

Monografia de Graduação

FORMULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMBUSTIVEL BASE DIESEL ADITIVADO COM GLICERINA

Iane Maiara Soares de Souza

Natal, fevereiro de 2014

Iane Maiara Soares de Souza

**FORMULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
COMBUSTIVEL BASE DIESEL ADITIVADO COM
GLICERINA**

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Química da Universidade
Federal do Rio Grande do Norte.
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lins de
Barros Neto

Natal, fevereiro de 2014

Dedico esta monografia aos meus pais...

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por ter me proporcionado a oportunidade de realizar esse trabalho.

Ao professor Doutor Eduardo Lins de Barros Neto, pela amizade, orientação e conselhos durante toda a graduação.

A doutoranda Joselisse, por toda amizade, acolhimento e orientação durante todos os anos de Iniciação Científica.

Aos professores da graduação em engenharia química, por todo o conhecimento passado e pela dedicação aos alunos.

Ao técnico Paulino, por estar sempre presente e disponível a ajudar.

Aos meus amigos de graduação: Adolfo, Katherine, Patricia e Roni por me ajudarem em todas as fases do curso e pela amizade.

Aos demais amigos e amigas que direta ou indiretamente contribuíram nessa caminhada.

Ao NUPEG e CTGAS-ER pela colaboração.

A Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis– ANP e a Petrobras, em especial ao PRH-14, pelo incentivo financeiro e pela contribuição no desenvolvimento de estudos na área de petróleo e gás.

Souza, Iane Maiara Soares de – Formulação e caracterização de combustível base diesel aditivado com glicerina. Monografia de graduação, UFRN, Programa de Recursos Humanos PRH 14 – ANP, Departamento de Engenharia Química, Área de Concentração em Engenharia Química. Linha de Pesquisa: Tecnologia de Tensoativos e combustíveis, Natal – RN, Brasil.

Orientador: Prof^a. Dr. Eduardo Lins de Barros Neto

RESUMO: Atualmente combustíveis de origem fóssil são os mais usados mundialmente para diversos fins, principalmente no setor de transportes. Contudo, a queima desses combustíveis acarreta na emissão de grandes poluentes como óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos, tornando-se necessário o estudo de formas alternativas e aplicáveis para a diminuição da emissão desses poluentes aliado a melhoria da eficiência do combustível. Tendo em vista a crescente necessidade de desenvolvimento de combustíveis menos poluentes e com boa eficiência, aliado ao crescente acúmulo de glicerina resultante da fabricação do biodiesel esse trabalho tem como objetivo utilizar a glicerina como aditivo para o biodiesel com o intuito de promover a redução de seus poluentes sem afetar sua eficiência. Os resultados dessa pesquisa podem contribuir para a indústria de combustíveis, pois além de estar reutilizando a glicerina que até então é tido como um subproduto da produção do biodiesel, pode ainda melhorar a eficiência do combustível de uma forma mais barata do que utilizando produtos mais refinados. Para a aditivação foi necessário a formulação de microemulsões, utilizando água, diesel comercial, glicerina comercial e tensoativo, até o ponto máximo de solubilidade, buscando a retenção de maior quantidade de glicerina no diesel. Os pontos de solubilidade foram obtidos através da adição de um dos componentes em misturas miscíveis até se obter o ponto de separação de fases, que corresponde ao ponto de solubilidade da mistura. Com a realização do experimento foi constatado que o diesel comercial com o tensoativo suporta um volume considerável de solução de glicerina antes de atingir a turbidez. Contudo, não obedece a um comportamento linear, ou seja, se aumentarmos a quantidade de glicerina na solução adicionada aumentamos o volume de solução suportado pelo diesel, porém até 20% de glicerina na solução adicionada, a partir do qual passa a possuir o comportamento inverso, quanto

maior o volume de glicerina menor o volume de solução adicionada ao diesel. Foi também realizado um ensaio com outro tensoativo na solução adicionada (20% de glicerina e 5% do tensoativo), que promoveu maior solubilidade da glicerina. Posteriores testes em motores mostrarão se esse biodiesel aditivado com glicerina irá melhorar ou não sua eficiência e emissão de poluentes.

ABSTRACT

Currently fossil fuels are the most used worldwide for various purposes , mainly in the transportation sector . However, the burning of these fuels leads to the emission of major pollutants such as nitrogen oxides , carbon monoxide and hydrocarbons , making it necessary to study and apply alternative ways to reduce the emission of these pollutants combined with improved efficiency of this fuel . One way to solve these problems is the fuel additive , highlighting the biodiesel. In view of the growing need for development of cleaner fuels, and with good efficiency , coupled with the increasing accumulation of glycerol resulting from biodiesel manufacturing Own this work is objective to use glycerin as an additive for biodiesel in order to promote reductions of pollutants without affecting its efficiency. The research results can contribute to the biofuels industry , as well as being reusing the glycerin until then is seen as a byproduct of biodiesel production , can further improve the fuel efficiency of a cheaper way than using more refined products . For the additive was necessary to formulate microemulsions using water, commercial diesel, glycerin and commercial surfactant , to the maximum extent of solubility, seeking to retain greater amount of glycerin in diesel . The solubility points were obtained by adding one of the components in miscible mixtures to obtain the phase separation point , which corresponds to the solubility point of the mixture. With the completion of the experiment it was found that the commercial diesel with surfactant carries a considerable volume of glycerine solution before reaching the turbidity . However, there follows a linear behavior, that is, if we increase the amount of glycerin added in solution increased the volume of solution diesel supported by , though up to 20 % glycerin added in the solution from which shall have the inverse pattern the larger the volume of the smallest amount of glycerin added to the diesel solution. It was also performed a test with another surfactant in solution added (20 % glycerol and 5 % of surfactant) , which promoted greater solubility of glycerine. Subsequent tests will show if this biodiesel engines doped glycerin will improve or not your efficiency and emissions.

Key-words: additive, biodiesel, glycerol

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	- 2 -
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	- 5 -
2.1. Glicerol	- 5 -
2.2. Tensoativo	- 6 -
2.3. Diesel.....	- 10 -
2.3.1. Definição	- 10 -
2.3.2. Caracterização	- 11 -
3. METODOLOGIA	- 15 -
3.1. Materiais.....	- 15 -
3.2. Ponto de solubilidade máxima.....	- 16 -
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	- 20 -
4.1. Ponto de solubilidade máxima.....	- 20 -
4.2. Microemulsão	- 23 -
4.3. Ajuste do Tensoativo.....	- 25 -
4.4. Caracterização	- 26 -
5. CONCLUSÕES.....	- 29 -
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 31 -
ANEXO I.....	- 34 -
ANEXO II	- 38 -
ANEXO III	- 43 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aplicações do glicerol. Fonte: Tan, 2013	- 6 -
Figura 2: Esquema da molécula de tensoativo. Fonte: Gomes, 2009.	- 7 -
Figura 3: Esquemática de formação da miscela. Fonte: Maniasso, 2001	- 9 -
Figura 4: Esquema da miscela direta e inversa. Fonte: Gomes, 2009	- 9 -
Figura 5: Lâminas do conjunto padrão ASTM D 130.....	- 18 -
Figura 6: Solução com Tens 4 e com formação de precipitado.	- 20 -
Figura 7: Solução com Tens 6.	- 20 -
Figura 8: Solução com Tens 1	- 21 -
Figura 9: Laudo das propriedades físicas do diesel S10	- 34 -
Figura 10: Laudo das propriedades físicas do diesel "caso 3"	- 35 -
Figura 11: Laudo das propriedades físicas do diesel "caso2"	- 36 -
Figura 12: Laudo das propriedades físicas do diesel "caso 1".	- 37 -
Figura 13: Teste de corrosão ao cobre "caso 1".	- 43 -
Figura 14: Teste de corrosão ao cobre "caso 2".	- 43 -
Figura 15: Teste de corrosão ao cobre "caso 3".	- 44 -
Figura 16: Teste de corrosão ao cobre "caso 4".	- 44 -

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Volume de solução adicionado em relação a % de tensoativo da solução de diesel.	- 23 -
Gráfico 2: Relação entre o volume de glicerina adicionado em relação a % de tensoativo presente no diesel.	- 24 -
Gráfico 3: Ajuste do Tensoativo para a água.	- 25 -
Gráfico 4: Ajuste do tensoativo para a glicerina.	- 26 -
Gráfico 5: Relação entre porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 5%.	- 38 -
Gráfico 6: Relação porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para a Glicerina 10%.	- 38 -
Gráfico 7: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 15%.	- 39 -
Gráfico 8: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 20%.	- 39 -
Gráfico 9: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 25%.	- 40 -
Gráfico 10: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 30%.	- 40 -
Gráfico 11: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 35%.	- 41 -
Gráfico 12: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 40%.	- 41 -
Gráfico 13: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 25% + 5% de tensoativo.	- 42 -

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos combustíveis quanto ao ponto de fulgor.	- 11 -
Tabela 2: Reagentes utilizados.....	- 15 -
Tabela 3: Materiais utilizados.....	- 15 -
Tabela 4: Composição dos combustíveis formulados.	- 17 -
Tabela 5: Dados obtidos na titulação com Tens 2.....	- 22 -
Tabela 6: Titulação com água/glicerina a uma solução de diesel/tensoativo.....	- 23 -
Tabela 7: Resultados da caracterização.	- 27 -

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente combustíveis de origem fóssil são os mais usados mundialmente para diversos fins, principalmente no setor de transportes. Contudo, a queima desses combustíveis acarreta na emissão de grandes poluentes como óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos e a cada dia que passa torna-se mais necessário o estudo de formas alternativas e aplicáveis para a diminuição da emissão desses poluentes e a melhoria da sua explosão para aumentar a eficiência.

Uma forma de solucionar esses problemas é a aditivação dos combustíveis, dando destaque aos bicompostíveis, como o etanol e o biodiesel, que são misturas com gasolina e com diesel mineral que têm a forte característica de ser renovável e biodegradável já que em sua maioria são obtidos de origem vegetal e sua queima resulta da emissão de dióxido de carbono que é absorvido pelas plantas e bem menos nocivo à atmosfera. O biodiesel é uma dessas alternativas para substituir combustíveis derivados do petróleo, podendo ser usado em qualquer motor movido a diesel.

Estudos mostram que a adição de água no diesel, na forma de microemulsão e emulsão, reduzem emissões de óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados, fuligem, devido a melhor eficiência da queima do combustível microemulsionado, e, também, devido à redução na temperatura dos gases de exaustão, que é um fator importante na redução de poluentes, principalmente o monóxido de nitrogênio térmico (NO), que tem sua maior produção em altas temperaturas. (Peckham, 2001; Abu-Zaide, 2004; Carvalho, Junior e Lacava, 2003; Pinheiro e Valle, 1995; Gallego et al., 2000)

As microemulsões e as emulsões são obtidas a partir de três constituintes: água, tensoativo e óleo; e as vezes quatro um cotensoativo. O tensoativo por ser uma molécula que tem em sua estrutura uma parte polar e outra apolar proporciona a mistura do óleo na água de forma dispersa (Dantas Neto et al., 2009).

Os motores diesel que funcionam com emulsão água/diesel apresentam menor desgaste em relação aos que utilizam diesel puro devido a redução e

temperatura nas partes metálicas, e ainda por poder ter um sistema de refrigeração menos complexo (Selim e Elfeky, 2001).

Aliado a isso, vem se tornado necessário a utilização da glicerina que adicionada ao biodiesel pode melhorar sua explosão, resultando em melhor eficiência e diminuição de poluentes, além de reduzir o custo do combustível ao consumidor.

Com isso esse trabalho tem como objetivo a formulação de novos bicomcombustíveis tendo como base o diesel, através da sua aditivação com a glicerina, água e tensoativo por meio de uma sistema binário ou ternário, tendo em vista a melhoria da eficiência do biodiesel.

Tendo em vista a crescente necessidade por combustíveis renováveis, menos poluente e com um bom funcionamento se torna cada vez mais necessários para os cientistas buscarem uma forma alternativa de substituir, pelo menos em parte, a larga utilização de combustíveis de origem fóssil, o petróleo e seus derivados, já que sua combustão resulta na liberação de gases fortemente poluentes. A cada dia pesquisas mostram que misturas como de óleo diesel com ésteres de óleos vegetais, óleo diesel com óleos vegetais e álcool, emulsões e microemulsões proporcionam uma considerável diminuição na emissão de poluentes nocivos. Este trabalho visa desenvolver sistemas binários e ternários de sistemas microemulsionados a partir de tensoativos não iônicos, misturas com glicerina e água com o intuito de desenvolver novos biocombustíveis tendo como base o diesel e como principal aditivo a glicerina. Os combustíveis estudados serão caracterizados quanto à massa específica, a viscosidade, o índice de etano e o ponto de fulgor sendo avaliado, também, o efeito da temperatura nos sistemas microemulsionados.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Glicerol

Através dos últimos anos, o glicerol tem se tornado abundante e uma matéria prima de baixo custo, desde quando ele passou a ser um subproduto gerado em excesso durante a produção de biodiesel (Fernando, 2007). O glicerol é uma matéria-prima para a produção de aditivos alimentares, surfactantes e ingredientes cosméticos (Gallezot, 2007). No entanto, esses mercados parecem incapazes de consumir todo o glicerol gerado pela indústria de biodiesel (Gonçalves, 2012).

Alguns derivados do glicerol nos conhecemos, como 1,2 - e 1,3-propanodiol e acroleína. No entanto, a maioria desses derivados vem sendo industrialmente manufaturados a partir de compostos derivados do petróleo. Por exemplo, a produção de ácido acrílico requer acroleína, que geralmente é fabricado a partir da oxidação de propileno, o produto derivado de gasolina (Mota, 2009). No entanto, quando as matérias-primas são obtidos a partir de fontes fósseis, o processo se torna de natureza ambiental e econômica menos atraente do que as baseadas em fontes renováveis.

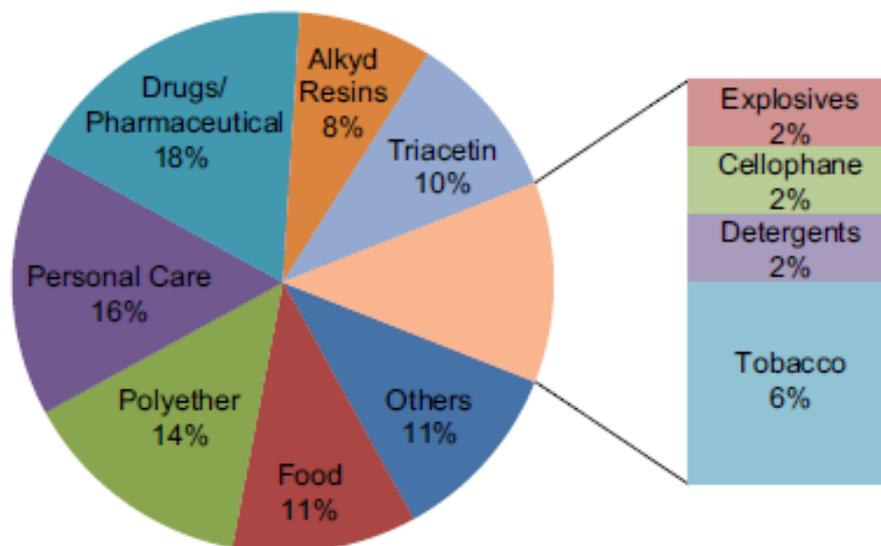
Hoje em dia, a síntese de cetais e acetais de derivados do glicerol pode valorizar glicerol, porque estes produtos são potencialmente úteis como bioaditivos para a gasolina (Kijensky, 2004). Além disso, rotas alternativas para a produção triacetilglicerol, também tem sido relatado um potencial aditivo para o biocombustível (Garcia, 2008).

Thompson e Ele em 2006 relataram que o glicerol bruto da produção de biodiesel a partir de diversas matérias-primas, é geralmente entre 60% e 70% (em peso) de glicerol. Jain (2000) descobriu que a solução rica em glicerol produzido a partir da reação de saponificação contém 35% (em peso) de glicerol em bruto. O glicerol puro tem vários usos industriais e é uma importante matéria-prima industrial, em alimentos, medicamentos e cosméticos, porém, as aplicações de glicerol bruto são altamente limitadas devido à presença do sal, impurezas e também o seu valor combustível é marginal.

A grande quantidade de glicerol impuro produzido a partir da indústria de biodiesel e indústria de fabricação de sabão estão disponíveis a preços muito baixos, porque a capacidade de produção de glicerol é muito superior a exigência do mercado. Isso poderia reduzir o preço da commodity de glicerol puro, que por sua vez, desestabiliza o mercado de óleo química (Crocker, 2010).

O glicerol é apreciável subproduto, uma vez que possui uma ampla variedade de aplicações industriais. No momento, o glicerol tem mais de duas mil aplicações diferentes (Gabriele, 2007), especialmente em produtos farmacêuticos, higiene pessoal, alimentos e cosméticos. O diagrama abaixo nos mostra as principais aplicações da glicerina.

Figura 1: Aplicações do glicerol. Fonte: Tan, 2013

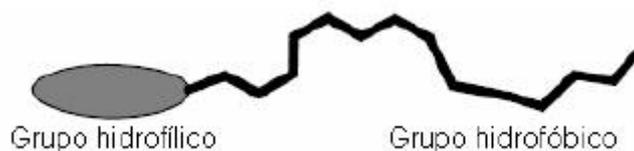


2.2. Tensoativo

Os tensoativos são substâncias naturais ou sintéticas que, devido a sua estrutura química e propriedades, se adsorvem nas interfaces líquido-líquido, líquido-gás e sólido-líquido, reduzindo as tensões interfacial e superficial. Apresentam-se como moléculas anfífilas, ou seja, moléculas que possuem em sua estrutura duas solubilidades diferentes associadas, compostas por

componentes polares (parte hidrofílica) e apolares (parte lipofílica ou hidrofóbica) (Hunter, 1992; Mittal, 1979).

Figura 2: Esquema da molécula de tensoativo. Fonte: Gomes, 2009.



Os tensoativos são classificados de acordo com a natureza do grupo hidrofílico, subdividindo se em:

- Iônicos:

São classificados como:

Catiônicos: Em solução aquosa apresentam grupos ionizáveis que produzem íons carregados positivamente na superfície ativa. São largamente usados para tratamento de água, formulação de desinfetantes, cosméticos devido a sua efetiva ação microbiológica.

Aniônicos: Em solução aquosa apresentam um ou vários grupos ionizáveis que produzem íons carregados negativamente na superfície ativa.

Anfóteros: Apresentam em sua estrutura tanto o radical ácido como o básico. Seu comportamento em solução aquosa dependerá da acidez da solução.

- Não Iônico:

É constituído por substâncias cujas moléculas não se dissociam em solução aquosa. São compatíveis com a grande maioria dos demais tensoativos e suas propriedades são pouco afetadas pela variação de pH. Suas características fazem com que sejam amplamente usados.

Quanto a estrutura química dos tensoativos, estes são classificados em relação ao número de cadeias hidrocarbônicas em mono, bi e tricatenários clássicos e quanto ao número de cabeça polares e sua disposição na cadeia, em geminados, bolafomes e assimétrico com um ou mais centros quirais na cadeia polar. (Oliveira, 2013)

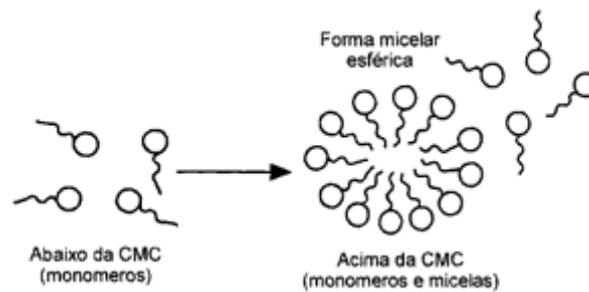
Os tensoativos possuem propriedades que lhes conferem características importantes, dentre elas podemos destacar a Micelização.

Micelas são agregados moleculares em equilíbrio com as moléculas de monômeros das quais são formadas. Em soluções aquosas os monômeros de tensoativos orientam-se preferencialmente na interface, de modo que as cabeças polares estejam direcionadas para a solução e as caudas apolares orientadas para o ar, reduzindo a tensão superficial, com o aumento da saturação na interface ocorre a formação espontânea das micelas, ficando em equilíbrio com os monômeros.

A concentração pela qual se inicia a formação das micelas é denominada concentração micelar crítica, cmc, propriedade bastante relevante para os tensoativos.

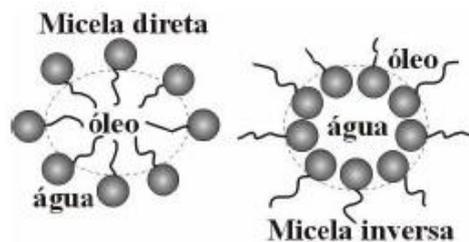
A concentração micelar crítica (CMC) é a concentração na qual ocorre o processo de micelização. Ela pode ser determinada apenas usando as propriedades sensíveis ao estado de agregação do tensoativo. A formação das micelas é acompanhada de mudanças bruscas no comportamento de algumas das propriedades físicas dos tensoativos em solução, tais como, espalhamento de luz, viscosidade, condutividade elétrica, tensão superficial, pressão osmótica e capacidade de solubilização de solutos (Akhter, 1997; Benito *et al.*, 1997; Ma *et al.*, 1998; Ysambertt *et al.*, 1998). A elevação da temperatura para os tensoativos não iônicos resulta em uma diminuição na CMC e para os iônicos resulta em um aumento. (Oliveira, 2013)

Figura 3: Esquemática de formação da miscela. Fonte: Maniasso, 2001



Dependendo do tipo de solvente em que o tensoativo está imerso ocorrerá a formação de dois tipos de micelas, direta ou inversa. A micela direta é formada na presença de solventes polares, onde a cabeça polar do tensoativo fica orientada para o meio polar, enquanto a cauda apolar agrupa-se no interior da molécula. Já as micelas inversas são formadas em solventes apolares com as cabeças hidrofílicas voltadas para o centro e cercadas pelas caudas hidrofóbicas.

Figura 4: Esquema da miscela direta e inversa. Fonte: Gomes, 2009



Uma característica dos tensoativos muito importante para este trabalho é o ponto de turbidez. Presente somente nos não iônicos, suas soluções turvam e se separam em duas fases a uma determinada temperatura em uma determinada concentração. Nestes casos a micelização acontece abaixo do ponto de turbidez.

2.4 Microemulsão

Microemulsão pode ser compreendida como misturas interdispersas de dois líquidos, água e óleo, que são estabilizados por um terceiro componente, o tensoativo, localizado na interface óleo/água, e as vezes um cotensoativo, para tensoativo iônico.

As estruturas das microemulsões se encaixam em três grandes categorias: óleo em água, onde gotículas de óleo são envolvidas por uma região contínua em água, água em óleo, pela qual gotas de água são envolvidas por óleo, e bicontínua, que é uma estrutura na qual ambos os componentes formam domínios contínuos interpenetrantes, com nenhum dos dois rodeando o outro.

As microemulsões apresentam características especiais, tais como: alta estabilidade termodinâmica, grande área interfacial, tensão interfacial muito baixa, diversificação de estruturas e transparência óptica.

2.3. Diesel

2.3.1. Definição

O óleo diesel é um combustível de composição complexa, obtido do petróleo através do processo de destilação fracionada. A sua estrutura e propriedades físico-químicas dependem dos processo de obtenção e da origem do petróleo. O diesel é constituído basicamente por hidrocarbonetos parafínicos, oleofínicos e aromáticos e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio, etc; esses hidrocarbonetos são formados por moléculas constituídas de 8 a 40 átomos de carbono. (Fernandes, 2011).

O óleo diesel é uma mistura de hidrocarbonetos com ponto de ebulição entre 200 e 360°C, oriundo da destilação do petróleo, através do processo de

síntese ou craqueamento catalítico a baixas temperaturas. Normalmente este combustível é obtido por destilação atmosférica e a vácuo. Tem poder calorífico médio de 10.688 kcal/kg (Cardoso, 2006)

Para sua utilização comercial o óleo diesel precisa possuir certas características e atender as normas estabelecidas pela Associação de Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, por exemplo. Dentre essas características podemos citar algumas relevantes e analisadas para o presente trabalho.

2.3.2. Caracterização

2.3.2.1 Ponto de fulgor

O ponto de fulgor é a menor temperatura na qual um combustível libera vapores em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor. A temperatura de fulgor não é suficiente para que a combustão seja mantida, ou seja, retirando-se a fonte de calor, acaba-se a inflamação da mistura. Trata-se de um dado importante para a classificação dos produtos combustíveis, em especial no que se refere à segurança, aos riscos de transporte, armazenagem e manuseio (Fernandes, 2011).

De acordo com o ponto de fulgor os combustíveis são classificados como:

Tabela 1: Classificação dos combustíveis quanto ao ponto de fulgor.

Ponto de fulgor	Classe
$93,3 > PF > 70^{\circ}C$	Líquido Combustível Classe III
$PF < 70^{\circ}C$	Líquido inflamável
$37,7 < PF < 70^{\circ}C$	Líquido Combustível Classe II
$PF < 37,7$	Líquido Inflamável Classe I

A ANP Nº15, de 17 de julho de 2006, estipula o ponto de fulgor mínimo para os óleos diesel combustíveis comerciais como sendo igual a 38°C, a pesar dessa propriedade não interferir diretamente no funcionamento do motor, mas tem influência direta no armazenamento do diesel e , também na segurança (Luciano, 1991).

2.3.2.2 Densidade e viscosidade

A densidade indica a quantidade de massa por unidade de volume do combustível injetado no motor. Como a bomba injetora alimenta o motor com volumes constantes, variando-se a densidade varia-se a massa de combustível injetada (Fernandes, 2011).

Altas densidades provocam um enriquecimento da mistura ar/combustível, provocando aumento das emissões de particulados, monóxido de carbono e hidrocarbonetos, enquanto que baixas densidades afetam na potência e problemas de dirigibilidade (Martinelli Jr., 1998).

A viscosidade pode ser definida como a resistência que o diesel oferece ao escoamento, possuindo um importante papel de lubrificação, além de exercer alta influência sobre a forma do jato vaporizado, onde quanto maior a viscosidade melhor a penetração do jato (Fernandes, 2011).

A alta viscosidade pode provocar uma combustão incompleta, aumento da emissão de poluentes e dificuldade na partida. Em contra partida, baixa viscosidade acarretará em um maior desgaste do sistema de injeção. Em virtude disso, a viscosidade adotada para a maioria dos motores é entre 35 e 70 SUS (Segundos Saybolt Universal) a 37,8°C (Obert, 1971).

2.3.2.3 Poder Calorífico

O poder calorífico define-se como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa (JARA, 1989). No Sistema Internacional o poder calorífico é expresso em joules por grama ou

quilo joules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma, segundo BRIANE & DOAT (1985).

O poder calorífico divide-se em superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado (BRIANE & DOAT, 1985).

O poder calorífico inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (JARA,1989).

2.3.2.4 Corrosividade ao cobre

A corrosão e o desgaste estão associados ao conteúdo de enxofre, cinzas e resíduos do combustível, pelo qual não deve causar corrosão antes da combustão, ou corrosão e desgaste após a combustão. Os componentes do motor e o combustível diesel são feitos para serem compatíveis. Uma vez que o diesel é um bom lubrificante, ele é usado para lubrificar parte da bomba de injeção de combustível. (Martinelli Jr., 1998)

O teste de corrosividade ao cobre, padrão ASTM (ASTM, 2012a) avalia o grau relativo de corrosividade de produtos derivados do petróleo como querosene de aviação e gasolina natural, fluidos de corte comerciais, lubrificantes ou bioprodutos como biodiesel e biolubrificantes.

2.3.2.5 Água e impurezas

A presença de água no combustível pode causar danos ao sistema de alimentação, interferir no processo de combustão e provocar corrosão nos reservatórios. (Nascimento, 1999). Contudo, a água microemulsionada ou emulsionada no diesel, reduz emissões e melhora o rendimento dos motores.

As impurezas podem provocar obstrução no sistema de injeção, quando esse combustível for injetado na câmara de combustão. (Nascimento, 1999).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3. METODOLOGIA

3.1. Materiais

Foram utilizados 6 (seis) tipos de tensoativos não iônicos, com o intuito de reduzir os resíduos no motor após a explosão do combustível, água e diesel S10 B5.

Para o preparo das soluções foram usados um agitador magnético, uma balança analítica digital e uma barra magnética.

Tabela 2: Reagentes utilizados

Reagente	Fonte	Pureza
Óleo Diesel	Posto BR	-
Água	Destilada	-
Tens1	Comercial	-
Tens2	Comercial	-
Tens3	Comercial	-
Tens4	Comercial	-
Tens5	Comercial	-
Tens6	Comercial	-
Glicerina	Comercial	-

Os equipamentos necessários para sua execução foram:

Tabela 3: Materiais utilizados

Nome	Função	Modelo	Marca
Agitador magnético	Fazer misturas	752 A	Fisaton
Balança analítica digital	Pesar misturas	AG200	Gehaka
Barra Magnética	Agitar misturas	-	-
Becker	Realizar misturas	250ml	-
ASTM 130	Teste de corrosão	-	-

3.2. Ponto de solubilidade máxima

Inicialmente foi determinado o ponto de solubilidade máxima da mistura diesel/água ao tensoativo. Nesse teste foram adicionados pequenas porções do tensoativo ao sistema bifásico água - tensoativo (turvo), até observar o desaparecimento do efeito da turbidez, sendo repetido para vários tipos de tensoativo. Ao término dessa etapa será avaliado qual/quais tensoativo(s) que obtive melhor desempenho.

3.3 Microemulsão

A partir da escolha do melhor tensoativo foi avaliado a microemulsão da água e de uma solução de água/tensoativo à mistura diesel/tensoativo, variando sua concentração, que foi repetido substituindo a solução de água/tensoativo por água/glicerina e, somente para um caso, por água/tensoativo/glicerina.

A quantidade de água, glicerina e tensoativo solubilizada nos experimentos foram avaliados pelo balanço de massa. Até este ponto todos os procedimentos foram efetuados com o auxílio de Becker 250 ml, agitador magnético e balança.

3.4 Ajuste do Tensoativo

Com a dificuldade de manipular o tensoativo primeiramente escolhido, foram feitos novos testes para a avaliação de um novo tensoativo. Primeiramente foram preparadas soluções (usando um balão de 10ml) de dois tipos de tensoativo, variando em 10% cada um em cada solução.

Em seguida, foi preparada uma outra solução com diesel comercial (S10) e 3% da solução de tensoativos. Foi escolhido adicionar 3% do tensoativo devido a estudos anteriores, pelos quais mostraram que o ponto onde a solução de diesel apresenta um pico na incorporação de água ou água

com glicerina é com 3% de tensoativo. Esta solução foi preparada para cada uma das misturas de tensoativo.

À solução de diesel com 3% de tensoativo foi adicionada água pouco a pouco, até atingir o ponto de turbidez.

3.5 Formulação dos combustíveis

Com o estudo e a escolha do tensoativo foram formulados 3 tipos de diesel, pelos quais receberam a denominação de Caso 1, Caso 2 e Caso 3, como mostra a tabela abaixo. O caso 4 é o diesel S10, sendo esse o combustível de referência.

Tabela 4: Composição dos combustíveis formulados.

Tipo	Composição	Volume de aditivo
Caso 1	S10 + 3% de solução de tensoativo + Solução de 20% de Glicerina	1ml
Caso 2	S10 + 3% de solução de tensoativo + Água	0,7ml
Caso 3	S10 + 3% de solução de tensoativo + Solução de 20% de Glicerina e 5% de Tensoativo Z	1,3ml
Caso 4	S10	-

Para todos os casos foi adotado uma porcentagem de 3% de tensoativo, pois foi visto que com essa proporção o diesel apresenta um pico de aditivo

suportado até atingir a turbidez. A partir desses combustíveis foram analisados densidade, viscosidade, ponto de fulgor, poder calorífico e corrosão.

3.5 Caracterização

Os testes de viscosidade, densidade e ponto de fulgor foram realizados pelo Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes – LCL, situado na Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário.

O ensaio de poder calorífico foi realizado pelo método de Bomba Calorimétrica de Oxigênio, no laboratório de aula termodinâmica.

O teste de corrosividade ao cobre foi realizado no Núcleo de Pesquisa em Petróleo e Gás Natural, com o uso do ASTM D 130. Lâminas de cobre polidas foram imersas em 30 mL de amostra, acondicionadas em jaquetas de aço e levadas a aquecimento a 100 °C por um período de 3 horas. No final deste período, as lâminas de cobre foram removidas, lavadas com heptano, e sua aparência foi comparada com as lâminas do conjunto Padrão ASTM D 130, como o mostrado abaixo:

Figura 5: Lâminas do conjunto padrão ASTM D 130



É importante ressaltar que, para o teste de corrosão, o ideal é usar uma temperatura próxima a 280°C, temperatura de ebulição do diesel, contudo, o equipamento utilizado não conseguiu atingir a temperatura desejada.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Ponto de solubilidade máxima

Para a determinação o ponto de solubilidade máxima da mistura diesel/água ao tensoativo, foram encontrados os seguintes resultados:

- Tens 4

Com oito gotas ficou bem menos turvo e com nove a solução ficou limpa. Formou precipitado.

Figura 6: Solução com Tens 4 e com formação de precipitado.



- Tens 6

Ao adicionar apenas duas gotas do tensoativo observa-se que o mesmo reage com a água, não ocorrendo uma variação muito considerável na turbidez.

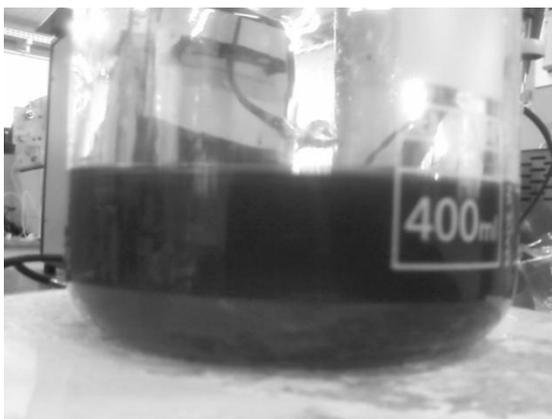
Figura 7: Solução com Tens 6.



- Tens 1

Somente com a adição de 12 gotas observa-se uma melhoria pouco considerável na turbidez e são formadas umas espécies de “bolhinhas”.

Figura 8: Solução com Tens 1



- Tens 3

Após adicionar 8 gotas do tensoativo não observa-se melhoria na sua turbidez.

- Tens 5

Ao adicionar 5 gotas do tensoativo na solução não observa-se mais a turbidez, porém é formado muito precipitado.

- Tens 2

Apresentou o melhor resultado, com apenas duas gotas a solução não fica mais turva. Não se observa a formação de bolhas nem de precipitado. Para comprovação foi feito um estudo mais detalhado para observar seu comportamento:

Tabela 5: Dados obtidos na titulação com Tens 2.

MASSA DE ÁGUA (g)	MASSA DE TENS 2 (g)
0,0202: aparentemente não ficou turvo	_____
0,0404: ficou muito mais turvo	_____
0,0404	0,0225: melhorou a turbidez
0,0404	0,045: melhorou a turbidez
0,0404	0,0675: não mais turvo
0,0606: ficou muito turvo	_____
0,0606	0,09
0,0606	0,1125: melhorou
0,0606	0,135: não mais turvo
0,0606	0,1575: só para confirmar
0,0808: ficou turvo	_____
0,0808	0,180: não mais turvo
0,0808	0,2025: só para confirmar
0,101: ficou turvo	_____
0,101	0,225: não mais turvo
0,101	0,2475: só para confirmar
0,1212: ficou um pouco turvo	_____
0,1212	0,270: não mais turvo
0,1212	0,2925: só para confirmar, começam a formar bolhinhas
0,1414: ficou muito pouco turvo	_____
0,1414	0,315: não mais turvo
0,1414	0,3375: só para confirmar, aumentam as bolhinhas.

Então fica claro que de um modo geral é necessário uma pequena quantidade de Tens 2 para acabar com a turbidez da solução. Contudo, a partir de determinada concentração de água e tensoativo na solução eles começam a reagir formando pequenas bolhas em suspens

4.2. Microemulsão

Para a segunda etapa dos experimentos, titulação com água/glicerina a uma solução de diesel/tensoativo foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 6: Titulação com água/glicerina a uma solução de diesel/tensoativo.

%Glicerina	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	20%+5%tens
1% tens2	0,137	0,125	0,203	0,150	0,161	0,084	0,130	0,127	0,153
2%tens2	0,164	0,200	0,355	0,263	0,524	0,672	0,652	0,382	0,429
3%tens2	0,328	1,050	2,438	1,541	1,209	0,924	0,783	0,425	2,977
4%tens2	0,575	1,350	2,641	1,692	1,612	1,638	1,044	0,467	2,793
5%tens2	1,945	1,875	3,200	2,444	2,095	1,386	1,175	0,510	2,916

A partir dos resultados obtidos foram construídos dois gráficos pelos quais fica fácil analisar o comportamento do combustível frente a aditivação de água, glicerina e tensoativo:

Gráfico 1: Volume de solução adicionado em relação a % de tensoativo da solução de diesel.

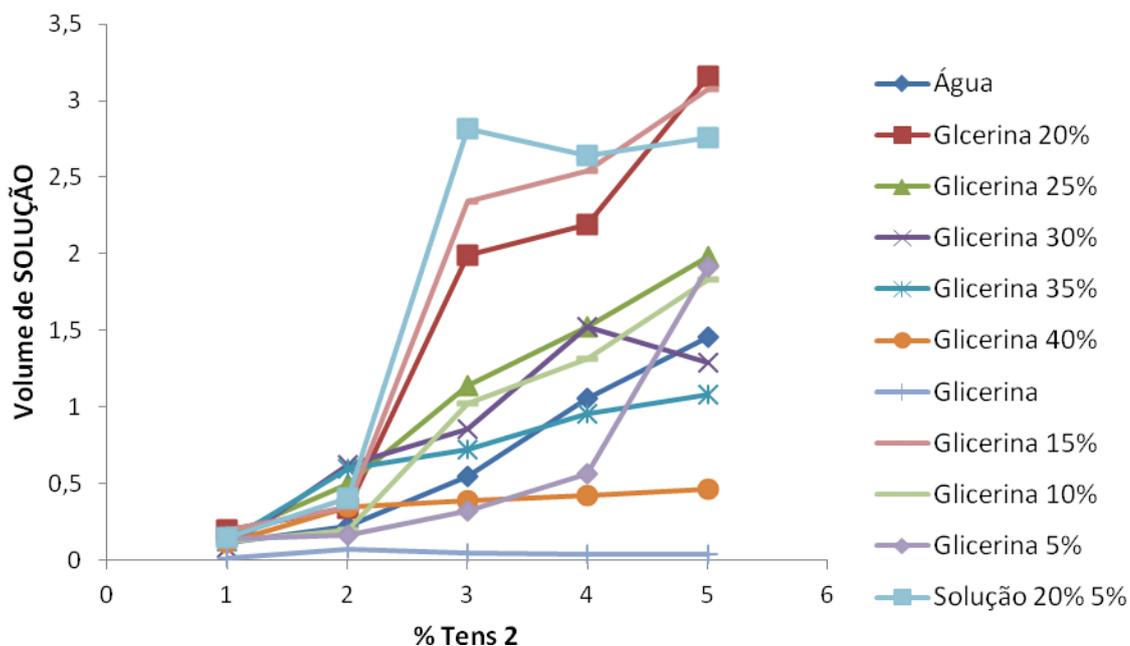
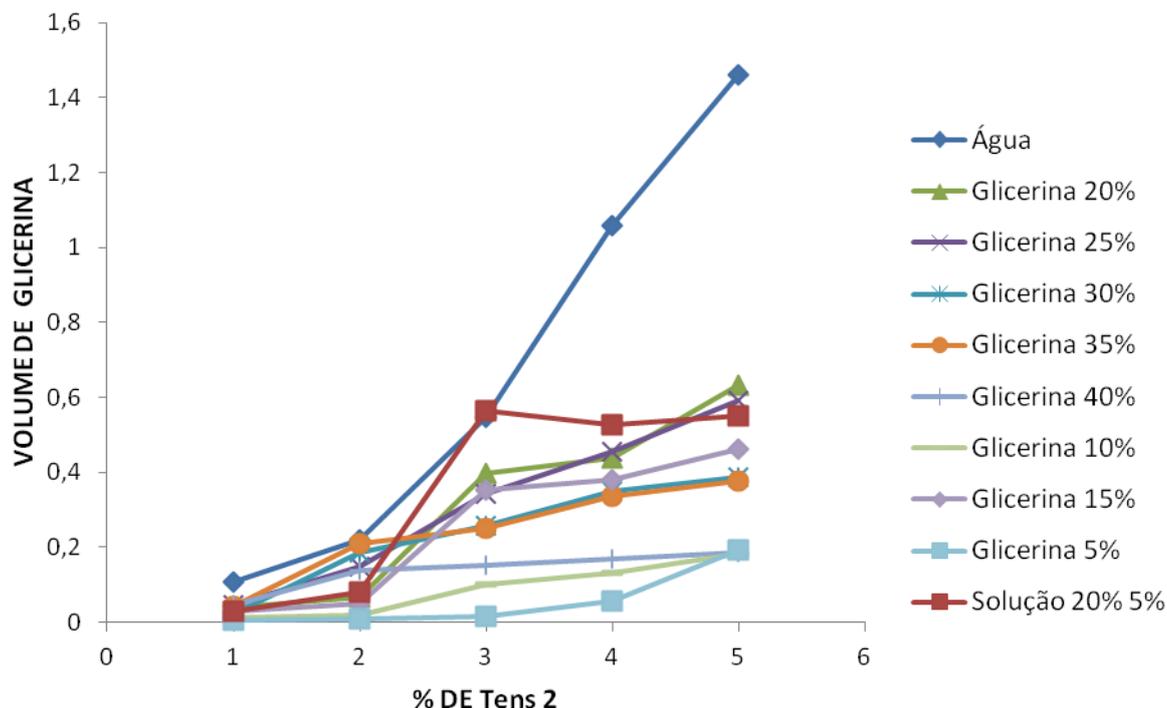


Gráfico 2: Relação entre o volume de glicerina adicionado em relação a % de tensoativo presente no diesel.



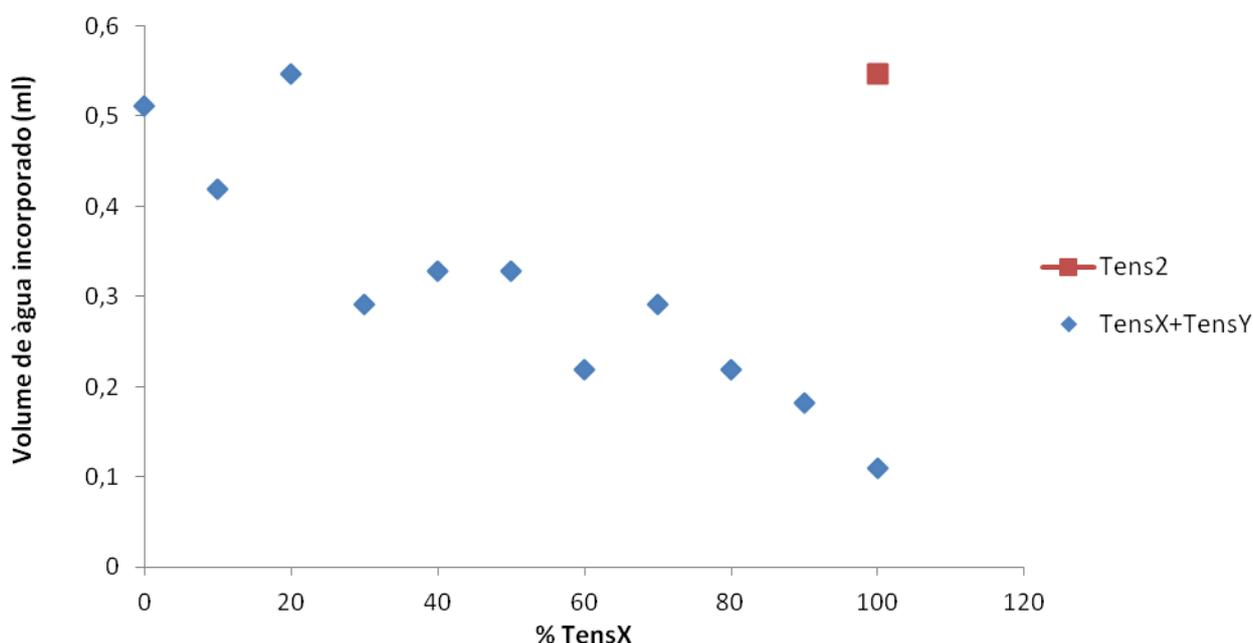
Observamos a variação da solubilização miscelar da água de acordo com a quantidade de tensoativo presente na mistura. Ao repetir o procedimento usando as soluções de glicerina observamos que na maioria dos casos a solução de diesel sempre suporta mais volume de solução, antes de turvar, do que a glicerina e menos ou quase igual quantidade de água pura suportada.

Também ficou claro que o sistema não possui um comportamento linear, ou seja, até certo limite o aumento do volume de glicerina na solução aumenta a solubilização no diesel, porém chega um ponto em que o aumento da glicerina diminui sensivelmente a sua solubilização. Outro ponto analisado é que para pequenas concentrações do tensoativo no diesel, independente da solução adicionada, seu comportamento é praticamente o mesmo, mudando quase que drasticamente com 3% de tensoativo no diesel; com isso podemos dizer que a 3% de tensoativo o sistema apresenta um pico.

4.3. Ajuste do Tensoativo

Com os dados encontrados ao adicionar água à solução diesel e tensoativo formulado, foi construído o seguinte diagrama:

Gráfico 3: Ajuste do Tensoativo para a água.



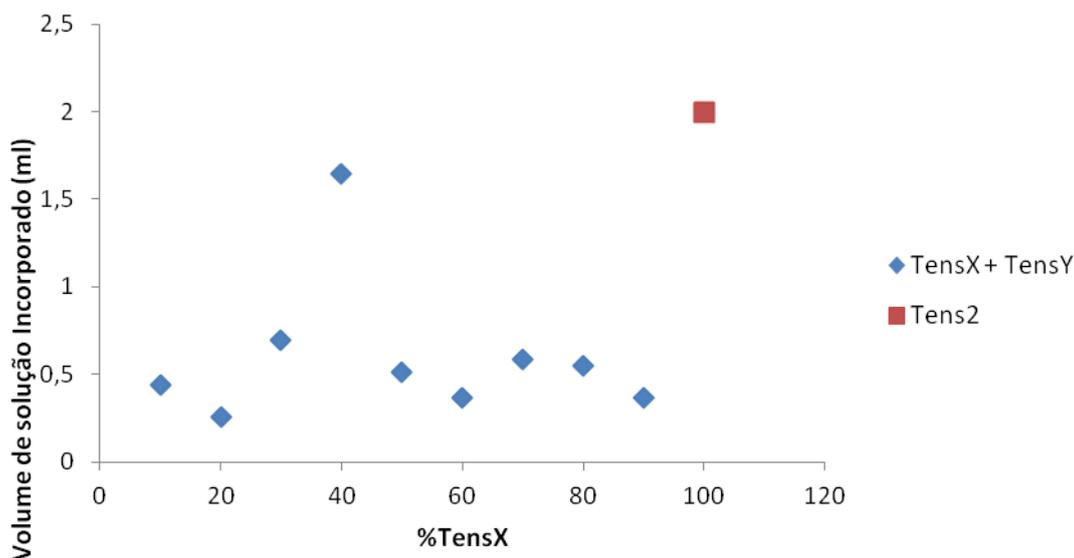
Onde o ponto em vermelho representa o volume de água adicionado a uma solução de diesel com 3% de Tens2, e os pontos em azul representam as soluções de diesel com 3% de cada solução de tensoativos.

Observa-se que nos pontos onde há 20% de TensX com 80% de TensY e 100% de TensY são os que mais se aproximam do comportamento do Tens2, adotado como o melhor, sendo o primeiro mais próximo.

É importante ressaltar que esse comportamento é para a adição de somente água, ao adicionar água + glicerina o comportamento pode não ser tão bom. Por isso, o próximo procedimento será avaliar o comportamento da solução de diesel com tensoativo ao adicionar uma solução de água com 20% de Glicerina.

Ao fazer o teste com a solução de 20% de Glicerina o resultado obtido foi o seguinte:

Gráfico 4: Ajuste do tensoativo para a glicerina.



Com isso observamos que o tensoativo que melhor se assemelha com o antes adotado e escolhido como o melhor, foi a mistura com 40% de TensX e 60% de TensY.

4.4. Caracterização

Os valores de densidade, viscosidade, ponto de fulgor e poder calorífico encontram-se na Tabela 7.

Analisando os resultados, observamos que quanto a densidade, viscosidade e ponto de fulgor as amostras apresentam valores semelhantes.

Quanto ao poder calorífico evidenciamos que os soluções aditivadas possuem um valores inferior ao caso 4, diesel S10. Podemos atribuir esse resultado ao fato de, junto com a glicerina, também ser microemulsionado água, em quantidade maior do que a glicerina, diminuindo o poder calorífico.

Quando analisamos somente as soluções aditivadas, que foi microemulsionada com solução de 20% de glicerina foi a que obteve o melhor resultado.

Já em relação ao poder de corrosão ao cobre, não foram encontrados traços de corrosão (anexo III).

Tabela 7: Resultados da caracterização.

Densidade kg/m³	
Caso 1	834,9
Caso 2	844,9
Caso 3	839,8
Caso 4	841,1

Viscosidade mm²/s	
Caso 1	2,831
Caso 2	3,212
Caso 3	3,572
Caso 4	3,530

Ponto de Fulgor °C	
Caso 1	55
Caso 2	69,5
Caso 3	68
Caso 4	67

Poder calorífico (Cal/g)	
Caso 1	11614,48
Caso 2	11047,55
Caso 3	10653,62
Caso 4	12265,37

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

Ao término dos experimentos podemos concluir que a incorporação do glicerol ao diesel é capaz de ser realizada através de microemulsões. Usando o tensoativo adequado, que esse caso foi o Tens 2 e a solução TensX+TensY, o volume de glicerina adicionado pode ser acentuado consideravelmente.

Também se notou que o comportamento do S10 frente a essa aditivação é não linear, ou seja, aumentando a proporção de tensoativo pode aumentar ou não a proporção de glicerol ou solução de glicerol adicionado.

Com a construção dos gráficos ficou evidente que, de uma forma geral, o diesel vai suportar uma quantidade maior de solução de glicerina do que a glicerina pura e uma quantidade menor do que a água pura.

Quanto à caracterização foi comprovado que as características de densidade, viscosidade, ponto de fulgor e corrosão não são muito afetadas com o aditivo, já que todos os combustíveis apresentaram resultados semelhantes. Já quanto ao poder calorífico, observa-se que em relação ao diesel não aditivado, os novos combustíveis apresentam valores de Cal/g inferior, isso se dá devido a presença de água na solução de glicerol.

Por fim, conclui-se que a metodologia proposta é eficaz, porém se faz necessário estudos mais aprofundados e aplicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIN I. N. H. M., MOHAMMAD A. W., MARKOM M., PENG L. C., HILA L. N. *Analysis of deposition mechanism during ultrafiltration of glycerin-rich solutions.* Desalination 2010;261:313–20.

AMPAITEPIN S., TETSUO T., *A perspective on incorporation of glycerin purification process in biodiesel plants using waste cooking oil as feedstock.* Energy 2010;35:2493–504.

BRIANE, D.; DOAT, J. *Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois.* Aix-en-Provence, ÉDISUD, 1985. 180p.

CARDOSO, J. J. F.; COSTA, A. A. A.; ALMEIDA, M. A. P.; MELO, C. K.; CARDIAS, H. T. C. *Caracterização do biodiesel metílico produzido a partir de óleo de babaçu e suas misturas com o diesel de petróleo.* In: I CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BODIESEL, Brasília, 2006, p. 302-307.

CROCKER M., *Thermochemical conversion of biomass to liquid fuels and chemicals.* Royal Society of Chemistry 2010.

DONKIN S. S., *Glycerol from biodiesel production: the new cornfordairy cattle.* Revista Brasileira de Zootecnia 2008; 37: 280 – 6.

FERNANDO S., ADHIKARI S., KOTA K., BANDI R., *Glycerol based automotive fuels from future biorefineries,* Fuel 86 (2007) 2806–2809.

GALLEZOT P., *Catalytic routes from renewables to fine chemicals,* Catalysis Today 121 (2007) 76–91.

GONÇALVES C., OLIVEIRA L., LEMOS A., SILVA M., *Bioadditive synthesis from H3PW12O40-catalyzed glycerol esterification with HOAc under mild reaction conditions.* Fuel 102 (2012) 46-52

GARCIA E., LACA M., PEREZ E., GARRIDO A., PEINADO J., *New class of acetal derived from glycerin as a biodiesel fuel component,* Energy & Fuels 22 (2008) 4274–4280.

GABRIELE C., RUTGER A S., *Catalysis for renewables: from feedstock to energy production.* Weinheim: Wiley-VCH; 2007.

HUNTER, R. J. *Introduction to Modern Colloid Science.* New York: Oxford University Press, 1992.

JAIN M. *Competition science vision.* Pratiyogita Darpan Group; 2000.

JARA, E.R.P. *O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989. (Comunicação Técnica, 1797)

KIJENSKY J., LIPKOWSKY A., WALISIEWICZ-NIEDEBALSKA W., GWARDIAC H., ROZYCZKI K., PAWLAK I., *European Patent EP 1580255* (2004).

LUCIANO, B. *Avaliação do comportamento de um motor diesel refrigerado a ar, funcionando como motor dual diesel-GNC*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: DEM/PPGEM, 1991.

MARTINELLI Jr., L. C. Motores de combustão interna. Parte I. Caderno Unijuí, Série Tecnologia Mecânica. Nº 10, 1998.

MOTA C.J.A, DA SILVA C.X.A., GONÇALVES V.L.C., *Glycerochemistry: new products and processes from glycerin of biodiesel production*, *Quimica Nova* 32 (2009) 639–648

NASCIMENTO, G. F. *Avaliação do desempenho de um motor diesel funcionando com combustíveis alternativos*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: DEM/PPGEM, 1999.

OLIVEIRA, K. C. *Desenvolvimento de novos adsorventes para aplicação na separação dos isômeros do xileno*. 2013. 74 f. Monografia (Graduação em engenharia química) - Centro de tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

OBERT, E. F. *Motores de Combustão interna*. Trad. por Luiz Carraro, 2º ed., Porto Alegre, Ed. Globo, PP. 618, 1971.

THOMPSON J. C., HE B. B. *Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks*. *Applied Engineering in Agriculture* 2006;22:261–5.

TAN H. W., ABDULAZIZ A. R., AROUA M. K., *Glycerol production and its applications as a raw material: A review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 27 (2013) 118–127

ANEXOS

ANEXO I

Relatórios de ensaios LCL

Figura 9: Laudo das propriedades físicas do diesel S10

	Universidade Federal do Rio Grande do Norte Instituto de Química Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário Natal-RN - CEP: 59078-970 Fone: (84) 3211.9240				
	RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 00134/13 Resolução ANP Nº 65/2011 Regulamento Técnico ANP Nº 08/2011 Resolução ANP Nº 33/2010 – Artigo nº 3				
Solicitante: Iane Maiara Soares de Souza		Número da Solicitação: 00015/13			
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário					
Município: Natal	Estado: RN	CEP: 59072-970			
Identificação da Amostra: TERC 00098/13					
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: 01/11/2013			
Óleo Diesel: Comum (<input checked="" type="checkbox"/>) Aditivado () S-10 (<input checked="" type="checkbox"/>) S-500 () S-1800 ()					
Responsável: Iane Maiara Soares de Souza					
Observações: Amostra em questão foi entregue ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. O LCL – UFRN não é responsável pela coleta da amostra em questão. Amostra veio identificada como "Referência".					
CARACTERÍSTICA	RESULTADO	ESPECIFICAÇÃO			MÉTODO
		S-10	S-500	S-1800	
Aspecto	-	Límpido e isento de impurezas			Visual
Cor	-	Incolor a Amarelado	Vermelho	Incolor a Amarelado	Visual
Massa Específica a 20°C, kg/m ³	841,1	820 a 850	820 a 865	820 a 880	ASTM D 4052 e NBR 14065
Ponto de Fulgor, °C, mín.	67,0	38			ASTM D 93 e NBR 14598
Enxofre Total, mg/kg, máx.	-	10	500	1800	(x) ASTM D 4294 e NBR 14533 () ASTM D 5453
Índice de Cetano	-	-			ASTM D 4737 e NBR 14759
Destilação, °C	10% do Recuperado	-	180,0 (mín.)	Anotar	ASTM D 86 e NBR 9619
	50% do Recuperado	-	245,0 a 255,0	245,0 a 310,0	
	85% do Recuperado	-	-	360,0 (máx.) 370,0 (máx.)	
	90% do Recuperado	-	-	Anotar Anotar	
Teor de Biodiesel, %vol.	-	5 ± 0,5			EN 14078
Conclusões: Amostra conforme com as especificações da ANP para as características avaliadas. Adicionalmente foi realizado o ensaio de Viscosidade Cinemática, apresentando resultado 3,530 mm ² /s, estando em conformidade com a especificação vigente.					
Signatário Autorizado Nome: Camila Gisele Damasceno Peixoto Função: Gerente da Qualidade Período dos Ensaios: 04/11/2013 a 05/11/2013 Data de Emissão: 07/11/2013					
		 Nº do CRQ 152 00073 - 15ª Região			
Este documento só pode ser reproduzido por inteiro. Reprodução das partes requer aprovação escrita do Laboratório.					
FOR-065, REV.05, 26/07/2013		Status do Documento: Válido		Página 1 de 1	

Figura 10: Laudo das propriedades físicas do diesel "caso 3"

	Universidade Federal do Rio Grande do Norte Instituto de Química Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário Natal-RN - CEP: 59078-970 Fone: (84) 3211 9240					
	RELATÓRIO DE ENSAIO Nº00133/13 Resolução ANP Nº 65/2011 Regulamento Técnico ANP Nº 08/2011 Resolução ANP Nº 33/2010 – Artigo nº 3					
Solicitante: Iane Maiara Soares de Souza		Número da Solicitação: 00015/13				
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário						
Município: Natal		Estado: RN	CEP: 59072-970			
Identificação da Amostra: TERC 00097/13						
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: 01/11/2013				
Óleo Diesel: Comum () Aditivado (x) S-10 (x) S-500 () S-1800 ()						
Responsável: Iane Maiara Soares de Souza						
Observações: Amostra em questão foi entregue ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. O LCL – UFRN não é responsável pela coleta da amostra em questão. Amostra veio identificada como "Caso 3".						
CARACTERÍSTICA	RESULTADO	ESPECIFICAÇÃO			MÉTODO	
		S-10	S-500	S-1800		
Aspecto	-	Limpido e isento de impurezas			Visual	
Cor	-	Incolor a Amarelado	Vermelho	Incolor a Amarelado	Visual	
Massa Específica a 20°C, kg/m ³	839,8	820 a 850	820 a 865	820 a 880	ASTM D 4052 e NBR 14065	
Ponto de Fulgor, °C, mín.	68,0	38			ASTM D 93 e NBR 14598	
Enxofre Total, mg/kg, máx.	-	10	500	1800	(x) ASTM D 4294 e NBR 14533 () ASTM D 5453	
Índice de Cetano	-	-			ASTM D 4737 e NBR 14759	
Destilação, °C	10% do Recuperado	-	180,0 (mín.)	Anotar	ASTM D 86 e NBR 9619	
	50% do Recuperado	-	245,0 a 295,0	245,0 a 310,0		
	85% do Recuperado	-	-	360,0 (máx.)		370,0 (máx.)
	90% do Recuperado	-	-	Anotar		Anotar
Teor de Biodiesel, %vol.	-	5 ± 0,5			EN 14078	
Conclusões: Amostra conforme com as especificações da ANP para as características avaliadas. Adicionalmente foi realizado o ensaio de Viscosidade Cinemática, apresentando resultado 3,572 mm ² /s, estando em conformidade com a especificação vigente.						
Signatário Autorizado						
Nome: Camila Gisele Damasceno Peixoto		 Nº do CRQ 152 00073 - 15ª Região				
Função: Gerente da Qualidade						
Período dos Ensaio: 04/11/2013 a 05/11/2013						
Data de Emissão: 07/11/2013						
Este documento só pode ser reproduzido por inteiro. Reprodução das partes requer aprovação escrita do Laboratório.						
FOR-065, REV.05, 26/07/2013		Status do Documento: Válido		Página 1 de 2		

Figura 11: Laudo das propriedades físicas do diesel "caso2"

	Universidade Federal do Rio Grande do Norte Instituto de Química Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário Natal-RN - CEP: 59078-970 Fone: (84) 3211 9240				
	RELATÓRIO DE ENSAIO Nº00132/13 Resolução ANP Nº 65/2011 Regulamento Técnico ANP Nº 08/2011 Resolução ANP Nº 33/2010 – Artigo nº 3				
Solicitante: Iane Maiara Soares de Souza		Número da Solicitação: 00015/13			
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário					
Município: Natal		Estado: RN	CEP: 59072-970		
Identificação da Amostra: TERC 00096/13					
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: 01/11/2013			
Óleo Diesel: Comum () Aditivado (x) S-10 (x) S-500 () S-1800 ()					
Responsável: Iane Maiara Soares de Souza					
Observações: Amostra em questão foi entregue ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. O LCL - UFRN não é responsável pela coleta da amostra em questão. Amostra veio identificada como "Caso 2".					
CARACTERÍSTICA	RESULTADO	ESPECIFICAÇÃO			MÉTODO
		S-10	S-500	S-1800	
Aspecto	-	Límpido e isento de impurezas			Visual
Cor	-	Incolor a Amarelado	Vermelho	Incolor a Amarelado	Visual
Massa Específica a 20°C, kg/m ³	844,9	820 a 850	820 a 865	820 a 880	ASTM D 4052 e NBR 14065
Ponto de Fulgor, °C, mín.	69,5	38			ASTM D 93 e NBR 14598
Enxofre Total, mg/kg, máx.	-	10	500	1800	(x) ASTM D 4294 e NBR 14533 () ASTM D 5453
Índice de Cetano	-	-			ASTM D 4737 e NBR 14759
Destilação, °C	10% do Recuperado	-	180,0 (mín.)	Anotar	ASTM D 86 e NBR 9619
	50% do Recuperado	-	245,0 a 295,0	245,0 a 310,0	
	85% do Recuperado	-	-	360,0 (máx.) 370,0 (máx.)	
	90% do Recuperado	-	-	Anotar Anotar	
Teor de Biodiesel, %vol.	-	5 ± 0,5			EN 14078
Conclusões: Amostra conforme com as especificações da ANP para as características avaliadas. Adicionalmente foi realizado o ensaio de Viscosidade Cinemática, apresentando resultado 3,212 mm ² /s, estando em conformidade com a especificação vigente.					
Signatário Autorizado					
Nome: Camila Gisele Damasceno Peixoto		 Nº do CRQ 152 00073 - 15ª Região			
Função: Gerente da Qualidade					
Período dos Ensaio: 04/11/2013 a 05/11/2013					
Data de Emissão: 07/11/2013					
Este documento só pode ser reproduzido por inteiro. Reprodução das partes requer aprovação escrita do Laboratório.					
FOR-065, REV.05, 26/07/2013		Status do Documento: Válido		Página 1 de 1	

Figura 12: Laudo das propriedades físicas do diesel "caso 1".

	Universidade Federal do Rio Grande do Norte Instituto de Química Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes - LCL Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário Natal-RN - CEP: 59078-970 Fone: (84) 3211 9240				
	RELATÓRIO DE ENSAIO Nº00131/13 Resolução ANP Nº 65/2011 Regulamento Técnico ANP Nº 08/2011 Resolução ANP Nº 33/2010 – Artigo nº 3				
Solicitante: Iane Maiara Soares de Souza		Número da Solicitação: 00015/13			
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, s/n, Campus Universitário					
Município: Natal		Estado: RN	CEP: 59072-970		
Identificação da Amostra: TERC 00095/13					
Data de Coleta: -		Data de Recebimento: 01/11/2013			
Óleo Diesel: Comum (x) Aditivado () S-10 (x) S-500 () S-1800 ()					
Responsável: Iane Maiara Soares de Souza					
Observações: Amostra em questão foi entregue ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes da UFRN pelo responsável acima citado. O LCL – UFRN não é responsável pela coleta da amostra em questão. Amostra veio identificada como "Caso 1".					
CARACTERÍSTICA	RESULTADO	ESPECIFICAÇÃO			MÉTODO
		S-10	S-500	S-1800	
Aspecto	-	Límpido e isento de impurezas			Visual
Cor	-	Incolor a Amarelado	Vermelho	Incolor a Amarelado	Visual
Massa Específica a 20°C, kg/m ³	834,9	820 a 850	820 a 865	820 a 880	ASTM D 4052 e NBR 14065
Ponto de Fulgor, °C, mín.	55,0	38			ASTM D 93 e NBR 14598
Enxofre Total, mg/kg, máx.	-	10	500	1800	(x) ASTM D 4294 e NBR 14533 () ASTM D 5453
Índice de Cetano	-	-			ASTM D 4737 e NBR 14759
Destilação, °C	10% do Recuperado	-	180,0 (mín.)	Anotar	ASTM D 86 e NBR 9619
	50% do Recuperado	-	245,0 a 295,0	245,0 a 310,0	
	85% do Recuperado	-	-	360,0 (máx.) 370,0 (máx.)	
	90% do Recuperado	-	-	Anotar Anotar	
Teor de Biodiesel, %vol.	-	5 ± 0,5			EN 14078
Conclusões: Amostra conforme com as especificações da ANP para as características avaliadas. Adicionalmente foi realizado o ensaio de Viscosidade Cinemática, apresentando resultado 2,831 mm ² /s, estando em conformidade com a especificação vigente.					
Signatário Autorizado					
Nome: Camila Gisele Damasceno Peixoto		 Nº do CRQ 152 00073 - 15ª Região			
Função: Gerente da Qualidade					
Período dos Ensaio: 04/11/2013 a 05/11/2013					
Data de Emissão: 07/11/2013					
Este documento só pode ser reproduzido por inteiro. Reprodução das partes requer aprovação escrita do Laboratório.					
FOR-065, REV.05, 26/07/2013		Status do Documento: Válido		Página 1 de 1	

ANEXO II

Gráficos de soluções aditivadas

Gráfico 5: Relação entre porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 5%.

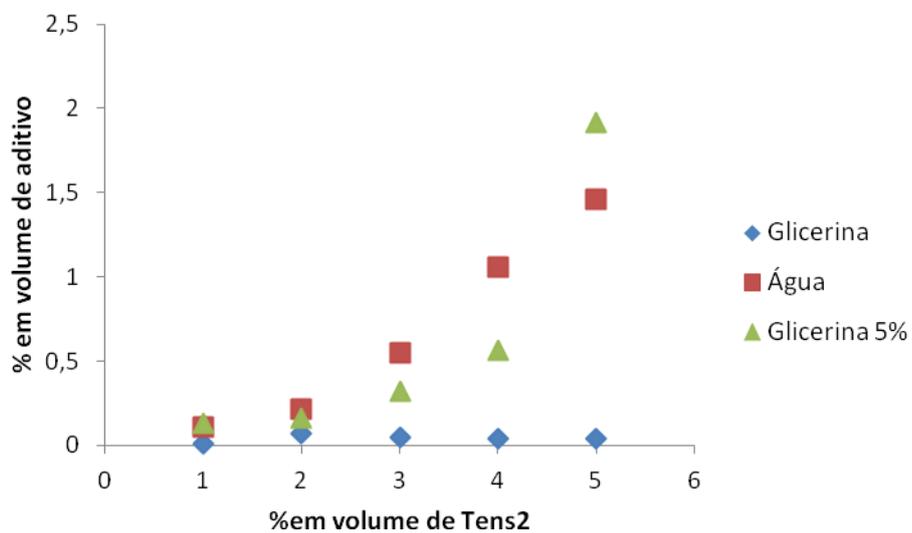


Gráfico 6: Relação porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para a Glicerina 10%.

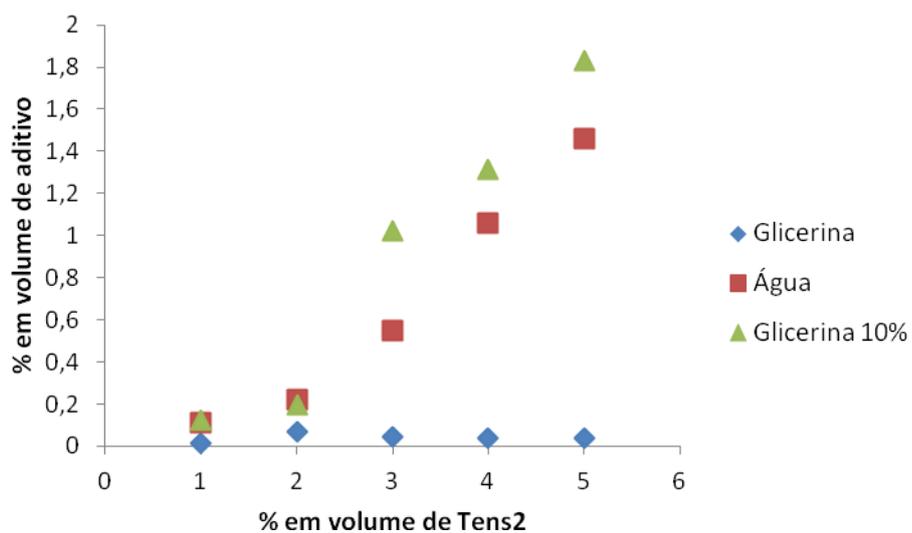


Gráfico 7: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 15%.

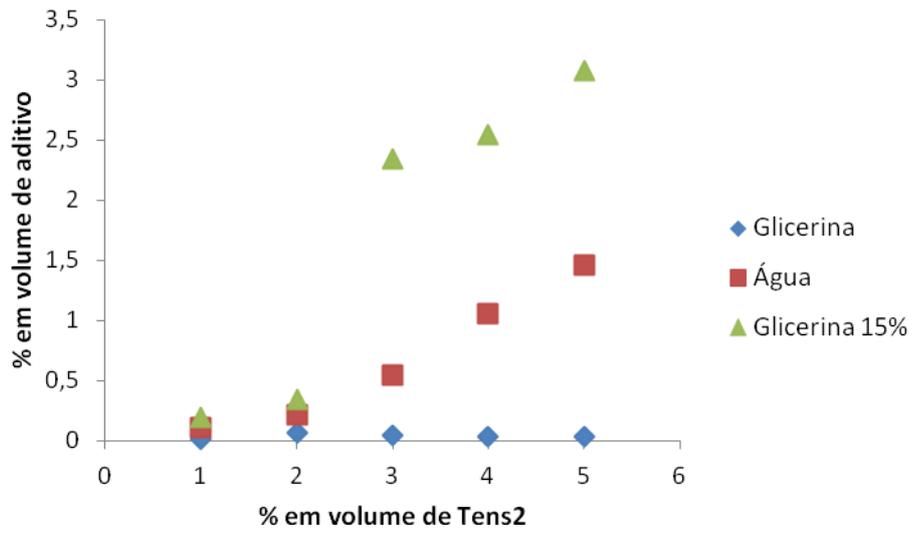


Gráfico 8: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 20%.

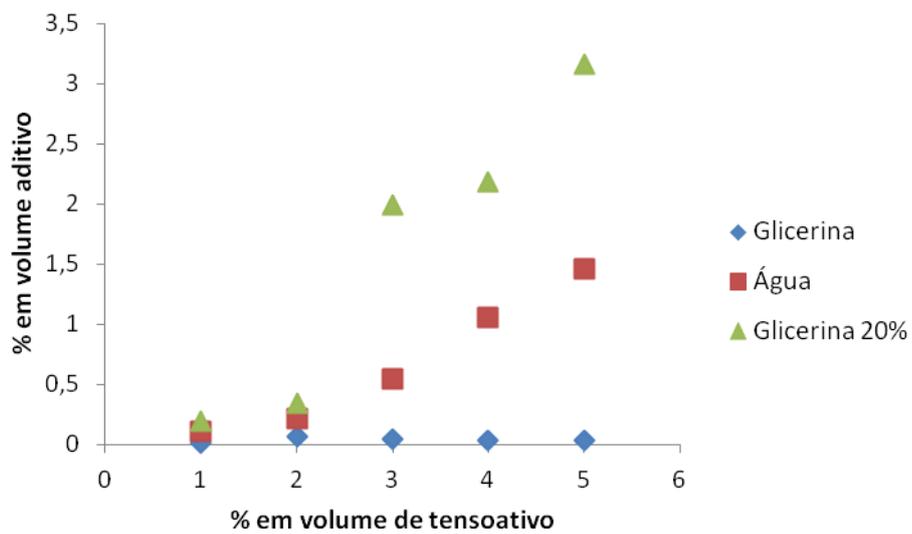


Gráfico 9: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 25%.

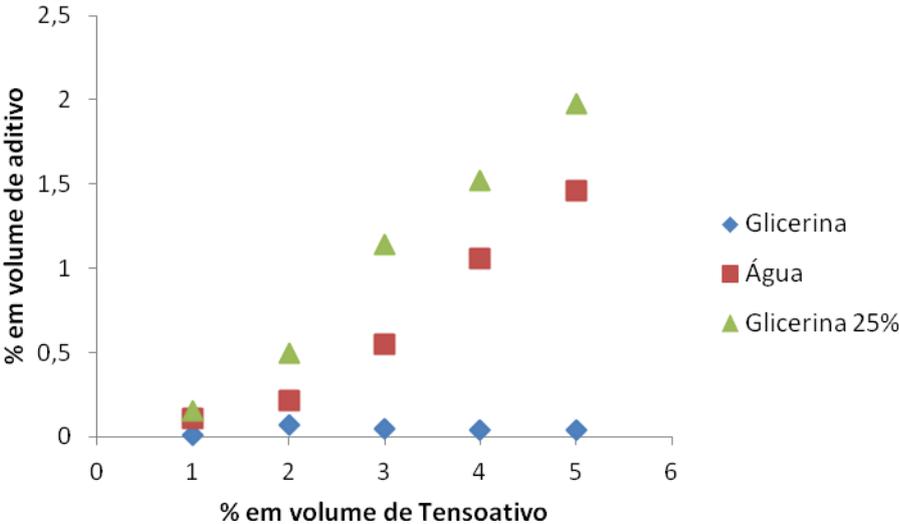


Gráfico 10: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 30%.

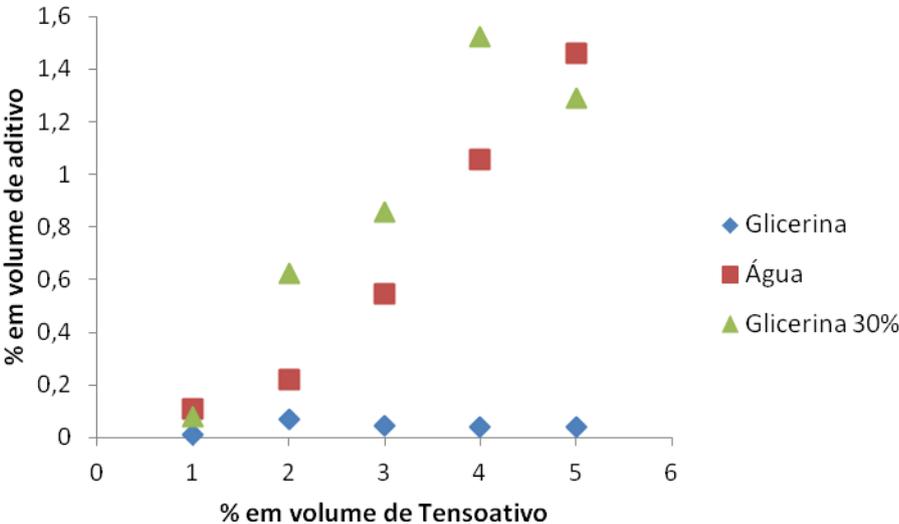


Gráfico 11: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 35%.

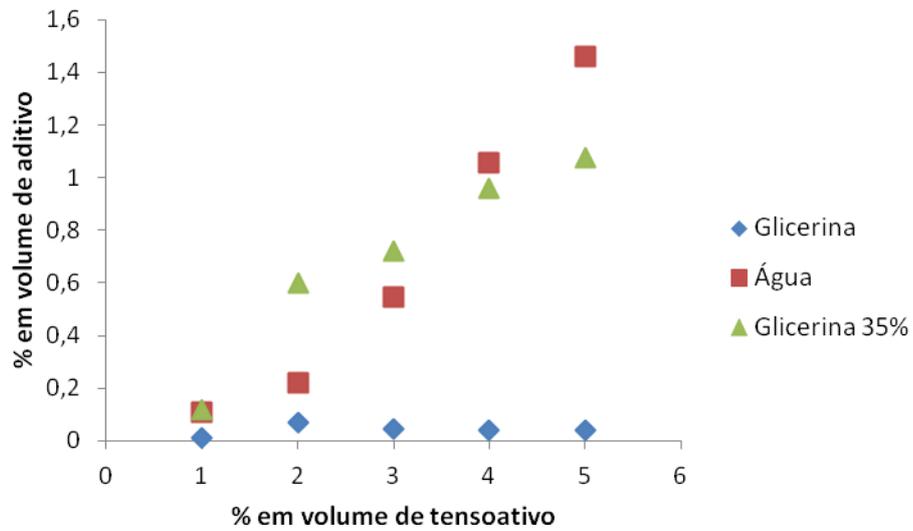


Gráfico 12: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 40%.

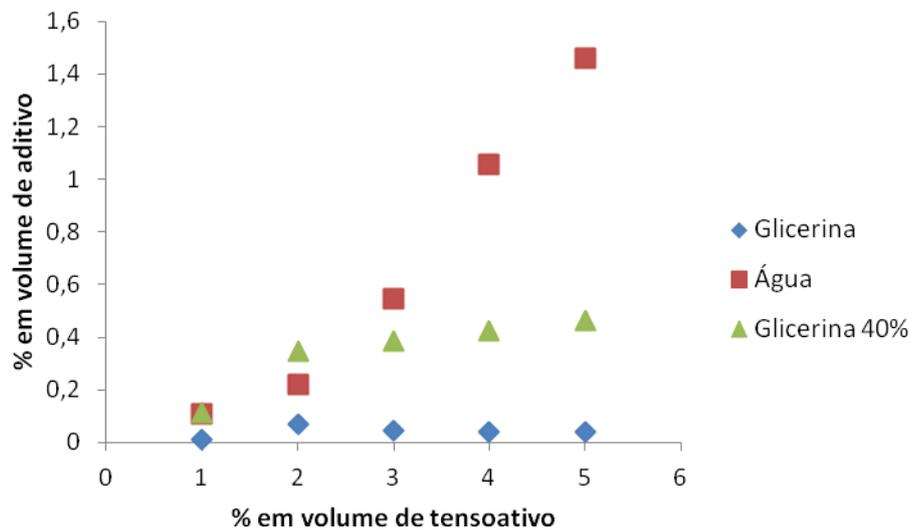
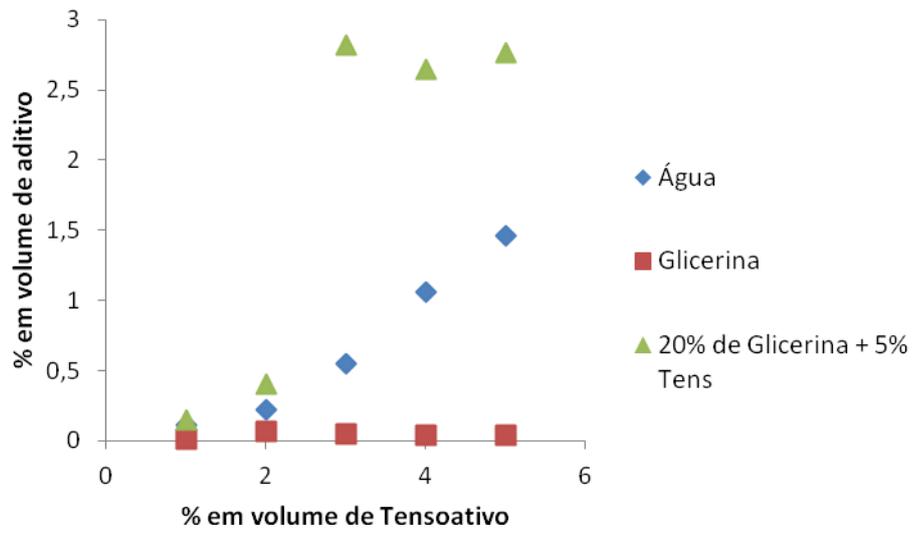


Gráfico 13: Relação entre a porcentagem em volume de tensoativo e a porcentagem em volume de aditivo para Glicerina 25% + 5% de tensoativo.



ANEXO III

Placas de corrosão

Figura 13: Teste de corrosão ao cobre "caso 1".



Figura 14: Teste de corrosão ao cobre "caso 2".



Figura 15: Teste de corrosão ao cobre "caso 3".



Figura 16: Teste de corrosão ao cobre "caso 4".



