 0,703XR				0,00	0,0034	0,00
							(H)Total:		0,00
<b>Custo Direto Total (E) + (F) + (G) + (H)</b>									14,94
<b>BDI:23,32%</b>									3,48
<b>Preço Unitário Total</b>									18,42

Fonte: Site DER-ES. Disponível em <<https://der.es.gov.br/tabela-referencia-de-precos-e-composicoes-de-custos-unitarios>> Acessado em: 03/01/2019.

**Quadro 5: Patrulha básica canteiro de obras**

Equipamentos	Quantidade
Caminhão basculante	01 unidade
Caminhão carroceria	01 unidade
Retro escavadeira	01 unidade
Caminhonete	01 unidade
Veículo leve	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>0,5 und/dia</b>

A mobilização e desmobilização de uma obra envolvem vários processos. Dentre eles, transporte de materiais básicos, montagem de estruturas, implantação de redes elétricas e de água/esgoto, pavimentação provisória, implantação de usinas entre outros. Para tanto, uma série de equipamentos são utilizados e distribuídos na etapa de montagem e desmontagem. Para auxiliar a quantificação destes, não existe nenhuma tabela referencial ou composição de preços, sendo assim, este trabalho, baseado em observações de campo, estimou uma equipe mínima para execução de todas as etapas.

Fora considerado que uma patrulha consegue em média, mobilizar /desmobilizar 0,5 estrutura básica por dia. No caso de uma obra padrão onde temos 9 estruturas, teremos 18 dias para promoção da mobilização e 18 dias para a desmobilização.

**Quadro 6: Patrulha básica de pavimentação**

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>
Acabadora de asfalto	01 unidade
Caminhão carroceria	01 unidade
Caminhão espargidor	01 unidade
Trator agrícola com vassoura	01 unidade
Caminhonete	01 unidade
Veículo leve	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>2.400m<sup>2</sup>/dia</b>

Para o item pavimentação, foi considerada a composição DER-ES 40841 - CBUQ (camada pronta – Binder), da qual foi extraída a produção horária da equipe de 36 ton/hora. Como o item representativo utilizado para a quantificação da pavimentação foi baseado em medida de área (m<sup>2</sup>), torna-se necessária, então, realizar uma conversão de toneladas para m<sup>2</sup>.

Temos que, em média, as rodovias estaduais recebem uma camada de 5,00cm de revestimento asfáltico, então: peso/densidade/espessura = metragem quadrada  $36,0 \text{ ton/hora} / 2,4 \text{ ton/m}^3 / 0,05\text{m} = 300,0 \text{ m}^2/\text{hora}$ . Jornada de 8 horas = 2.400 m<sup>2</sup>/dia.

**Figura 14: Composição de preço unitário DER-ES, código 40841, data base: 31/10/2018**



DER-ES - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo

Relatório de Composição do Serviço

Página: 254 de 1450

Tabela de Preços: Referencial de Preços outubro 2018 sem desoneração

Data base: 31/10/2018

Serviço: 40841 CBUQ (camada pronta - binder) exclusive fornecimento e transportes do CAP e massa, inclusive fornecimento e transporte da brita e pó de pedra

Unidade: t

(A)Equipamento	Código padrão	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	VI. Hr. Prod	VI. Hr. Imp	Custo Horário
Acabadora de asfalto AF 5000, esteira, CIBER ou equivalente	30041	1,0000	0,8400	0,1600	197,82	100,10	182,17
Rolo AP de pneus AP-26 (8,9t) (MULLER) ou equivalente	30032	1,0000	0,9600	0,0400	175,45	59,00	170,79
Rolo AP liso de aço TH-10 (6,3t) (TEMA TERRA) ou equivalente	30035	1,0000	0,3000	0,7000	98,09	49,13	63,81
Trator agrícola MF 297/4 -4 X 4 (MASSEY FERGUSSON) ou equivalente	30030	1,0000	0,5900	0,4100	117,24	30,29	81,58
Vassoura mecânica VM-2440 (CMV) ou equivalente	30051	1,0000	0,5900	0,4100	7,09	4,44	6,00
<b>(A)Total:</b>							<b>504,35</b>

(B)Mão-de-Obra	Código padrão	Eq. Salarial	Encargos(%)	Sal/Hora	Consumo	Custo Horário
Encarregado de pista	20063	2,26	157,27	26,30	1,0000	26,30
Rasteleiro	20156	1,24	157,27	14,43	4,0000	57,72
Servente	20002	1,00	157,27	11,64	8,0000	93,12
<b>(B)Total:</b>						<b>177,14</b>

(C)Itens de Incidência	Código padrão	%	M. O.	Equip.	Mat.	Custo
Ferramentas manuais	2000	5,0000	X			8,85
<b>(C)Total:</b>						<b>8,85</b>

<b>Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)</b>					<b>690,34</b>
<b>(D) Produção da Equipe</b>					<b>36,0000</b>
<b>(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)</b>					<b>19,17</b>

(F)Materiais	Código padrão	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário
Brita graduada, especificada sem pó, sem frete	10119	m3	49,19	0,4089	20,11
Pó de pedra (incl. 0% IUM) s/ frete	10120	m3	30,60	0,2176	6,65
<b>(F)Total:</b>					<b>26,76</b>

(G)Serviços	Código padrão	Unid.	Custo Unitário	Consumo	Custo Unitário
Usinagem de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), inclusive transporte comercial do óleo combustível	40840	t	40,58	1,0000	40,58
<b>(G)Total:</b>					<b>40,58</b>

(H)Itens de Transporte	Código padrão	Unid.	Fórmula	X1	X2	X3	Custo	Consumo	Custo Unit.
Transp. de Brita graduada	1028	t	0,681XP + 0,710XR + 2,841				0,00	0,6134	0,00
Transp. de Pó de pedra (incl. 0% IUM) s/ frete	1029	t	0,681XP + 0,710XR + 2,841				0,00	0,3264	0,00
<b>(H)Total:</b>									<b>0,00</b>

<b>Custo Direto Total (E) + (F) + (G) + (H)</b>					<b>86,51</b>
<b>BDI:23,32%</b>					<b>20,17</b>
<b>Preço Unitário Total</b>					<b>106,68</b>

Fonte: Site DER-ES. Disponível em <<https://der.es.gov.br/tabela-referencia-de-precos-e-composicoes-de-custos-unitarios>> Acessado em: 03/01/2019.

**Quadro 7: Patrulha básica de preservação ambiental**

Equipamentos	Quantidade
Caminhão pulverizador	01 unidade
Caminhonete	01 unidade
Veículo leve	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>2.800m<sup>2</sup>/dia</b>

Para o item foi adotada a produtividade prevista em composição de preços do serviço 42200 - Hidrossemeadura simples em taludes de 350,0m<sup>2</sup>/hora multiplicado por 8,0 horas de trabalho, resultando em 2.800,00 m<sup>2</sup>/dia.

**Figura 15: Composição de preço unitário DER-ES, código 42200, data base: 31/10/2018**

		DER-ES - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo						Relatório de Composição do Serviço		Página: 970 de 1450	
Tabela de Preços: Referencial de Preços outubro 2018 sem desoneração								Data base: 31/10/2018			
Serviço: 42200 Hidrossemeadura simples em taludes								Unidade: M2			
(A)Equipamento	Código padrão	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário				
Caminhão tanque L 1319/48 PBT=12,9t (6.000L)	30007	1,0000	1,0000	0,0000	155,91	43,38	155,91				
							(A)Total:	155,91			
(B)Mão-de-Obra	Código padrão	Eq. Salarial	Encargos(%)	Sal/Hora	Consumo		Custo Horário				
Servente	20002	1,00	157,27	11,64	2,0000		23,28				
							(B)Total:	23,28			
(C)Itens de Incidência	Código padrão	%	M. O.	Equip.	Mat.	Custo					
Ferramentas manuais	2000	5,0000	X			1,16					
							(C)Total:	1,16			
Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)							180,35				
(D) Produção da Equipe							350,0000				
(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)							0,51				
(F)Materiais	Código padrão	Unid.	Custo Unitário		Consumo		Custo Unitário				
							(F)Total:	0,00			
(G)Serviços	Código padrão	Unid.	Custo Unitário		Consumo		Custo Unitário				
Conformação manual de taludes	42199	M2	1,34		1,0000		1,34				
Hidrossemeadura simples	42237	M2	2,82		1,0000		2,82				
							(G)Total:	4,16			
(H)Itens de Transporte	Código padrão	Unid.	Fórmula	X1	X2	X3	Custo	Consumo	Custo Unit.		
							(H)Total:	0,00			
Custo Direto Total (E) + (F) + (G) + (H)							4,67				
BDI:23,32%							1,08				
Preço Unitário Total							5,75				

Fonte: Site DER-ES. Disponível em <<https://der.es.gov.br/tabela-referencia-de-precos-e-composicoes-de-custos-unitarios>> Acessado em: 03/01/2019.

**Quadro 8: Patrulha básica de sinalização**

Equipamentos	Quantidade
Caminhão pintura	01 unidade
Caminhonete	01 unidade
<b>Produtividade da equipe</b>	<b>300m<sup>2</sup>/dia</b>

Para o item sinalização, a produção de equipe referencial foi reduzida de 200,0 m<sup>2</sup>/hora para 50,0 m<sup>2</sup>/hora, uma vez que, segundo a metodologia utilizada no

modelo teórico, a mesma equipe de pintura terá de aplicar tachas e placas. Sendo assim, a produção reduzida se mostra mais compatível com a realidade dos trabalhos. Jornada de trabalho considerada de 6,0 horas por dia resultando em produção média de 300,0 m<sup>2</sup>/dia.

**Figura 16: Composição de preço unitário DER-ES, código 40925, data base: 31/10/2018**

		DER-ES - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo					Página: 1310 de 1450		
Relatório de Composição do Serviço									
Tabela de Preços: Referencial de Preços outubro 2018 sem desoneração						Data base: 31/10/2018			
Serviço: 40925 Sinalização horizontal TMD=400, vida útil 2 a 3 anos, taxa=0,60 L/m <sup>2</sup>						Unidade: M2			
(A) Equipamento	Código padrão	Quantidade	Ut. Pr	Ut. Impr	Vi. Hr. Prod	Vi. Hr. Imp	Custo Horário		
Automóvel Utilitário - VW/ Kombi (flex)	30101	1,0000	0,4000	0,6000	112,47	27,63	61,55		
Demarcador de faixas a gasolina referência Elgimaq EGM CAF 800 L ou equivalente	30092	1,0000	1,0000	0,0000	198,70	96,36	198,70		
<b>(A)Total:</b>							<b>260,25</b>		
(B) Mão-de-Obra	Código padrão	Eq. Salarial	Encargos(%)	Sal/Hora	Consumo		Custo Horário		
Encarregado de pavimentação	20065	2,26	157,27	26,30	2,0000		52,60		
Servente	20002	1,00	157,27	11,64	8,0000		93,12		
<b>(B)Total:</b>							<b>145,72</b>		
(C) Itens de Incidência	Código padrão	%	M. O.	Equip.	Mat.	Custo			
Ferramentas manuais	2000	5,0000	X			7,28			
<b>(C)Total:</b>							<b>7,28</b>		
<b>Custo Horário da Execução (A) + (B) + (C)</b>							<b>413,25</b>		
<b>(D) Produção da Equipe</b>							<b>200,0000</b>		
<b>(E) Custo Unitário da Execução [(A) + (B) + (C)] / (D)</b>							<b>2,06</b>		
(F) Materiais	Código padrão	Unid.	Custo Unitário		Consumo		Custo Unitário		
Micro-esfera (preço médio)	10346	kg	11,78		0,3850		4,53		
Tinta base água (preço médio)	10317	BD	276,66		0,0010		0,27		
Tinta para demarc.viária à base de resina acrílica emuls. água (Preço médio)	10339	BD	234,72		0,0333		7,81		
<b>(F)Total:</b>							<b>12,61</b>		
(G) Serviços	Código padrão	Unid.	Custo Unitário		Consumo		Custo Unitário		
<b>(G)Total:</b>							<b>0,00</b>		
(H) Itens de Transporte	Código padrão	Unid.	Fórmula	X1	X2	X3	Custo	Consumo	Custo Unit.
Transp. de Micro-esfera (preço médio)	1090	t	0,676XP + 0,703XR				0,00	0,0004	0,00
Transp. de Tinta	1088	t	0,676XP + 0,703XR				0,00	0,0001	0,00
Transp. de Tinta borracha clorada (preço médio)	1089	t	0,676XP + 0,703XR				0,00	0,0006	0,00
<b>(H)Total:</b>									<b>0,00</b>
<b>Custo Direto Total (E) + (F) + (G) + (H)</b>									<b>14,67</b>
<b>BDI: 23,32%</b>									<b>3,42</b>
<b>Preço Unitário Total</b>									<b>18,09</b>

Fonte: Site DER-ES. Disponível em <<https://der.es.gov.br/tabela-referencia-de-precos-e-composicoes-de-custos-unitarios>> Acessado em: 03/01/2019.

Após a definição das patrulhas teóricas e suas produções, bastou alocar as mesmas em função do volume total de serviços gerado pelo modelo teórico para um empreendimento de 10 km para definição do cronograma de tempo.

Para definição do tempo total necessário a se executar uma obra de 10 km, o modelo proposto observou a sequência construtiva dos serviços. Inicialmente temos a mobilização e o início dos serviços de terraplenagem. Após, início da drenagem profunda e obras complementares. Seguindo, pavimentação, drenagem superficial e preservação ambiental. Este modelo proposto guarda coerência com a prática atual utilizada no modelo de construção de uma rodovia.

**Tabela 7: Cronograma teórico obtido através da divisão dos quantitativos teóricos pelas produções teóricas distribuídas ao longo do tempo**

	Quant. total de serviços para o item	Und	Produtividade da equipe	Und	Número de equipes	Dias úteis totais trabalhados	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Terraplenagem	200.000,00	m³	1.120,000	m³/dia	2	89	22	22	22	23								
Drenagem profunda	1.000,00	ml	30,000	ml/dia	1	33				20	13							
Drenagem superficial	20.000,00	ml	500,000	ml/dia	1	40								20	20			
Obras complementares	10.000,00	ml	360,000	ml/dia	1	28				14	10	4						
Canteiro de obras	9,00	und	0,500	und/dia	1	18	9											9
Preservação ambiental	100.000,00	m²	2.800,000	m²/dia	1	36										22	14	
Sinalização	4.000,00	m²	300,000	m²/dia	1	13												13
Pavimentação	100.000,00	m²	2.400,000	m²/dia	1	42							21	21				

#### **4.4 Etapa 04: Quantificação do Óleo Gerado**

Uma vez definidos os tipos de equipamentos necessários à execução de uma obra rodoviária e definidos os quantitativos típicos de uma obra teórica e a produção de cada patrulha envolvida no processo, temos a definição cronológica para um modelo teórico, que subsidiará as informações pretendidas no estudo.

Resta agora investigar os intervalos de troca e a capacidade dos reservatórios dos equipamentos envolvidos para que o modelo teórico tenha todos os dados de entrada necessários para a definição dos volumes de óleo potencialmente possíveis de serem gerados.

Para tanto, foram consultados os guias práticos de manutenção e as especificações técnicas de cada equipamento envolvido no processo de construção de uma rodovia. Constatou-se que os equipamentos de uso pesado e geral possuem suas trocas de óleo de motor por período de tempo, em sua maioria, a cada 250 horas de operação. Para equipamentos pesados utilizados na construção de rodovias, também existe um considerável volume de óleo contaminante originado dos sistemas hidráulicos.

Uma escavadeira hidráulica, por exemplo, a cada troca de óleo do motor, ação que, segundo os manuais, ocorre a cada 250 horas trabalhadas, gera 22 litros de óleo contaminante. Já uma troca completa de óleos hidráulicos, que em média ocorre a cada 1000 horas, tem potencial de gerar até 260 litros de óleo contaminante.

## MANUTENÇÃO DE 250 HORAS

ANTES DE INICIAR A MANUTENÇÃO DE 250 HORAS DA ESCAVADEIRA HIDRÁULICA CAT® 320D2 CERTIFIQUE-SE DE TER AS SEGUINTE PEÇAS E FERRAMENTAS:

Peças			Ferramentas	
Qtde.	Part Number	Descrição	Part Number	Descrição
1	5P-0960	Graxa	8F-9866	Bomba de lubrificação de alavanca
1	357-2637	Correia do Motor	8T-9208	Válvula de coleta de amostra de fluido
1	293-1184	Filtro de Ar da Cabine	1U-5718	Bomba de coleta
1	131-8822	Filtro de Ar Primário	213-1985	Cabo T de 1/2
1	131-8821	Filtro de Ar Secundário	118-3630	Chave de filtro com cinta
1	322-3155	Filtro óleo motor	9U-6533	Soquete estriado 30mm
1	3E-9848	Óleo CAT15W40	162-8716	Cabo Articulado
3	1Z-0123	Kit coleta - contém um frasco, uma mangueira, e ficha de identificação	9S-1732	Extensão ½

Figura 17: Guia prático de manutenção – 320D2, página 45.

### Capacidades de Reabastecimento em Serviço

Capacidade do Tanque de Combustível	410 l
Sistema de Arrefecimento	29 l
Óleo do Motor	22 l
Comando de Oscilação	8 l
Comando Final (cada um)	8 l
Sistema Hidráulico (incluindo tanque)	260 l
Reservatório Hidráulico	120 l

Figura 18: Especificações da 320D/320D L, página 12.

Fonte: Sotreq - CAT. Disponível em <<https://www.sotreq.com.br/pt-br/servicos/guias-de-manutencao>> Acessado em: 03/01/2019.

O cronograma de quantificação de óleo contaminante gerado se baseia na alocação de equipamentos ao longo do período de tempo previsto para respectivas atividades, sendo destacado o momento das trocas de óleo e os volumes gerados

ao longo do tempo. Os quantitativos gerados são separados em óleo de motor, sistema hidráulico e de transmissão, observando o previsto em manuais e catálogos.

Para o item terraplenagem, vale destacar a necessidade operacional definida pelo modelo teórico de se utilizar 02 equipes de trabalho, conforme demonstrado na Tabela 7 que evidencia o cronograma de distribuição dos serviços ao longo do tempo. Como medida de coerência, o modelo teórico utilizou a Equipe 02 como uma equipe de apoio à Equipe 01. Para a quantificação dos volumes de óleo contaminante, a Equipe 01 terá uma geração média normal de óleo contaminante possível e a Equipe 02 terá a geração mínima de óleo contaminante, conforme critério definido por este autor que se segue.

Não só para a terraplenagem, como para todos os serviços agrupados, foi utilizado o critério de verificar a quantidade de horas necessárias para a completa execução dos serviços, dividindo esta pelos intervalos de troca, chegando à quantidade de trocas necessárias. Valores fracionados foram divididos em função do elevado número de equipamentos. Por exemplo, tanto a escavadeira hidráulica da Equipe 01, quanto da Equipe 02, trabalharam 712 horas, tempo este insuficiente para determinar uma troca de fluidos hidráulicos prevista a ser realizada a cada 1000 horas. O modelo definiu que a escavadeira da Equipe 01 teria uma troca durante o processo teórico e a da Equipe 02 não seria contemplada com tal procedimento. Tal medida de compatibilização visa à definição de um modelo o mais representativo possível, uma vez que a probabilidade de uma das escavadeiras já ter cumprido uma certa quantidade de horas antes de ser mobilizada para a execução do modelo teórica é plausível e a possibilidade de haver uma troca durante a execução do modelo teórica deve ser, sim, considerada.

Assim, o modelo teórico possui a separação das equipes por tipo de serviço, o demonstrativo dos intervalos de troca, a quantidade de horas necessárias para se executar a modalidade de serviços em dias e em horas, a distribuição das trocas de óleo ao longo do cronograma executivo para cada equipamento e a quantificação parcial e total do óleo contaminante teoricamente gerado.







**Tabela 11: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Terraplenagem, Equipe 02 (continuação).**

Terraplenagem	Intervalo de troca - horas trabalhadas	Dias úteis totais trab.	Horas totais trab.	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias	240 dias	270 dias	300 dias	330 dias	360 dias	Litros de óleo cont. produzido (litros)
<b>Motoniveladora</b>		89	712													0
Óleo motor	250				23	23	23									69
Sistema hidráulico	1000															0
Caixa de giro do círculo	1000															0
Comando final	250/500					47										47
<b>Rolo compac. pé de c. 1</b>		89	712													0
Óleo motor	250			11		11										22
Sistema hidráulico	1000															0
Diferencial	1000				12											12
Cilindro	1000															0
<b>Rolo compac. pé de c. 1</b>		89	712													0
Óleo motor	250					11										11
Sistema hidráulico	1000															62
Diferencial	1000															0
Cilindro	1000															0
<b>Rolo compac. pé de c. 1</b>		89	712													0
Óleo motor	250			11		11										22
Sistema hidráulico	1000															0
Diferencial	1000				12											12
Cilindro	1000															0
<b>Rolo compac. pé de c. 1</b>		89	712													0
Óleo motor	250					11										11
Sistema hidráulico	1000															62
Diferencial	1000															0
Cilindro	1000															0
<b>Trator agrícola 1</b>		89	712													0
Óleo motor	500					9										9
<b>Trator agrícola 2</b>		89	712													0
Óleo motor	500															0
<b>Caminhonete</b>		89	712													0
Óleo motor	500 - 10.000 Km					8										8
<b>Veículo leve</b>		89	712													0
Óleo motor	500 - 10.000 Km					4										4

EQUIPE 02









**Tabela 16: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Preservação ambiental.**

Preservação ambiental		Intervalo de troca - horas trabalhadas	Dias úteis totais trabalhados	Horas totais trabalhadas	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias	240 dias	270 dias	300 dias	330 dias	360 dias	Litros de óleo contaminante produzido (litros)	
EQUIPE ÚNICA	<b>Caminhão pulverizador</b>	500 - 10.000 Km 2500	36	288										Avanço Físico			39	
	Óleo motor													13			0	
	Sistema hidráulico														5		5	
	Transmissão	18000 Km															9	
	<b>Caminhonete</b>	500 - 10.000 Km	36	288														0
	Óleo motor																	8
	<b>Veículo leve</b>	500 - 10.000 Km	36	288														0
Óleo motor																		4

**Tabela 17: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Sinalização.**

Sinalização		Intervalo de troca - horas trabalhadas	Dias úteis totais trabalhados	Horas totais trabalhadas	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias	240 dias	270 dias	300 dias	330 dias	360 dias	Litros de óleo contaminante produzido (litros)		
EQUIPE ÚNICA	<b>Caminhão pulverizador</b>	500 - 10.000 Km 2500	13	104												Av. F.	8		
	Óleo motor																		0
	Sistema hidráulico																		0
	Transmissão	18000 Km															0		
	<b>Caminhonete</b>	500 - 10.000 Km	13	104														0	
	Óleo motor																		8

**Tabela 18: Modelo teórico para uma obra rodoviária de Semi-implantação/Restauração com comprimento de 10 Km, subitem de serviço: Pavimentação.**

Pavimentação	Intervalo de troca - horas trabalhadas	Dias úteis totais trabalhados	Horas totais trabalhadas	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias	240 dias	270 dias	300 dias	330 dias	360 dias	Litros de óleo contaminante produzido (litros)
										Avanço Físico						104
<b>Acabadora de asfalto</b>		42	336													0
Óleo motor	250										13					13
<b>Caminhão carroceria</b>		42	336													0
Óleo motor	500 - 10.000 Km									13						13
Sistema hidráulico	2500															0
<b>Caminhão espargidor</b>		42	336													0
Óleo motor	500 - 10.000 Km															0
Sistema hidráulico	2500															0
<b>Rolo de pneu</b>		42	336													0
Óleo motor	250										11					11
<b>Rolo vibratório</b>		42	336													0
Óleo motor	250										11					11
Sistema hidráulico	1000										35					35
Trator agrícola		42	336													0
Óleo motor	500									9						9
<b>Caminhonete</b>		42	336													0
Óleo motor	500 - 10.000 Km									8						8
Transmissão	18000 Km															0
<b>Veículo leve</b>		42	336													0
Óleo motor	500 - 10.000 Km										4					4

## 5 RESULTADOS DA PESQUISA

### 5.1 Dados gerais

Obras rodoviárias possuem, em sua maioria, prazos de execução superiores a 1 ano. Então, como investigar o maior número possível de obras durante o menor tempo possível? A resposta, de forma natural, se baseia na pesquisa de dados disponíveis nos arquivos do Departamento de Estradas de Rodagem do Espírito Santo. Surge, então, uma delimitação necessária de ser posta, o que pesquisar? Este trabalho, desde seu início, buscou maiores conhecimentos sobre um tema até o momento muito pouco estudado, não só no estado do ES, mas em todo o território nacional: a quantificação do volume de óleos contaminantes em uma obra rodoviária. Diante do conjunto de dados obtidos junto ao DER-ES, este trabalho teve como foco duas vertentes, a primeira, pesquisar quantitativos de obras já implantadas com todas suas nuances e a segunda, buscar maiores conhecimentos sobre os volumes de óleos informados como destinados à reciclagem. A pesquisa dos quantitativos foi vital para modelação de uma obra típica. Sem estes, não seria possível dimensionar equipes, definir produções e apropriar quanto tempo seria necessário para se executar tais serviços. Informações estas vitais para se definir os intervalos de troca de óleo e, assim, se obter maiores informações sobre o procedimento de como se constrói uma rodovia, obtendo, assim, parâmetros sobre quanto óleo pode ser gerado pelo processo. Em outra vertente, este trabalho buscou informações junto ao setor de meio ambiente do DER-ES sobre quanto óleo contaminante foi informado como destinado pelas empresas construtoras de rodovias no estado. Detentor destas importantes informações, seria possível fazer uma comparação entre valores teóricos e os efetivamente informados, conseguindo, assim, devido ao labutar do processo, acender uma fagulha de luz sobre um tema até o momento envolto por grande escuridão.

Pode-se, de forma simplista, resumir que atualmente se sabe que obras rodoviárias geram resíduos oleosos, mas quanto e o que é feito deles? A resposta para tal vital questão sempre passará por um maior entendimento do processo. Sendo assim, este trabalho buscou alcançar maiores entendimentos sobre o processo, criando um modelo teórico; confrontando um modelo teórico com os dados reais; almejando, ao final, poder ter um conjunto de convicções que permitam a

definição de valores referenciais mínimos para a geração de óleos contaminantes que possam auxiliar no processo de fiscalização que rege o setor rodoviário, conseguindo, assim, ter uma eficaz ferramenta na fiscalização, podendo coibir o descarte irregular de produto tão poluidor e danoso ao meio ambiente.

As compilações dos dados obtidos podem ser apresentadas em duas planilhas sintéticas. Uma, referente aos dados reais válidos obtidos junto ao DER-ES e outra resultante do modelo teórico, ambas equalizadas na produção de óleos contaminantes por unidade de comprimento. Neste ponto dos trabalhos, vale destacar que o Grupo 2, de amostras que inicialmente haviam sido consideradas inconsistentes, retomou a condição de válido uma vez definidos os critérios relativos a estratificação por tipo de relevo onde a rodovia está sendo implantada. Esta importante classificação permitiu que os valores reais tidos como suspeitos se comparados aos índices para terreno montanhoso se mostram coerentes quando comparados a obras teóricas implantadas em terrenos ondulados, condição que reflete a realidade de campo, dirimindo as dúvidas quanto à possibilidade de elevada sublocação de equipamentos.

**Tabela 19: Compilação dos dados válidos obtidos através das pesquisas realizadas no setor de Meio Ambiente do DER-ES após eliminação de mostras com apenas um registro de envio, após análise da representatividade dos Grupos (11 amostras válidas de um total de 22 pesquisadas).**

Grupo	Classe	Região	Litros coletados (litros)	Extensão (Km)	Litros/Km
1	Recapeamento	Marilandia	800,00	19,24	41,58
	Recapeamento	Pinheiros	1.750,00	39,04	44,83
	Recapeamento	Montanha	1.663,00	33,00	50,39
				<b>MÉDIA</b>	<b>45,60</b>
2	Restauração	Colatina	1.600,00	17,50	91,43
	Restauração	São Mateus	880,00	8,50	103,53
	Restauração	Ecoporanga	5.050,00	30,10	167,77
				<b>MÉDIA</b>	<b>120,91</b>
3	Restauração	São Domingos	12.490,00	38,34	325,77
	Restauração	Pancas	11.900,00	34,00	350,00
	Restauração	Boa Esperança	10.000,00	25,74	388,50
				<b>MÉDIA</b>	<b>354,76</b>
5	Total-Implantação	Colatina	4.850,00	15,28	317,41
	Total-Implantação	Apiacá	1.860,00	4,80	387,50
				<b>MÉDIA</b>	<b>352,45</b>

**Tabela 20: Volumes de óleos contaminantes obtidos através do modelo teórico para as modalidades Semi-implantação / Restauração, Total Implantação e Recapeamento.**

Modalidade de serviço	Semi-implantação ou restauração				Total-implantação			
	Litros de óleo contaminante produzido (litros)	Comprimento da obra prevista pelo modelo teórico		Litros de óleo contaminante produzido por unidade de Km (litros / Km)	%	Coefficiente de correção entre classes de rodovias	Litros de óleo contaminante produzido por unidade de Km (litros / Km)	%
Terraplenagem	1.561,00	10 Km	RECAPEAMENTO	156,10	74,94%	2,00	312,20	83,90%
Drenagem profunda	201,00	10 Km		20,10	9,65%	1,25	25,13	6,75%
Drenagem superficial	72,00	10 Km		7,20	3,46%	1,10	7,92	2,13%
Obras complementares	59,00	10 Km		5,90	2,83%	1,00	5,90	1,59%
Canteiro de obras	39,00	10 Km		3,90	1,87%	1,00	3,90	1,05%
Preservação ambiental	39,00	10 Km		3,90	1,87%	1,50	5,85	1,57%
Sinalização	8,00	10 Km		0,80	0,38%	1,00	0,80	0,21%
Pavimentação	104,00	10 Km		10,40	4,99%	1,00	10,40	2,79%
TOTAL GERAL (l/Km)				<b>52,20</b>	<b>208,30</b>			<b>372,10</b>

Entre as várias constatações que este trabalho propiciou, uma delas de extrema relevância diz respeito às classes de rodovias. Após a análise dos dados reais coletados, percebeu-se que seria impossível não levar em consideração as particularidades de cada empreendimento. Todo o trabalho foi conduzido de forma a tornar os dados mais coerentes e utilizáveis com a separação das obras analisadas reais e do modelo teórico por classes. Os três grandes grupos analisados foram Semi-implantação / Restauração, Total Implantação e Recapeamento, cada um com suas específicas características.

Dentro do universo amostral de obras reais disponíveis, foram detectados dados de 22 obras, sendo destas eliminados 9 devido não haver um mínimo de 2 comprovantes de envio de óleos e, em segundo momento, sendo necessário eliminar mais 2 amostras devido incoerência dos dados existentes, apesar de haver duas ou mais comprovações de destinação de resíduos oleosos. Tais medidas restritivas, em seu conjunto, se mostraram necessárias para que as análises pudessem ser feitas com razoável grau de coerência. A Tabela 16 sintetiza apenas os empreendimentos que possuem consistente registro de encaminhamento de resíduos oleosos.

Continuando na apresentação dos dados reais coletados, estes mostraram que o grupo Semi-implantação / Restauração possui dois grupos válidos com características bem distintas, um executado em terreno montanhoso e outro em terreno variando de ondulado a montanhoso. O Grupo 2 apresenta uma produção média de 120,91 litros/Km, valor este compatível com a transição da escala proposta para as obras da classe Restauração com tipo de terreno intermediário entre ondulado (87,00 litros/Km) e montanhoso (182,00 litros/Km). O Grupo 3 apresenta uma produção média de óleo contaminante de 354,76 litros/Km, havendo uma baixa variação entre os três amostrais representantes deste grupo. Todos os empreendimentos pertencentes ao Grupo 3 foram executados em terrenos com topografia montanhosa. Ao compararmos o valor médio obtido das obras reais (354,76 litros/Km) com o valor esperado pelo modelo teórico de 208,30 litros/Km, notamos que o valor real é 170% superior ao esperado, condição esta que pode ser atribuída a relevância da terraplenagem no processo de composição do volume total de óleos contaminantes, conforme demonstrado pelo modelo teórico, representando este serviço 74,94% do total. Sendo assim, incrementos no valor quantitativo da terraplenagem total de um empreendimento influenciam significativamente a produção de óleo. É válido ressaltar que o modelo teórico se baseou em uma média minorada dos quantitativos agrupados de rodovias implantadas no estado do ES e que o conceito do modelo teórico desde o início dos trabalhos sempre foi evidenciar o quantitativo mínimo possível de se gerar em um empreendimento rodoviário. Sendo assim, estando o valor percentual de 170% alinhado com as premissas deste trabalho, reflexões e revisões mais aprofundadas seriam necessárias caso encontrássemos valores em muito inferiores a 100%.

Ao analisarmos os empreendimentos reais tipo Total Implantação, notamos que os dados apresentam uma média de 352,45 litros/Km. Quando confrontamos este com o esperado pelo modelo teórico de 372,10 litros/Km, nota-se razoável coerência entre ambos, sendo que o valor real representa 94,72% do valor esperado pelo modelo teórico, demonstrando uma aparente coerência nos métodos utilizados na elaboração do modelo teórico.

A última classe de rodovias analisada por este trabalho foi a do tipo Recapeamento, onde os dados reais apresentaram uma média para a produção de óleos contaminantes de 45,60 litros/km, valor este que, quando confrontado com o

calculado pelo modelo teórico de 52,20 litros/Km, demonstra razoável coerência, sendo o valor real 87,35% do valor esperado pelo modelo teórico.

Diante do conjunto de evidências, existem indícios que a formalização dos envios de óleos contaminantes para a reciclagem é rotineiramente negligenciada pelas empresas do ramo rodoviário prestadoras de serviços para o DER-ES. Tal alegação se ampara no baixo percentual de empreendimentos reais considerados como válidos por este trabalho. Dos 22 investigados, 11 possuíam um histórico minimamente coerente para ser analisado, representando um índice de 50,00% do total quando o esperado para tal seria 100%. Não existem elementos suficientes para afirmar que nos casos inadimplentes houve algum tipo de destinação irregular dos óleos contaminantes, uma vez que podemos estar diante de apenas um erro de formalização.

Quando analisado o modelo teórico, notamos uma significativa relevância do item terraplenagem, sendo este o grupo de serviços que mais tem potencial de gerar óleos contaminantes, podendo chegar a representar 83,90% do volume total no caso de Totais implantações, restando claro que este item merece mais aprofundamento nos estudos. De modo geral, os casos reais analisados apresentaram valores compatíveis com o modelo teórico, destacando que este embrionário modelo pode e deve ser aperfeiçoado, mas que o mesmo almeja ser um inicial norteador para o ramo. Temos, portanto, indícios da existência de dois grandes grupos de empreendimentos: os que negligenciam o registro dos envios ou destinam de forma irregular seus resíduos oleosos, representando 50,00% do total, e os que registram de forma satisfatória o envio dos seus resíduos oleosos, representando 50,00% do total.

Percebe-se que a intenção de se buscar um valor mínimo tecnicamente embasado para auxiliar o processo de fiscalização se mostra uma ação urgente. Fica evidente que os percentuais de empreendimentos com registro de envio satisfatório devem ser aumentados se valores mínimos para o quantitativo de óleos contaminantes forem exigidos. O percentual de empreendimentos que não possuem registros suficientes deve ser considerado alto uma vez que estas obras apresentaram comprovantes de destinação com valores irrisórios quando comparados ao modelo teórico e, caso os valores referenciais fossem adotados

como oficiais, estas obras estariam inadimplentes quanto ao tema destinação de óleos contaminantes.

A intenção deste trabalho sempre foi buscar índices que se mostrem representativos para a geração de óleos contaminantes no estado do ES. Para tanto, resta claro que as classes de rodovias e as peculiaridades da terraplenagem devem ser consideradas na equação. Seria impossível se ter um valor único para toda gama de possibilidades possíveis. Também deve-se considerar o fato, para que valores referenciais possam ser utilizados com aspecto fiscalizatório, estes, devem ser minorados para que condições de máxima eficiência não sejam penalizadas.

Como já demonstrado pelo modelo teórico, temos a terraplenagem como fator mais preponderante na geração de óleos. Através da análise da Tabela 4, que sintetiza os quantitativos das obras reais, podemos notar que os volumes de terraplenagem variam entre obras na proporção aproximada de até 1 para 10, sendo o menor valor de 7.286,21m<sup>3</sup>/Km para terrenos planos e 110.350,62m<sup>3</sup>/Km para terreno extremamente montanhoso.

Sendo assim, este trabalho propõe a construção de uma tabela teórica que vise valores minorados para a produção de óleos contaminantes com a consideração do tipo de terreno, variando do plano, com a consideração de apenas 10% dos quantitativos previstos para terraplenagem no modelo teórico, passando pelo terreno ondulado com a consideração de 30% do total, sendo o modelo teórico enquadrado na modalidade mais severa de terreno, a ondulada. Justificamos este critério por ser o mesmo o mais cauteloso possível, onde a possibilidade de punir empreendimentos eficazes seja a mínima possível.

Também foi constatado durante a execução das pesquisas que parte dos óleos lubrificantes utilizados pelos equipamentos é consumida durante sua operação. Mesmo o modelo teórico sendo minorado em vários pontos, também é prudente considerar tal redutor, principalmente referente os óleos de motor que representam aproximadamente 50% do total de óleos produzidos. Como a quantificação exata destes valores não faz parte do arcabouço deste trabalho, cautelarmente, a tabela referencial utilizará um deflatores de 25% sobre os 50% resultando em índice de 12,5%, referentes os óleos de motor potencialmente consumidos durante o processo. Com estas práticas, a Tabela 18 está alinhada com a premissa de ofertar valores minorados para os consumos de óleos contaminantes.

**Tabela 21: Produto final - tabela referencial com os valores mínimos exigíveis para a destinação de óleos contaminantes, obtidos através de modelo teórico confrontado com dados reais de obras executadas no estado do ES.**

Classe de obra	Tipo de Terreno	% Terraplenagem em relação ao modelo teórico	Produção litros/Km - Mínimo modelo teórico (Litros/Km)	Produção litros/Km - Deflator ref. Consumo de óleo - 12,5% (Litros/Km)
Recapeamento			52	46
Semi Implantação / Restauração	Plano	10%	68	59
	Ondulado	30%	99	87
	Montanhoso	100%	208	182
Total Implantação	Plano	10%	91	80
	Ondulado	30%	154	134
	Montanhoso	100%	372	326

A elaboração de uma tabela referencial fornece ao ente fiscalizador um balizador embrionário, mas que ajuda a coibir a possibilidade de destinação irregular para resíduos oleosos. A ausência de uma referência que oriente se um empreendimento tem potencial de produzir 100 ou 1000 litros de óleos contaminantes até este momento é um facilitador para a destinação irregular dos óleos contaminantes gerados por obras no estado do ES e a simples implantação de valores mínimos para a comprovação da destinação destes óleos representaria um grande avanço no processo de controle ambiental deste tão nocivo produto.

## 5.2 Produto final

O maior motivador deste trabalho sempre foi a criação de uma ferramenta simples e eficaz que auxilie o processo de fiscalização do volume de óleo contaminante produzido e destina a reciclagem por uma obra rodoviária. Este trabalho produz então uma planilha referencial, a qual leva em consideração a classe da rodovia e a topografia na qual o empreendimento é executado, fornecendo

uma série de valores referenciais que servem como norteadores para verificação dos volumes informados.

Para utilização da tabela referencial, basta apenas identificar as características típicas do empreendimento em análise (classe e topografia), observando o valor referencial em litros/km típico, multiplicando este pelo comprimento total da rodovia para se obter o volume teórico mínimo para a produção de óleo contaminante. Valores informados como destinados iguais ou superiores, devem ser considerados regulares e valores inferiores devem ser questionados.

O questionamento deve atuar em duas frentes distintas, uma relacionada à verificação do processo de registro dos envios de óleos à reciclagem, buscando identificar potenciais erros ou negligências e outra na investigação do local onde o empreendimento foi executado, através de entrevistas e diligências, buscando informações sobre o real destino dos óleos produzidos.

**Tabela 22: Produto final condensado – Tabela referencial da Produção em litros/Km contendo o mínimo exigível para auxílio do processo de fiscalização da destinação de óleos contaminantes em obras rodoviárias**

Classe de obra	Tipo de Terreno	Produção litros/Km - Mínimo exigível (Litros/Km)
Recapeamento		46
	Plano	59
Semi Implantação / Restauração	Ondulado	87
	Montanhoso	182
	Plano	80
Total Implantação	Ondulado	134
	Montanhoso	326

A definição de valores referenciais e a utilização destes no processo de inspeção da regularidade ambiental de empreendimentos rodoviários até o momento não possui amparo legal, mas pode minimamente otimizar os esforços da equipe de fiscalização, despendendo maior tempo à obras com indícios de irregularidade,

criando assim uma nova cultura ambiental e tornando a reciclagem do óleo contaminante um procedimento padrão e natural, com a existência de parâmetros fiscalizatórios claros e eficazes, almejando assim promover um acréscimo no atual deficitário índice de 36% de reciclagem do óleo total produzido e tido como destinado para a reciclagem.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado brasileiro é possuidor de um considerável universo de leis ambientais, as quais em seus conceitos são tidas como referências. Porém, a aplicabilidade destas esbarra em vários entraves restritivos que transformam um excelente conceito, misturado com uma ótima intenção, em efeito prático de pouca eficiência. A forma mais eficaz de reverter o ciclo de ineficiência é o estudo da realidade, sem devaneios e com os pés no chão quanto às limitações políticas, institucionais, financeiras e culturais do povo brasileiro.

Uma vertente que deve sempre ser seguida é a da simplicidade. Nesta linha, este trabalho busca meios ainda embrionários de se combater o descarte irregular de óleo contaminante por obras rodoviárias no estado do ES através de uma simples ferramenta: o estabelecimento de limites mínimos de volume por Km que necessitem ser comprovados como destinados a reciclagem para obtenção da condição de regularidade ambiental.

O atual modelo de licenciamento ambiental para obras rodoviárias no ES solicita, entre várias condicionantes, a promoção da destinação dos resíduos oleosos gerados. Este mesmo licenciamento não estabelece nenhum limite mínimo, ou qualquer parâmetro para comprovação dos volumes gerados. Se um empreendimento atualmente em execução apresentar um comprovante de 1 litro/Km ou 1000 litros/Km de óleo reciclado, será tido como regular de mesma forma. Os entes fiscalizatórios não possuem atualmente nenhum parâmetro de aferição para quantidades mínimas de óleo contaminante que necessitam ser comprovadas como destinadas a reciclagem.

Os óleos lubrificantes atualmente são indispensáveis à operação dos equipamentos utilizados na construção de uma rodovia. Não existe, até o momento, nenhum substituto viável que diminua ou elimine a utilização deste produto potencialmente poluidor. É sabido que 1 litro de óleo usado é capaz de contaminar 1 milhão de litros de água potável e que apenas 5 litros de óleo usado podem recobrir uma superfície de 5.000 m<sup>2</sup> de um lago, matando seus organismos por asfixia. Estas questões deixam clara a importância de se destinar corretamente este subproduto, em muito poluidor. Dados disponibilizados pelo Sindicato Nacional da Indústria do

Rerrefino de Óleos Minerais (Sindirrefino) apontam que apenas 36% do óleo lubrificante usado no país é recolhido e destinado à reciclagem.

O fato é em muito agravado pela atual condição do setor de reciclagem de óleos contaminantes, que desde a constituição de 1988, vem encolhendo pela falta de incentivos, havendo hoje no Brasil regiões onde a reciclagem inexistente. É, portanto, aterrorizante imaginar que em vários locais desta nação, todo, ou grande parte, do óleo contaminante produzido é lançado na natureza, sem nenhuma preocupação ambiental.

Diante desta realidade, buscando sempre uma ferramenta alinhada à realidade brasileira, torna-se urgente estudar as obras rodoviárias, entendendo melhor suas nuances para que a produção de óleos contaminantes possa ser melhor compreendida e a destinação deste tão poluidor produto possa ser aperfeiçoada.

Obras rodoviárias já foram amplamente estudadas sob vários aspectos, para a produção das patrulhas e equipamentos, métodos executivos e normativas, existe uma grande gama de literatura. A relação destas atividades com a geração de óleo, por outro lado, é um tema ainda obscuro. Sabe-se que um empreendimento gera óleos contaminantes, mas quanto e sob quais condições? Na intenção de desbravar tal tema, este trabalho evoluiu na compreensão de como e quanto óleo contaminante é gerado por uma obra rodoviária no ES.

Fica claro que o processo é influenciado por diversas variáveis e que estas podem e devem ser pormenorizadas para atingir maiores níveis de confiabilidade e representatividade. Os universos de obras rodoviárias possuem diversas variáveis em seus processos produtivos e condicionantes. Questões como topografia e a classe de serviço podem em muito impactar no volume de óleo informado como destinado a reciclagem.

O maior entendimento do processo de geração de óleos em obras rodoviárias, propiciado por este trabalho, foi fruto da pesquisa de casos reais junto ao DER-ES, onde um amostral válido de 11 obras foi compilado para que suas características fossem estudadas e confrontadas com um modelo teórico baseado em produções de equipes padronizadas, manuais técnicos e quantitativos de serviços extraídos de empreendimentos reais. Através da análise dos dados obtidos,

se constatou que o modelo teórico proposto apresenta valores referenciais compatíveis com o esperado para geração de óleos contaminantes de obras reais. Os valores referenciais do modelo teórico, quando confrontados com os das obras executadas que apresentaram razoável registro de destinações, se mostraram compatíveis, demonstrando a aparente aplicabilidade da tabela referencial, possibilitando, assim, a proposição de uma embrionária tabela referencial com os valores mínimos exigíveis para a destinação de óleos contaminantes no estado do Espírito Santo.

Diante dos dados finais propostos por este trabalho, tidos como referenciais mínimos possíveis para a geração de óleos contaminantes por uma obra rodoviária, resta claro que um elevado percentual dos empreendimentos ou não destina a totalidade do seu óleo contaminante gerado à reciclagem, ou destina de forma irregular no meio ambiente, ou então, negligencia a formalização e arquivamento dos registros. Não é possível afirmar a existência de ilícitos ambientais, por não se tratar essa temática como objetivo deste trabalho, porém, é fato que existem indícios que o tema destinação de óleos contaminantes é negligenciado em alguma escala pelas empresas executoras de serviços rodoviários no estado do ES.

Resta claro também que, se os limites mínimos propostos pela tabela referencial teórica fossem aplicados, das 22 obras ambientalmente investigadas tidas como regulares, 11 continuariam com a atribuição de regulares e 11 seriam tidas como irregulares, necessitando de uma justificativa complementar devido à ausência de comprovação mais robusta quanto a destinação do óleo a reciclagem. A tabela referencial, mesmo sendo um simples elemento norteador tem, portanto, potencial para minimamente aperfeiçoar o processo de registro das destinações e, em uma escala mais ampla, para tornar improvável a destinação de óleos contaminantes de forma irregular, bastando apenas que os limites por ela estabelecidos sejam exigidos pelos entes fiscalizadores.

Assim, se valendo de uma metáfora, surge um lampejo de luz em meio à escuridão que paira sobre o tema, um norteador embrionário está posto para ser continuamente testado e aprimorado, tem-se agora um norte, um rumo para uma contínua verificação dos relatórios que venham a ser apresentados pelas empresas do setor rodoviário. O problema está plenamente resolvido? A resposta é direta: não. Torna-se necessário agora um processo de ciclo contínuo virtuoso para que todas as

respostas sejam obtidas. A tabela referencial é um balizador inicial. Necessita ter aplicabilidade sob pena de ser desútil. Com a utilização desta, o descarte de óleo contaminante cessará? A resposta mais apropriada seria, cria-se uma simples e eficaz ferramenta de controle que, se tenazmente utilizada, terá a tendência de propiciar uma redução deste ilícito. Não é possível afirmar que exista destinação irregular, mas é fato que existem, sim, elementos robustos que evidenciam que o óleo contaminante produzido por obras rodoviárias no ES ou não é devidamente registrado ou realmente tem um destino irregular e que o índice reconhecido nacionalmente de recuperação de óleos contaminantes de apenas 36% necessita ser aumentado.

É sabido que um modelo teórico fica mais preciso quando se baseia em um maior universo de amostras. Este trabalho se valeu de 11 amostras de empreendimentos rodoviários executados no ES. Não foi possível obter um amostral maior devido à baixa qualidade dos registros anteriores a 2014, onde os meios digitais de arquivamento estavam no início de sua implantação. Fica claro que a possibilidade de se aumentar o amostral investigado será favorecida pela melhoria dos meios de arquivamento que atualmente estão em curso no DER-ES, favorecendo futuros estudos que aperfeiçoem o modelo teórico tornando-o cada vez mais representativo.

No decorrer dos trabalhos também foi notória a impossibilidade de se obter um valor único para o volume mínimo de produção para óleos contaminantes que representasse todo o universo de possibilidades operacionais. As características particulares de uma rodovia em muito influenciam neste volume. Este trabalho propôs a estratificação das rodovias por classes e pelo tipo de topografia como forma de tornar mais representativa e com maior aplicabilidade a tabela referencial proposta.

O modelo teórico, para equalização das classes, utilizou fatores de correção e para topografia utilizou percentuais de serviços baseados nos dados coletados de obras reais. Estes índices podem e devem ser continuamente estudados devido a sua relevância no processo. Importante também notar que quanto maior o número de registros bem documentados de destinações de óleos à reciclagem, mais se poderá aferir a precisão dos volumes mínimos propostos na tabela referencial que,

com o decorrer do tempo, poderá e deverá sofrer correções, apresentando até mesmo novos níveis de segmentação.

Algumas sugestões são colocadas na hipótese do interesse no encaminhamento de algumas pesquisas relacionadas ao tema, tais como: a) o desenvolvimento, aplicabilidade e utilização de equipamentos elétricos nos serviços rodoviários; b) o estudo de alternativas financeiramente viáveis para a reutilização de óleos contaminantes gerados por obras rodoviárias; c) o refinamento da quantificação dos serviços de terraplenagem por classes utilizados na construção de um modelo teórico para geração de óleos contaminantes; d) o estudo comparativo entre as quantidades de serviços típicas médias (terraplenagem, drenagem, pavimentação) para se construir rodovias nas diversas regiões do Brasil; e) quais marcas de equipamentos potencialmente produzem menos óleos contaminantes na execução de obras rodoviárias; f) o aperfeiçoamento de modelos teóricos de obras rodoviárias segmentados por classes (semi-implantação, restauração, total implantação e recapeamento) e pela topografia (plano, ondulado e montanhoso); g) proposituras quanto a políticas públicas de incentivo à destinação de óleos contaminantes a reciclagem.

Quando se inicia um estudo como esse, não se sabe exatamente o caminho que se vai tomar. A partir do conhecimento de senso comum, de quem vivenciava a prática, mas já com um olhar inquieto e intrigado, tecendo observações e fazendo elocubrações, bastou o ingresso no mestrado, a apropriação de ferramentas de pesquisa, o conhecimento de teorias, que propiciaram o tomar de empréstimo saberes e pontos de vista de estudiosos do tema, foi possível perceber o quanto tais inquietações poderiam reverberar, no intuito de aprofundamento da investigação, em busca de vestígios e indícios, que dessem a ver o que parecia não poder ser desvelado.

E ao final, chegar a uma solução, simples e viável, que pode contribuir para melhorar a prática e apresentar soluções para minimizar os impactos ambientais das tecnologias de desenvolvimento, que tão somente estão focadas em desempenho e ganhos financeiros.

**REFERENCIAL:**

ABNT (Norma Brasileira de Referência). NBR 10004 - resíduos sólidos: classificação, NBR 13221 - transporte terrestre de resíduos - procedimento, NBR 12235 - armazenamento de resíduos sólidos perigosos.

ARAÚJO, M. A. S. **Reciclagem de Óleos Lubrificantes (apostila)**. Rio de Janeiro: Cenpes, 1997.

BARLOW, M; CLARKE, T. **Ouro azul: como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do nosso Planeta**. Trad. de Andreia Nastri; trad. de atualizações de Natália Coutinho Mira de Assumpção. São Paulo: M. Books do Brasil, 2003.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 362/2005**. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado, publicada no DOU nº 121, de 27/06/2005, págs. 128-130.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 450/2012** - altera os arts. 9º, 16, 19, 20, 21 e 22 e acrescenta o art. 24-A à Resolução no 362, de 23 de junho de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, que por sua vez dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado, publicada no DOU, de 07/03/2012, pág. 61.

BRASIL. **Constituição Federal, Artigo 225, parágrafos 2º e 3º** que dispõe sobre os direitos relacionados ao meio ambiente, com suas definições e atribuições dos atores, classificando as atividades lesivas ao meio ambiente e atribuindo responsabilidades e obrigações de reparos aos danos eventualmente causados.

BRASIL. **Lei Federal 9.605/98 de 12 de fevereiro de 1998** – Lei dos Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Federal 6.938/81** – estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente e institui o Cadastro de Defesa Ambiental.

BRASIL. **Manual de Implantação Básica de Rodovia**. 3ª. Ed Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 617p. 2010.

- CANCHUMANI, G. A. L. (2013). Óleos lubrificantes usados: um estudo de caso de avaliação de ciclo de vida do sistema de rerrefino no Brasil. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - COPPE, UFRJ. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/canchumani.pdf>. Acesso em 2019.
- COTTON, F. O. Waste lubricating oil: an annotated review. Revision DEB3001439 of Annotated Review 1997 BETC/IC 79/4, CORP; Source-Department of Energy, Bartlesville, Okla, USA, 2007.
- DNIT, 2018. Investimento para infraestrutura de transporte em 2020. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA, 2009.
- FREITAS, V. P (Org). **Direito Ambiental em Evolução**, v. 1, 2 ed., 7ª reimpr., Curitiba: Juruá, 2010.
- HSU, Y; LIU, C (2011). Evaluation and selection of regeneration of waste lubricating oil technology. *Environ Monit Assess*, Taipei, v.176, n (1-4), p.197–212).
- KINGHORN, R. R. F. An Introduction to the Physics and Chemistry of Petroleum. John Wiley & Sons, NewYork, NY, USA, 2013.
- LIMA, G. F. C. **Educação Ambiental no Brasil: Formação, identidades e desafios**. Campinas: Papyrus, 2011.
- LOUREIRO, C. F. B. **Trajetória e fundamentos da Educação Ambiental**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2012.
- MARANDOLA JR, E; HOLZER, W; OLIVEIRA, L. **Qual o espaço do lugar? Geografia, epistemologia, fenomenologia**. São Paulo: Perspectiva, 2012.
- MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário**, 3 ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004, p. 665.
- ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES (OCDE). Regulamento (CE) nº 440/2008 da Comissão de 30 de Maio de 2008 que estabelece métodos de ensaio nos termos do Regulamento nº 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas, 2008.
- RAMADAN, K. M. A; ABDEL AZEIZ, A. Z; HASSANIEN, S. E; (2012). Biodegradation of used lubricating and diesel oils by a new yeast *Candidaviswanathi* KA-2011. *African Journal of Biotechnology*, Cairo, v.11, n.77, p.14166-14174.
- REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 2014.

SILVA, J. A. **Direito Ambiental Constitucional**. Imprensa: São Paulo, Malheiros, 2013.

SCAPIN, M. Recycling of used lubricating oils by Ionizing, linking hub. Elsevier.com/retrieval/pii/30969806X0700182X, 2007.

SHAKIRULLAH, M. I; AHMAD, M; SAEED D et al. Environmentally friendly recovery and characterization of oil from used engine lubricants. Journal of the Chinese Chemical Society, vol. 53, nº. 2, pp.335–342, 2006).

UDONNE, J. D. A comparative study of recycling of used lubrication Oils using Distillation, acid and activated charcoal with clay methods. Journal of Petroleum and Gas Engineering, vol.2, nº.2, pp.12–19, 2011.