

Monografia de Graduação

Sorção de petróleo por fibras vegetais

Hallyjus Alves Dias Bezerra

Natal, fevereiro de 2009

Hallyjus Alves – Estudo da sorção de petróleo por fibras vegetais. Monografia, UFRN, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Recursos Humanos – PRH 14/ANP. Áreas de Concentração: Engenharia de Petróleo e Engenharia Mecânica, Natal/RN, Brasil. Orientadora: Prof^ª. Luiz Pedro de Araújo.

RESUMO: Segundo o American Petroleum Institute, entre 1991 e 2000 os incidentes em águas navegáveis nos EUA resultam em 6,8 milhões de litros derramados. Hoje, cerca de 3.500 embarcações transportam óleos crus, algumas com capacidade superior a 500.000 toneladas. Assim, o risco de acidente diminuiu, mas o montante das operações aumentou, aumentando o risco de derramamento. A maior parte do petróleo derramado no mundo decorre de acidentes durante as operações de transporte e transferência.

A finalidade do trabalho é propor o uso de fibras vegetais como material alternativo para sorção do petróleo. Legislações ambientais mais rigorosas têm estimulado a pesquisa sobre materiais oleofílicos e hidrofóbicos que possibilitem a recuperação de óleo e que apresentem baixo impacto ambiental.

Um óleo de baixa viscosidade leva poucas horas para se espalhar por vários quilômetros antes da adoção de medidas de contenção. As técnicas de recuperação são lentas e pouco eficientes. Em acidentes em mar aberto, somente 10 a 15% do óleo derramado é recuperado. Em derramamentos no meio aquático, podem ser usados booms, skimmers, queima in loco, agentes dispersantes, solidificantes e biodegradantes. Em geral, agridem os operadores e o ambiente.

Neste trabalho, empregou-se uma metodologia que, apesar da simplicidade, permitiu analisar comparativamente quatro tipos de fibras vegetais – capoc (*Ceiba Pentandra*), sisal (*Agave sisalana*), curauá (*Ananas erectofolius*) e algodão (*Gossypium L.*) – quanto à capacidade de sorção de petróleo, o desempenho dos sorventes é medido em termos de retenção total de óleo (desejável) e água (indesejável). Retenção de óleo é o peso de óleo retido comparado ao peso do sorvente antes da sua imersão. Foram selecionadas as fibras a serem utilizadas nos ensaios. Em todas as análises, utilizaram-se amostras in natura. Os ensaios consistiram de séries de pesagens em uma balança digital – KN Waagen, modelo KN 4000, com resolução de 0,01 g. Inicialmente determinava-se a massa da amostra “seca” de um dado tipo de fibra; em seguida, a amostra era mergulhada em um recipiente contendo petróleo, permanecendo submersa por períodos de 30, 60, 120 e 180 minutos; a quantidade de óleo era tal que a amostra pudesse ser totalmente imersa; então, a amostra era retirada do óleo e suspensa por 1 minuto para que escorresse o excesso, após esse período, determinava-se a massa da fibra embebida, o que permitia determinar a quantidade de óleo retido.

Apesar do elevado grau de sorção de óleo pelas fibras de capoc, a viabilidade de aplicação para sorção de óleo é limitada pelo baixo cultivo e dificuldade de processamento, que ainda é manual. As fibras de folha estudadas (sisal e curauá), mesmo apresentando desempenho inferior às fibras de semente, têm maior disponibilidade e o cultivo delas já está consolidado, principalmente no Nordeste brasileiro. Apesar da viabilidade técnico-econômica, há uma lacuna entre pesquisa e aplicação que deve ser preenchida para que as fibras vegetais passem a ser consideradas como material alternativo à sorção de óleo derramado. À medida que essa lacuna começar a ser preenchida, aumentará o valor agregado das culturas agrícolas das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Palavras Chaves:

- Fibras naturais, petróleo e sorção.

BANCA EXAMINADORA:

Membros:

Prof. Afonso Avelino Dantas Neto

Prof. Osvaldo Chiavone Filho

ABSTRACT

STUDY OF PETROLEUM SORPTION BY VEGETAL FIBERS. Vegetal fibers were used as sorbent material of petroleum. Capoc (*Ceiba pentandra*), sisal (*Agave sisalana*), curauá (*Ananas erectifolius*) and cotton (*Gossypium L.*) fibers were analyzed, which are very common in North and Northeast regions of Brazil. The “sorption degree of oil” of each fiber was determined experimentally by the relation between the weight of the dry and the wet fiber – each sample was measured before and after immersion in crude oil for different periods of time. Based on the results, it was proved the viability of the proposal to use those vegetal fibers for oil sorption, so they can fight oil spill. It is believed that the proposal generates the perspective of aggregating value to those fibers and increases the possibilities of their use.

Key-words: Vegetal fiber. Petroleum. Sorption.

Esta monografia é dedicada:

A Deus, por ter me proporcionado a oportunidade de realizar e concluir este trabalho.

Aos meus pais Veralúcia e Francisco Alves e a minha irmã Sevla Lúcia, que estão sempre do meu lado em todos os momentos da minha vida.

E a minha querida Thaísa Cristiany pela compreensão, companheirismo e apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luiz Pedro de Araújo o meu agradecimento pela amizade, orientação e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

À Mestranda Tatiana Ferreira e a todos os bolsistas do Laboratório de Engenharia Mecânica integrantes do projeto: Dabney, Tanaka, Rodrigo e Felipe pelo apoio.

Aos coordenadores do PRH-ANP 14: Afonso Avelino Dantas Neto, Osvaldo Chiavone Filho pela oportunidade concedida no programa e ao professor Romualdo Dantas Vidal.

À Agência Nacional de Petróleo – ANP, por incentivar os estudos na área de Petróleo e Gás Natural.

Aos amigos de graduação, que durante cinco anos se fizeram presentes nos estudos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1 A importância do petróleo para o mundo.....	8
1.2 Problemas ambientais.....	8
1.3 Ferramentas de remediação.....	8
1.4 Materiais sorventes.....	9
1.5 Fibras vegetais.....	9
1.5.1 Capoc.....	10
1.5.2 Curauá.....	10
1.5.3 Algodão.....	10
1.5.4 Sisal.....	11
2. METODOLOGIA.....	12
2.1 Seleção das fibras naturais.....	13
2.2 Dados sobre o petróleo.....	13
2.3 Procedimento.....	14
3. RESULTADOS E DISCURSÕES.....	16
4. CONCLUSÕES.....	19
5. REFERÊNCIA.....	21

Capítulo I

INTRODUÇÃO

1 - Introdução

1.1. A importância do petróleo para o mundo

Suni (2006) afirma que o petróleo, apesar de ser de fonte não renovável, ainda é a principal fonte de energia do mundo, devido à dependência da sociedade atual. EIA (2006) *apud* Suni (2006) mostra que em 2003, o total de consumo de petróleo no mundo chegou a 13,1 bilhões de litros por dia. No Brasil, em 2007, segundo a ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), foram produzidos mais de 101 milhões de m³ de petróleo, sendo as plataformas petrolíferas situadas em mar, responsáveis por 90% da produção nacional.

Segundo Reis (1996), o petróleo é utilizado para fins energéticos (centrais termoeletricas, combustíveis, aquecimento de ambientes, etc.) ou é destinado às indústrias de derivados do petróleo, que o transformam em centenas de produtos químicos e farmacêuticos. Estes empregos do petróleo contribuem diretamente em nosso padrão de vida.

1.2. Problemas ambientais

Schneid *et. al.* (2001) afirma que as atividades de exploração, produção, transporte e armazenamento de petróleo podem causar impactos ambientais, mas que são mais frequentemente causados por erro humano, interferindo diretamente no ecossistema marinho e nas atividades de pesca e turismo da comunidade mais próxima do desastre. Segundo Reis (1996), a principal fonte de derramamento de óleo no mar se dá no transporte do petróleo feito por tanques. Porém, Suni (2006) diz que esta contribuição é apenas de 4% a 13%. A maioria da contaminação por óleo origina-se de despejos ilegais de indústrias.

Segundo Finland Environment Institute (2006) *apud* Suni (2006), hoje, cerca de 400 sítios contaminados são remediados a cada ano. No início da década passada, o número era de, aproximadamente, dez sítios por ano.

Reis (1996) diz que muitos agentes poluentes são lançados no meio ambiente: hidrocarbonetos, solventes, sólidos em suspensão e uma ampla variedade de componentes químicos. Em todos os casos, o impacto causado por esses agentes pode ser eliminado ou minimizado através da implantação adequada de métodos de remediação.

1.3. Ferramentas de Remediação

Suni (2006) revela que a prevenção é a chave para combater a contaminação por hidrocarbonetos. Entretanto, também são necessários métodos eficientes, confiáveis, econômicos e éticos para tratar ambientes contaminados quando derramamentos ocorrerem.

Segundo Reis (1996), o método de remediação mais apropriado dependerá do contaminante, de suas características e da área contaminada. Annunciado *et. al.* (2005) afirma que “quando há derramamento de petróleo em mar, pode ocorrer espalhamento de óleo, evaporação, fotólise, biodegradação e emulsificação água-óleo. Processos mecânicos, físicos, químicos e biológicos podem ser usados para recuperar, remover ou degradar o óleo”. Liu (1999) e Pankratz (2000) destacam os seguintes métodos de controle ambiental para derramamentos de óleo:

- Contingência mecânica (**Mechanical Containment**) feita por barreiras flutuantes de contingência (Booms): utilizadas em águas calmas, são geralmente fabricados de materiais plásticos (polietileno, poliuretano, polipropileno, epóxi, poliéster, náilon, neoprene, etc.) e as características mais destacadas são o baixo custo, durabilidade, facilidade de limpeza e armazenamento compacto;

- Recuperação mecânica (**Mechanical Recovery**) feita por escumadeiras (skimmers): dispositivos mecânicos, rebocados por navios, usados para remover fisicamente o óleo da superfície da água;
- Aplicação de agentes:
 - Dispersantes: aditivos químicos que quebram as cadeias químicas do petróleo, aumentando a dispersão natural e favorecendo a biodegradação;
 - Precipitantes (sinking agents): limitado ao uso em águas com mais de 100 metros de profundidade, onde não se encontre peixes ou correntes marinhas. Devem ser oleofílicos, hidrofóbicos, de alta densidade, facilmente disponíveis e fáceis de manusear.
 - Coletores: encontrados nas formas de gel ou absorvente. Os géis são relativamente caros, de difícil aplicabilidade e deve haver equipamentos adequados para recolhê-los após o uso. Os mais freqüentes absorventes aplicados são espumas de poliuretano, que tem a capacidade de absorver de 30 a 80 vezes seu peso em óleo. Espumas de formaldeído de uréia, fibras de polietileno, poliestireno expandido e fibras vegetais são outros absorventes bastante usados.
 - Atrativos (herding agents): um ferrofluido, composto de dispersão coloidal estável de partículas paramagnéticas, é misturado ao óleo e, aumentando sua tensão superficial, pode ser removido com mais facilidade. Porém, é um método caro e não apresenta vantagens sobre os métodos mecânicos. Outro método é o uso de um agente superficial ativo biodegradável e atóxico que circunda um vazamento de óleo e aumenta a tensão superficial água-ar. O material, denominado “Oil Herder” é comercializado pela Shell Oil Co.
 - Incineradores (Burning Agents): a queima localizada (in loco) é um processo de rápida providência para uma grande quantidade de óleo e um mínimo de material descartado. A maioria dos agentes incineradores é inerte e atóxico.
 - Biodegradantes: muitos microorganismos utilizam hidrocarbonetos presentes no petróleo como fonte de energia. A biodegradação é o processo de fertilização de microorganismos naturais ao ambiente que degradam o petróleo por um processo natural, sem prejudicar o ecossistema da área afetada.

1.4. Materiais sorventes

Segundo Fingas (2001), sorventes podem ser de materiais sintéticos, orgânicos ou inorgânicos. Apresentam-se em várias formas: almofadas, travesseiros, colchões, rolos, mantas, dentre outras formas. São materiais que recolhem o óleo até sua absorção (o óleo penetra no material e é retido no seu interior) ou adsorção (o óleo adere à superfície do material).

Os sorventes podem ser feitos de materiais sintéticos ou naturais. Os sorventes naturais são divididos em materiais orgânicos, como fibras vegetais, e materiais inorgânicos, como vermiculita, sendo estes disponíveis em formas de grãos, pós e cubos, contidos em sacos. O uso de sorventes sintéticos na sorção de óleo em derramamentos tem crescido nos últimos anos. Esses sorventes não biodegradáveis podem ser reutilizados, porém pode sair mais caro que o uso de novos materiais.

A capacidade de um sorvente depende da sua área superficial e do tipo de superfície (porosidade, oleofilidade). Alguns sorventes são tratados superficialmente com agentes oleofílicos e hidrofóbicos para melhorar sua seletividade (absorção de óleo e repelência à água).

1.5. Fibras vegetais

Atualmente, em qualquer área do conhecimento ou da pesquisa, existe uma tendência mundial pelo uso de materiais naturais, de fonte renovável. Recentemente, a ONU (Organizações das Nações Unidas) decretou 2009 como o ano das fibras naturais. E o Brasil, com seu clima favorável ao cultivo agrícola e seus solos férteis e abundantes, tem um grande potencial para pôr em prática o que tem sido discutido no cenário mundial. (Annunciado, 2005)

Segundo Tanobe *et. al.* (2003), com o incentivo ao cultivo de produtos de origem vegetal, pode-se agregar valor ao produto e promover o desenvolvimento econômico e social auto-sustentável, gerando muitos benefícios sociais. Pereira *et. al.* (2007) afirma que o mercado de fibras naturais no Brasil representa cerca de 1 milhão de empregos.

Vários autores (Neira, 2005; Tanobe *et. al.*, 2003; e Annunciado, 2005) concordam que as fibras naturais são de fonte renovável, biodegradáveis, possuem grande potencial de aplicabilidade e, por esses motivos, são tidas como uma alternativa sustentável.

Além disso, segundo Annunciado (2005) e Sydenstricker (2003), são materiais ecologicamente amistosos, pois durante a fase agrícola é liberado oxigênio nas plantações, contribuindo para a purificação do ar e a minimização dos efeitos do aquecimento global.

1.5.1. Capoc

Em seu trabalho, China-Rivera (1990) fala especificamente sobre a *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, árvore existente em cerca de 10 espécies neste gênero e todas cultiváveis na América do Sul. É conhecida no Brasil como sumaúma ou paineira e seu fruto é conhecido como capoc ou paina. Dele origina uma fibra muito fina, pouco densa, volumosa, de cor amarelada ou branca, antialérgica e inodora, muito usada como enchimento de travesseiros e coletes salvavidas, dentre outras aplicações. Estudos recentes (Lim, 2007; Hori, 2000 e Huang, 2006) têm mostrado a aplicação da fibra para sorção de óleo, por apresentar alto teor de oleofilidade e baixa hidrofiliabilidade.

O cultivo desta espécie pode ser considerado uma alternativa sustentável. Cada árvore inicia sua frutificação já no terceiro ano de vida e continua produzindo até 50 anos ou mais. Produz cerca de 600 frutos por árvore, chegando a 2,7kg de fibra por árvore. A fibra representa 22,7% do peso do fruto, 48,4% do peso do fruto se refere à casca, 4,6% à parte interna (sabugo) e 24,3% às sementes. (China-Rivera, 1990)

1.5.2. Curauá

Segundo Pereira *et. al.* (2007), as fibras de curauá (*Ananas erectifolius*) são fibras de caule e são mais utilizada na fabricação de cordas, sacos e utensílios domésticos, além de seu grande potencial de utilização na indústria automobilística, devido à sua resistência, maciez e peso reduzido. Silva (2004) e Ramalho (2005) *apud* Pereira *et. al.* (2007), afirmam que a crescente demanda de fibras de curauá por grupos empresariais a torna uma espécie estratégica, criando perspectivas sócio-ambientais do seu uso.

1.5.3. Algodão

A fibra do algodão é composta por 95% de celulose e, no Brasil este recurso natural é extremamente barato e abundante. (Muxel, 2007) É a fibra de semente mais comum no país e a indústria têxtil, em sua maioria, está voltada para seu beneficiamento.

1.5.4. Sisal

As fibras de sisal são extraídas das folhas do agave (*Agave sisalana*), que pode ser facilmente cultivada no Nordeste brasileiro. No mundo, são produzidos cerca de 4,5 bilhões de fibras de sisal por ano. Uma única planta produz de 200 a 250 folhas e cada folha contém 4% de fibra, 0,75% de cutícula, 8% de matéria seca e 87,25% de água. Uma única folha pesa cerca de 600g e 3% do seu peso são fibras, em torno de 1000 fibras. (Li *et. al.*, 2000).

Capítulo II

METODOLOGIA

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, empregou-se uma metodologia que, apesar da simplicidade, permitiu analisar comparativamente quatro tipos de fibras vegetais – capoc (*Ceiba Pentandra*), sisal (*Agave sisalana*), curauá (*Ananas erectofolius*) e algodão (*Gossypium L.*) – quanto à capacidade de sorção de petróleo.

2.1 Seleção das Fibras Naturais

A Figura (1) apresenta as amostras de fibras. As mantas de sisal utilizadas nos experimentos foram fornecidas pela empresa TECSAL – Tecelagem de Sisal da Bahia. As fibras de curauá foram doadas pela Professora Eve Maria Freire de Aquino, do Departamento de Engenharia Mecânica, do Centro de Tecnologia da UFRN. As fibras de algodão foram fornecidas pela empresa Vicunha Têxtil S.A. E as fibras de capoc foram adquiridas pela colheita dos frutos da sumaúma situada no canteiro central do cruzamento da Avenida Almirante Alexandrino de Alencar com a Avenida Romualdo Galvão em Natal/RN. Para realização dos ensaios, foram preparadas três amostras de cada tipo de fibra para cada intervalo de tempo.

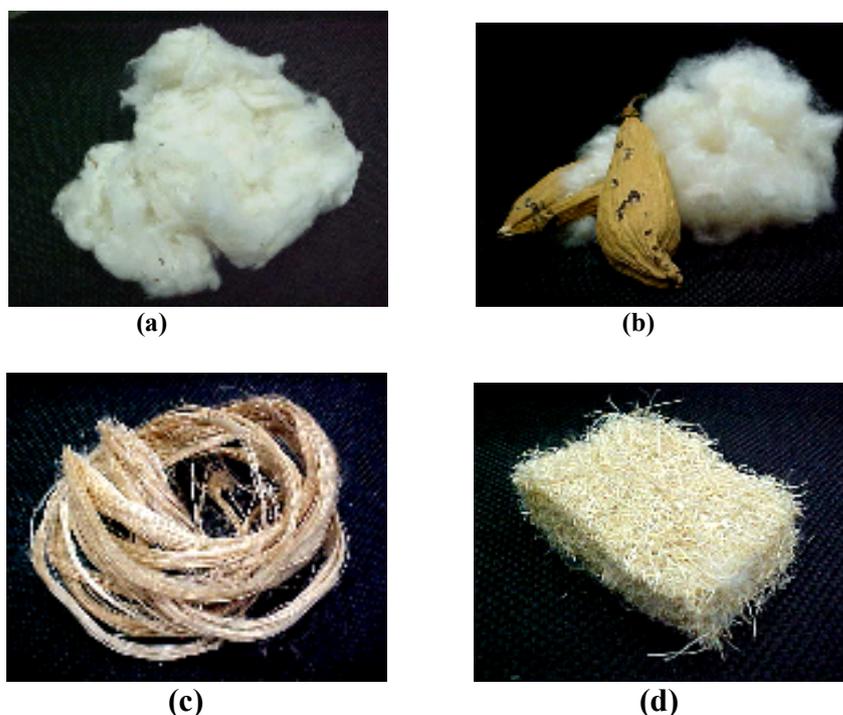


Figura 1. Amostras de Fibras Vegetais: (a) Algodão, (b) Capoc, (c) Curauá e (d) Sisal em forma de manta

2.2 Dados sobre o petróleo

A amostra de petróleo bruto foi obtida por doação da PETROBRAS – Unidade de Produção RN, coletada no Ativo de Produção Alto do Rodrigues – RN, Estação ARA (ATP-ARG – Estação ARA), ponto de coleta: Tanque B – 2000 m³, em 28/10/2005, às 15h30. A Tabela (1) apresenta algumas propriedades da amostra.

Tabela 1. Propriedades da amostra de petróleo

T (°C)	Densidade (g.cm ⁻³)	Viscosidade (cP)	°API
23	0,916	5700	23

2.3 Procedimentos

Segundo Fingas (2001), o desempenho dos sorventes é medido em termos de retenção total de óleo (desejável) e água (indesejável). Retenção de óleo é o peso de óleo retido comparado ao peso do sorvente antes da sua imersão. O método descrito a seguir foi utilizado por vários autores de trabalhos nesta área (Inagaki, 2002; Wei, 2003; Lim, 2007 e Annunciado, 2005).

Foram selecionadas as fibras a serem utilizadas nos ensaios. Em todas as análises, utilizaram-se amostras in natura. Os ensaios consistiram de séries de pesagens em uma balança digital – KN Waagen, modelo KN 4000, com resolução de 0,01 g. Inicialmente determinava-se a massa da amostra “seca” de um dado tipo de fibra; em seguida, a amostra era mergulhada em um recipiente contendo petróleo, permanecendo submersa por períodos de 30, 60, 120 e 180 minutos; a quantidade de óleo era tal que a amostra pudesse ser totalmente imersa; então, a amostra era retirada do óleo e suspensa por 1 minuto para que escorresse o excesso, procedimento este citado por vários trabalhos (Zahid et al., 1972; Johnson et al., 1973; Choi, 1996; Teas et al., 2001 e Radetic et al., 2003) *apud* Lim (2007); após esse período, determinava-se a massa da fibra embebida, o que permitia determinar a quantidade de óleo retido. Na Figura (2) observam-se etapas do procedimento.

Figura 2. Etapas dos ensaios:

Definiu-se como grau de absorção das fibras como sendo a razão entre a massa de óleo retido e a massa das fibras antes da imersão em óleo, de acordo com a Eq. (1) a seguir:

$$SD = \frac{g_{\text{óleo}} - g_{\text{fibra}}}{g_{\text{fibra}}} \quad (1)$$

Onde: SD é o Grau de Sorção (*Sorption Degree*) de óleo pela fibra (adimensional)
 $g_{\text{óleo}}$ é a massa da amostra embebida em óleo (g)
 g_{fibra} é a massa da amostra antes da sua imersão em óleo (g)

Apenas as mantas de sisal foram imersas diretamente no óleo. As demais fibras foram envolvidas em uma rede de proteção para evitar que alguma parte da massa de fibras se perdesse no óleo. Os mesmos ensaios realizados para fibras também foram aplicados às redes de proteção, sendo estas imersas nos tempos padrões de 30, 60, 120 e 180 minutos e, para cada tempo, foram realizados testes com três amostras do material. A Equação (1) foi reformulada para aplicação aos ensaios realizados com o auxílio da rede, conforme a Eq. (2) a seguir:

$$SD = \frac{g_{\text{óleo}} - [g_{\text{rede}} \cdot (SD_{\text{rede}} + 1)] - g_{\text{fibra}}}{g_{\text{fibra}}} \quad (2)$$

Onde: SD é o Grau de Sorção (*Sorption Degree*) de óleo pela fibra (adimensional)
 $g_{\text{óleo}}$ é a massa da amostra e da rede embebidas em óleo (g)
 g_{rede} é a massa da rede antes da sua imersão em óleo (g)
 g_{fibra} é a massa da amostra antes da sua imersão em óleo (g)
 SD_{rede} é o Grau de Sorção de óleo pela rede, determinado em ensaios preliminares (adimensional)

Capítulo III

RESULTADOS E DISCURSÕES

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela (2) apresentam-se os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 2. Resultados

Tempo	Grau de Absorção Médio				
	Rede de Proteção	Fibras de Algodão	Fibras de Capoc	Fibras de Curauá	Mantas de Sisal
30	0,630	24,060	49,283	2,448	3,191
60	0,731	25,427	58,190	2,655	3,381
120	0,798	25,623	60,210	2,886	3,444
180	0,909	25,657	61,277	3,119	3,783

Na Figura (3) apresenta-se o gráfico dos dados da Tabela (2).

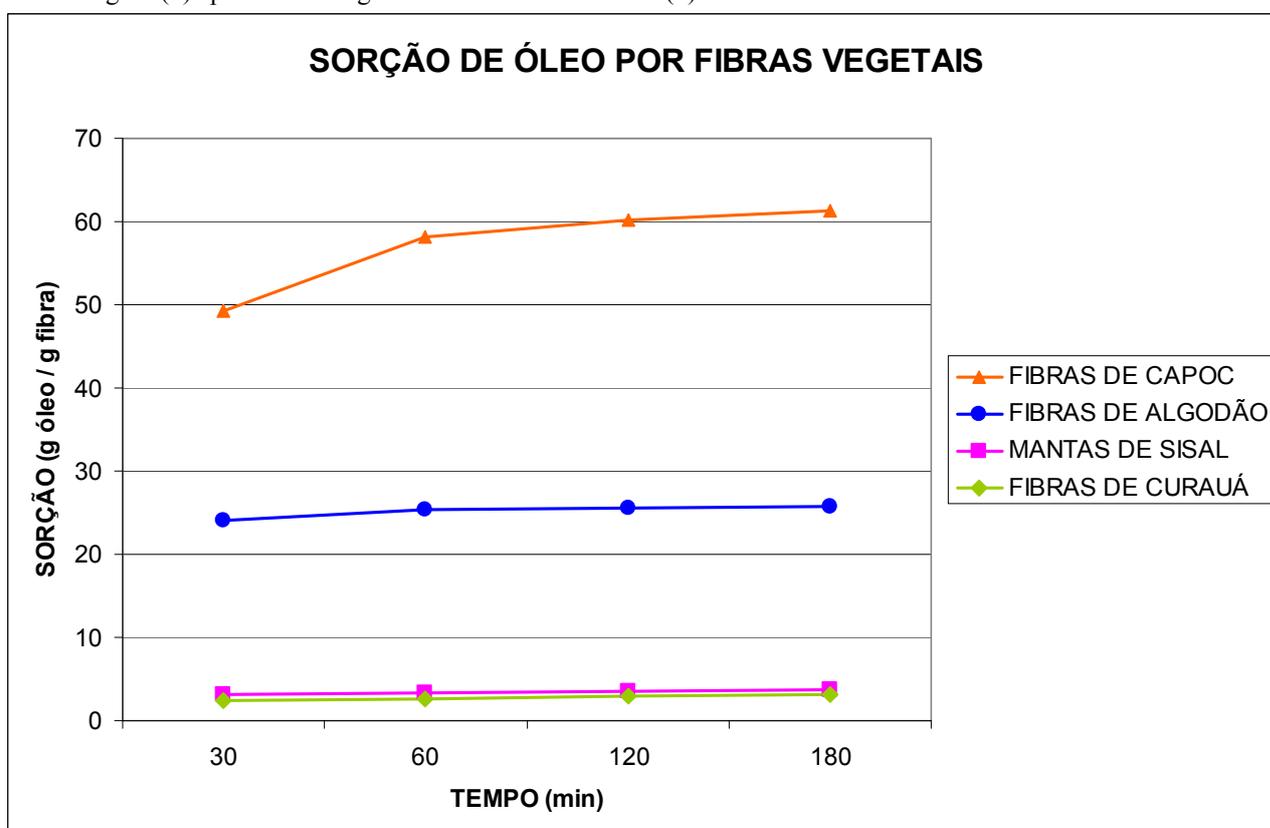


Figura 3. Grau de sorção de petróleo por fibras vegetais

Analisando-se o gráfico representado na Fig. (3), observa-se que as fibras de semente (capoc e algodão) apresentaram melhores resultados que as fibras de folha (sisal e curauá), e todas seguiram um comportamento aproximado entre si, de acordo com sua classificação. É notório que o capoc é insuperável quando comparado às outras fibras. Isso se deve à sua estrutura tubular, onde 77% da fibra é lúmen (Lim *et. al.*, 2007), absorvendo o óleo por capilaridade. Além disso, sua superfície não é porosa, implicando que a sorção de óleo também se dá por adsorção, através da afinidade das ceras e graxas presentes na superfície da fibra com o petróleo. Essas observações podem ser confirmadas com a análise microscópica das fibras de capoc, apresentadas na Fig. (4) a seguir:

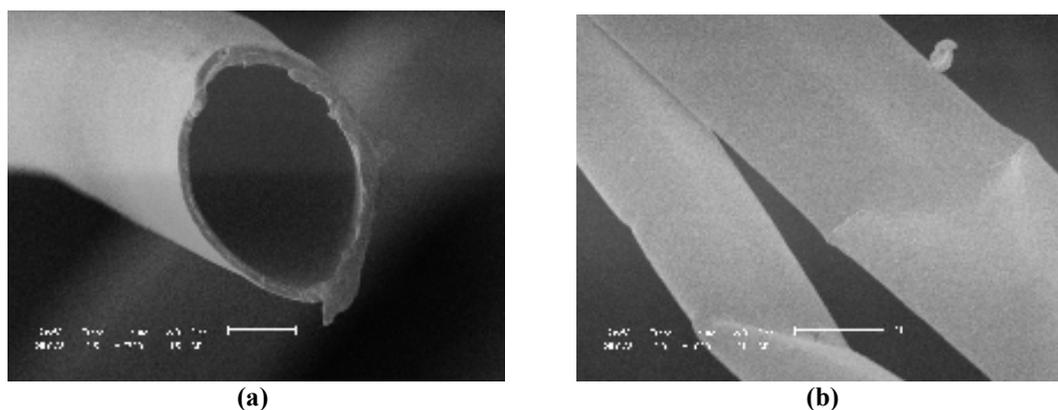


Figura 4. MEV da fibra de capoc indicando a predominância de lúmen (a) e a superfície lisa da fibra (b)

As fibras, com exceção da fibra de capoc, apresentam uma rápida saturação, principalmente após a primeira hora de ensaio.

Apesar do desempenho das fibras de curauá e sisal não ser satisfatório quando comparado às fibras de semente, novas pesquisas estão sendo realizadas com essas e outras fibras.

Capítulo IV

CONCLUSÕES

4. CONCLUSÕES

Através de ensaios de determinação do grau de sorção de óleo cru por fibras vegetais pôde-se comparar o desempenho destes materiais. Além disso, através da aplicação deste mesmo ensaio às redes de proteção usadas para acomodar as fibras durante os ensaios, permitiram concluir que esta metodologia, apesar de simples, pode ser aplicada também a outros materiais, permitindo um bom avanço nas próximas etapas da pesquisa. Apesar do elevado grau de sorção de óleo pelas fibras de capoc, a viabilidade de aplicação para sorção de óleo é limitada pelo baixo cultivo e dificuldade de processamento, que ainda é manual. As fibras de folha estudadas (sisal e curauá), mesmo apresentando desempenho inferior às fibras de semente, têm maior disponibilidade e o cultivo delas já está consolidado, principalmente no Nordeste brasileiro. Apesar da viabilidade técnico-econômica, há uma lacuna entre pesquisa e aplicação que deve ser preenchida para que as fibras vegetais passem a ser consideradas como material alternativo à sorção de óleo derramado. À medida que essa lacuna começar a ser preenchida, aumentará o valor agregado das culturas agrícolas das regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Capítulo V

BIBLIOGRAFIA

5. REFERÊNCIAS

- Annunciado, T.R., Sydenstricker, T.H.D. and Amico, S.C., 2005, “Avaliação da capacidade de sorção de óleo cru de diferentes fibras vegetais”, Anais do Terceiro Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Bahia, Brazil.
- China-Rivera, J.D., 1990, “Ceiba pentandra (L.) Gaertn. Ceiba, kapok, silk cotton tree”, Los Angeles, USA, 4p.
- Fingas, M., 2001, “The Basics of Oil Spill Clean Up”, Ed. CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 220 p., ISBN 1-56670-537-1
- Hori, K., Flavier, M.E., Kuga, S., Lam, T.B. and Iiyama, K., 2000, “Excellent oil absorbent kapok [Ceiba pentandra (L.) Gaertn.] fiber - fiber structure, chemical characteristics, and application”, Journal of Wood Science, Vol. 46, pp. 401-404.
- Huang, X. and Lim, T., 2006, “Performance and mechanism of a hydrophobic-oleophilic kapok filter for oil-water separation”, Vol. 190, pp. 295-307.
- Inagakia, M., Kawahara, A., Nishib, Y. and Iwashita, N., 2002, “Heavy oil sorption and recovery by using carbon fiber felts”, Carbon, Vol. 40, pp. 1487-1492.
- Li, Y., Mai, Y. and Ye, L., 2000, “Sisal fibre and its composites - a review of recent developments”, Composites Science and Technology, Vol. 60, pp. 2037-2055.
- Lim, T. and Huang, X., 2007, “Evaluation of kapok (Ceiba pentandra (L.) Gaertn.) as a natural hollow hydrophobic-oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup”, Chemosphere, Vol. 66, pp. 955-963.
- Liu, I., 1999, “Environmental Engineers Handbook”, Ed. CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 1419 p., ISBN 0-8493-2157-3
- Muxel, A.A. and Alfayad, A.A.S., 2007, “Preparação e Caracterização do Compósito - Fibra de Algodão Natural, ZrO₂ e Fosfato”, 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.
- Neira, D.S.M., 2005, “Fibras de sisal (*Agave sisalana*) como isolante térmico de tubulações”, M.Sc. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brazil.
- Pankratz, T.M., 2001, “Environmental Engineering Dictionary and Directory”, Ed. CRC Press LLC, Florida, USA, 767 p., ISBN 1-56670-543-6
- Pereira, F.D., Pinto, J.E.B., Rosado, L.D.S., Castro, D.M., Rodrigues, H.C.A., Beijo, L.A. and Lameira, O.A., 2007, “Caracteres anatômicos de fibras foliares de brotações de curauá propagadas *in vitro*”, Acta Sci. Biol. Sci., Vol. 29, No. 1, pp. 23-28.
- Reis, J.C., 1996, “Environmental Control in Petroleum Engineering”, Ed. Gulf Publishing Company, Texas, USA, 274 p., ISBN 0-88415-273-1
- Schneid, T.D. and Collins, L., 2001, “Disaster Management and Preparedness”, Ed. CRC Press LLC, Florida, USA, 244 p., ISBN 1-56670-524-X
- Sydenstricker, T.H.D., Mochnaz, S. and Amico, S.C., 2003, “Pull-out and other evaluations in sisal-reinforced polyester biocomposites”, Polymer Testing, Vol. 22, pp. 375-380.
- Suni, S., 2006, “Remediation of hydrocarbon contaminants in cold environments - electrokinetically enhanced bioremediation and biodegradable oil sorbents”, M.Sc. thesis, University of Helsinki, Finland.
- Tanobe, V., Mochnacz, S., Mazzaro, I., Sydenstricker, T.H.D. and Amico, S.C., “Caracterização de biocompósitos poliéster-luffa cilíndrica ou sisal”, 58º Congresso Anual da ABM.
- Wei, Q.F., Mather, R.R., Fotheringham, A.F. and Yang, R.D., 2003, “Evaluation of nonwoven polypropylene oil sorbents in marine oil-spill recovery”, Marine Pollution Bulletin, Vol. 46, pp. 780-783.

Anexo I

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO
SUPERVISIONADO**



RELATÓRIO FINAL DE ESTÁGIO EMPRESA VIAÇÃO JARDINENSE

TÍTULO:
*ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO EM SISTEMAS
DE EMBREAGEM E MOTORES A DIESEL*

ESTAGIÁRIA:
Hallyjus Alves Dias Bezerra

ORIENTADORES:
*Fabiano Fernandes de Medeiros
Profº Francisco de Assis Oliveira Fontes
Profª Eve Maria Freire de Aquino*

PERÍODO:
Julho/2008 a Novembro/2008

1. Identificação

São apresentados neste item todos os dados das partes envolvidas na realização dessa atividade curricular obrigatória e de grande importância na formação dos profissionais que atuarão na área de engenharia, as informações descritas abaixo se referem respectivamente ao aluno que é o estagiário em questão, a empresa na qual as atividades foram desenvolvidas, ao supervisor de estágio que comanda e determina as funções a serem executadas e ao estágio propriamente dito.

- Hallyjus Alves Dias Bezerra, 15/04/1985, Rua Professora Maria Lídia, nº 44, Quintas, CEP 59035490, Natal-RN – Brasil, fone: (84) 36535512/ (84) 91731723, hallyjusdias@yahoo.com.br.

- Auto Viação Jardinense Ltda., Rua Santa Cristina, 989 – Felipe Camarão, CEP 59072-150, Natal, RN – Brasil, fone (84) 3205-2474, www.jardinense.com.br

- Fabiano Fernandes de Medeiros, Travessa Xavier Fernandes, 1791 A, Cidade da Esperança, Natal-RN – Brasil, fone: (84) 8804-7153. fabianofernandes@jardinense.com.br

- De 10 de Julho a 10 de Novembro de 2008, na da Auto Viação Jardinense Ltda., desenvolvimento trabalho na supervisão de manutenção da frota de ônibus da empresa, carga horária de 20 horas semanais, das 13h30min as 17h30min.

2. Responsabilidade pelas Informações

2.1. Termo de Compromisso do Aluno

Todas as informações descritas neste relatório são verídicas, tendo em vista o banco de horas durante o período no qual o estagiário em questão atuou diretamente voltado em observar, identificar e corrigir os problemas que surgiram durante o estágio, seguindo as atribuições da supervisão de manutenção, nas quais estão relacionadas com a área de formação acadêmica do aluno.

O banco de horas é o registro que mostra a dedicação e a responsabilidade em cumprir a carga horária de 20 horas semanais determinada pelo coordenador de estágio da empresa e descrita no contrato de admissão assinado pelo estagiário.

HALLYJUS ALVES DIAS BEZERRA

ESTAGIÁRIO

2.2. Termo de Compromisso do Supervisor de Estágio

As atividades atribuídas ao estagiário foram planejadas a partir das atribuições da supervisão de manutenção, elaborada pela direção da empresa, de forma a adequar as necessidades e a programação curricular do curso, sendo assim, o estagiário estará desenvolvendo atividades relacionadas a sua formação acadêmica e ampliando a qualidade dos serviços executados nos veículos que compõem a frota, bem como do serviço à população que usufrui o transporte rodoviário oferecido pela Auto Viação Jardimense Ltda.

As normas e regulamentos internos referentes às exigências de comportamento do estagiário e que regem as atividades desenvolvidas durante o estágio prevêm sigilo total nas informações descritas neste relatório, ou seja, está negado a qualquer uma das partes envolvidas, sob hipótese alguma, o direito a vinculação das informações geradas por meio deste relatório sem a devida autorização prévia do CONCEDENTE.

FABIANO FERNANDES DE MEDEIROS
SUPERVISOR DE ESTÁGIO

3. Introdução

O estágio é a oportunidade que o aluno tem de por em prática tudo o que foi submetido teoricamente na expectativa de aprender como funciona o mercado de trabalho associado ao que foi estudado.

Este estágio visa permitir o contato entre o estudante de Engenharia Mecânica e o mercado de trabalho relativo à sua área de atuação, dando oportunidade de sentir um pouco dos problemas enfrentados, aprendendo a lidar com eles e apontar soluções, avaliar a qualidade do serviço executado, conhecendo de um modo geral o cotidiano do gerenciamento de uma situação na qual seu conhecimento técnico será utilizado e, por fim preparando-se para um mercado de trabalho competitivo e bastante dinâmico, adquirindo maturidade na execução de instalações, manutenção corretiva e preventiva. O aluno também aprende a agir como um profissional e a trabalhar em equipe.

O estágio curricular se deu no período de 10/07/2008 à 10/11/2008 onde foram cumpridas às horas necessárias exigidas pela instituição para conclusão do curso.

4. Descrição da Empresa

A Auto Viação Jardinense Ltda., com sede a Rua Santa Cristina, 989, Felipe Camarão – Natal/RN, empresa de transporte rodoviário que atua no Rio Grande do Norte e na Paraíba, teve seu início informal no ano de 1958, quando adquiriu seu primeiro veículo no município norte-riograndense de Jardim do Seridó, funcionando com o serviço de transporte intermunicipal de passageiros.

Oficialmente foi inaugurada na capital do estado (Natal), no dia 21 de março de 1969, no bairro das Quintas. A partir daí, foi constituída a firma Auto Viação Jardinense Ltda., atuando no ramo de atividade de transporte coletivo de passageiros, tendo sede no município de Jardim do Seridó.

Já com a sede transferida para Natal, a empresa inicia seu trabalho, na década de 70, operando nas seguintes linhas intermunicipais: Natal / Pau dos Ferros, Natal / Jardim do Seridó, Natal / Parelhas e Natal / Jucurutu.

O ano de 1978 foi um marco de expansão para a empresa. Esta, com uma nova constituição societária, realizou a compra de linhas intermunicipais pertencentes à empresa Nossa Senhora Aparecida e assim, passou a operar nas seguintes linhas: Natal / Santa cruz, Natal / Currais Novos, Natal / Caicó, Natal / Lagoa Nova e Natal / Jaçanã.

Nos anos de 1985 e 1986, ampliou sua prestação de serviços com a aquisição da linha Campina Grande / Caicó e Campina Grande / Currais Novos, que pertencia à empresa Luso-Brasileira, e das linhas Mossoró / Souza, Mossoró / Caicó e Mossoró / Currais Novos, pertencentes à Cia. São Geraldo de Viação.

Atualmente, após quatro décadas de funcionamento, a empresa conta com 7 garagens; 10 agências de vendas de bilhetes, dentre essas 6 são informatizadas; e 50 ônibus, gerando mais de 250 empregos diretos. Atua em 53 cidades do Rio grande do Norte e em 11 cidades da Paraíba, com aproximadamente 60 horários diários e uma média de 100 mil passageiros transportados por mês.

5. Local de trabalho:

- Montagem de componentes:



Montagem de motor, conjunto de embreagem, diferencial e caixa de marcha

-Tornearia:



Usinagem de componentes.

- Lanternagem e pintura:



Recuperação de componentes de lanternagem e realização de pinturas.

- Elétrica:



Recuperação de alternadores, motores de partida e manutenção de componentes elétricos.

- Mecânica:



Manutenção de conjuntos mecânicos.

- Capotaria:



Recuperação de estofados, bancos, cortinas, quebra sol, etc

- Borracharia:



Calibração, encaminhamento para recapagem, rodízio, cadastro, troca de pneus, etc.

- Alinhamento e Balanceamento:



Equipamentos que auxiliam no alinhamento e no balanceamento.

- Lubrificação:



Lubrificação do motor e de componentes que necessitam de lubrificação localizada.

- Abastecimento:



Abastecimento e controle de combustível.

- Almoxarifado:



Armazenamento, controle e distribuição de peças, reposição, triagem de peças, etc.

- Ferramental:



Ferramental necessário para execução das tarefas

6. Atividades desenvolvidas

A tarefa proposta para serem desenvolvidas foi baseada em duas vertentes:

1. Supervisão da manutenção dos ônibus, com a finalidade de adquirir conhecimentos práticos de engenharia e ter o contato pessoal com outros funcionários, que é de extrema importância para formação de um engenheiro.
2. Analisar o desempenho dos ônibus no sistema de embreagem nos últimos anos, assim

verificando os gastos, qual o fornecedor mais confiável e se a manutenção esta sendo bem executada.

6.1 SUPERVISÃO DA MANUTENÇÃO

A supervisão da manutenção é uma atividade bastante dinâmica, pois a viação jardinense é constituída de 48 ônibus. Assim a correria é muito intensa para executar a manutenção nos ônibus e deixa – los pronto para fazer suas respectivas rotas.

A seguir alguns problemas encontrados na atividade de manutenção no dia a dia da empresa:



Motor



balancim do motor



Motor



Conjunto montado

O ônibus que contém esse motor foi virado, assim o desafio foi colocar ele pra funcionar novamente, então realizou – se uma manutenção completa nesse conjunto, tais como, bloco do motor, cabeçote, carter, pistão, eixo comando de válvulas, conjunto de acionamento de válvulas etc.



Caixa de marcha



caixa de marcha



Eixos da caixa de marcha



Eixos da caixa de marcha

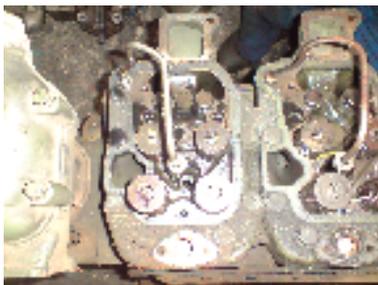
O problema encontrado nesse conjunto foi o rompimento do assentamento, onde se aloja o rolamento. Esse defeito ocasiona um desvio geométrico de coaxial idade entre os furos da caixa de marcha o que seria prejudicial ao seu funcionamento.



Diferencial



Bomba injetora



Balancim



Virabrequim

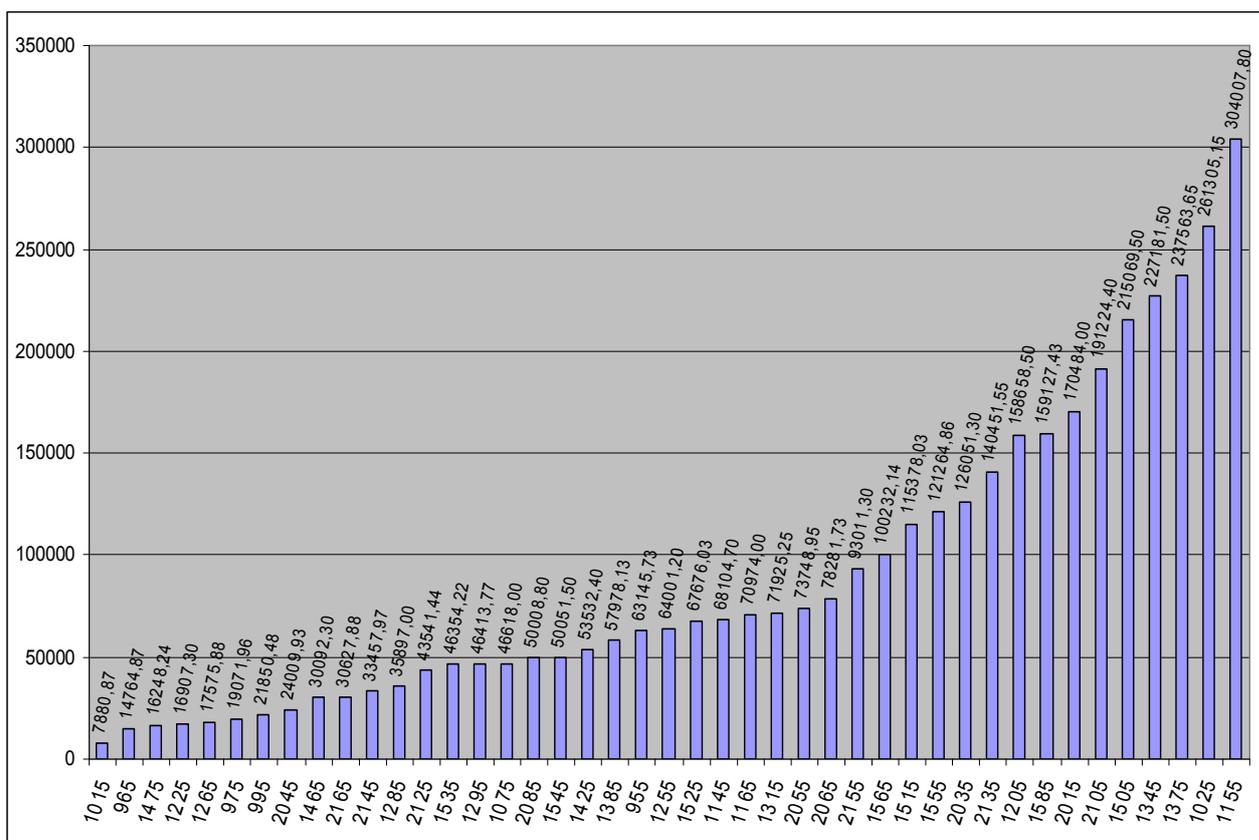
Essas figuras mostram alguns dos diversos problemas encontrados na empresa no período de estágio, assim ocasionando a familiarização com os componentes e aprendendo cada vez mais e mais sobre a manutenção dos mesmos.

6.2 ANÁLISES DE QUEBRA DO CONJUNTO EMBREAGEM

A finalidade dessa tarefa foi minimizar os gastos da empresa com o sistema de embreagem. O sistema de embreagem possui uma vida média de 60.000 km. Assim foi realizado um levantamento do rendimento desse componente de 2005 ate 2008.

Portanto, essa análise permitiu verificar a quilometragem média de cada veículo, logo comparando o desempenho do mesmo e tirando conclusões no que diz respeito, a confiabilidade dos fornecedores e a manutenção adotada.

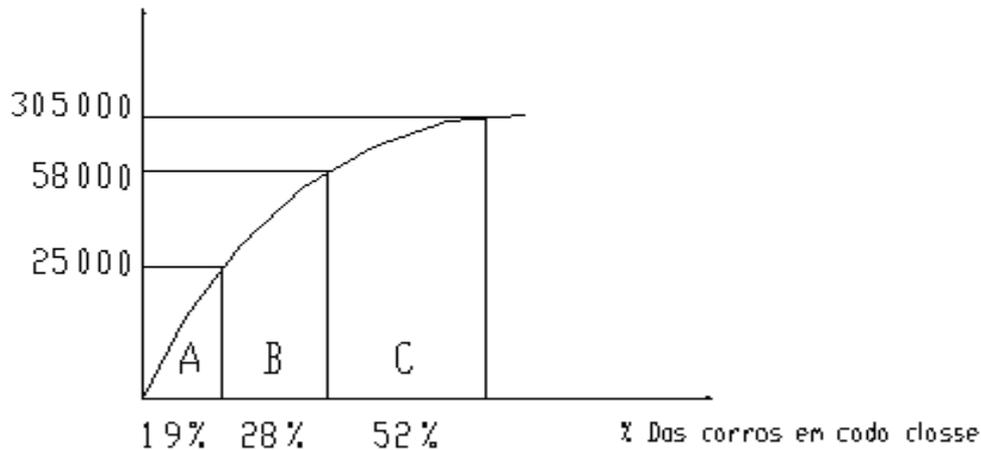
O gráfico mostra a média da quilometragem de cada carro em ordem crescente, verificando quais os carros estão com melhor desempenho.



Analisando este gráfico concluímos que o veículo 1155 apresentou melhor desempenho com uma quilometragem média de 300.000 km e com pior desempenho foi o veículo 1015 com uma quilometragem média de 8.000 km.

O gráfico a seguir especificar a faixa de veículos que necessita de uma atenção mais especial. Para isso realizou – se a classificação ABC, onde “A” apresentam os carros com rendimento abaixo de 50% , “B” apresenta os carros com rendimentos entre 50 e 100%, “C” apresenta os carros com rendimentos acima de 100%.(os valores no eixo y estão em km)

Valores máximos obtidos em cada classe



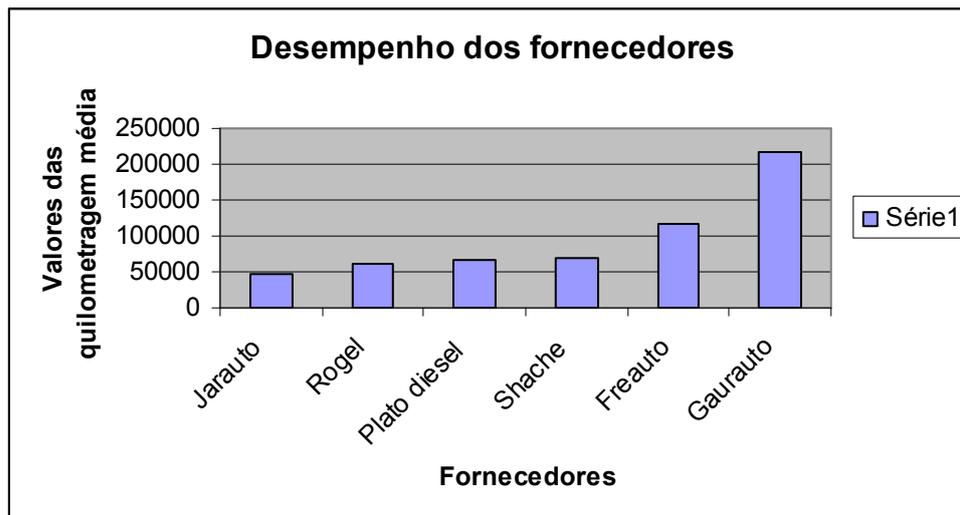
As tabelas abaixo mostram os carros e seus respectivos valores nas respectivas classes: (os valores estão em km)

Classe A	
1015	7880,8667
965	14764,867
1475	16248,244
1225	16907,3
1265	17575,882
975	19071,96
995	21850,477
2045	24009,925

Classe B	
1465	30092,3
2165	30627,883
2145	33457,971
1285	35897
2125	43541,438
1535	46354,217
1295	46413,771
1075	46618
2085	50008,8
1545	50051,5
1425	53532,4

Classe C	
955	63145,725
1255	64001,2
1525	67676,033
1145	68104,7
1165	70974
1315	71925,25
2055	73748,95
2065	78281,733
2155	93011,3
1565	100232,14
1515	115378,03
1555	121264,86
2035	126051,3
2135	140451,55
1205	158658,5
1585	159127,43
2015	170484
2105	191224,4
1505	215069,5
1345	227181,5
1375	237563,65
1025	261305,15
1155	304007,8

Os carros foram divididos em classe de acordo com seu rendimento, agora se faz necessário avaliar o desempenho dos fornecedores para que no ato da compra do sistema mecânico a empresa tenha a maior confiabilidade possível do seu fornecedor. O gráfico abaixo mostra o rendimento dos fornecedores:



O gráfico mostra um melhor desempenho do fornecedor gaurauto e um pior desempenho do fornecedor jarauto.

7. Análise dos resultados

A respeito da supervisão da manutenção, analisamos que a empresa necessita de uma mudança de manutenção, ou seja, mudar a manutenção corretiva para a manutenção pós quebra. Pois isso irá acarretar maior organização e como consequência maiores lucros. A análise de quebra do sistema de embreagem veio justamente para começar essa transição de uma manutenção corretiva para uma pós quebra. Assim podemos concluir pela análise feita que os mecânicos necessitam serem melhores qualificados, pois alguns veículos (classe A e B) quebraram antes da vida média do sistema e bem como a seleção dos fornecedores adequados para presta tal serviço, visto que, a jarauto nem a vida média conseguir obter.

8. Dificuldades Encontradas

A principal dificuldade encontrada foi, como esperado, executar a teoria estudada na universidade na prática, ou seja, a falta de experiência e convívio com outras pessoas que é complicado em um ambiente de trabalho, porém necessário pra um engenheiro mecânico.

9. Áreas de Identificação com o Curso

O estágio realizado proporcionou a compreensão, na prática, de diversos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso nas diversas disciplinas curriculares obrigatórias e complementares.

A área de transportes envolve praticamente toda as áreas de atuação de um Engenheiro Mecânico. Área térmica e termofluidos quando se trata do sistema de arrefecimento veicular, sabendo quais as faixas de temperatura que um motor pode funcionar, evitando que o mesmo venha a ocorrer uma pane decorrente de um mau estudo sobre esta área, bem como a área pneumática e hidráulica desses veículos. Área de materiais quando se quer saber a composição dos demais componentes mecânicos, seu respectivo processo de fabricação e os tipos de falhas decorrente deste, analisando-as e encontrando a solução adequada para cada situação, tais como tipo de solda e de eletrodo, análise microestrutural, etc. Área de projetos quando se trata do estudo dos diversos elementos de máquinas, análises de falha por torção, cisalhamento, escoamento e flambagem, tolerâncias entre componentes mecânicos, ajustes, análise de falha dos mesmos, gerenciamento, análise de quebra e a principal que a faculdade não ensina que é o contato pessoal em um ambiente de trabalho.

10. Conclusão

Durante o estágio, foi de grande valia associar informações referentes à área de Engenharia Mecânica, Engenharia Automotiva e Transportes, tendo em vista que o mercado absorve pessoas que além de ter esses conhecimentos específicos tenham também uma visão ampla sobre tecnologia e ciências.

Nesse estágio aprendemos que não temos que ter somente o conhecimento referente à área exigida, mas também a capacidade de viver em um ambiente de trabalho concorrido, sabendo trabalhar em equipe e satisfazer, com competência, o serviço que lhe for empregado, adquirindo valores que vão além da engenharia.

É importante ressaltar que a Universidade Federal do Rio Grande do Norte tem reconhecidamente qualidade e competência para a formação de profissionais com êxito. Falha ainda por não executar com mais intensidade atividades mais ligadas ao entrosamento professor-aluno-empresa em sua área de atuação podendo, se aplicado tal método pedagógico, favorecer o mercado a receber profissionais de alta qualidade e eficiência.