

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

FERNANDO FERREIRA SALDANHA

**GUIA DIDÁTICO SOBRE COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DO PETRÓLEO: UM
EXEMPLAR PARA OS CURSOS TÉCNICOS EM QUÍMICA**

Porto Alegre, 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

FERNANDO FERREIRA SALDANHA

**GUIA DIDÁTICO SOBRE COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DO PETRÓLEO: UM
EXEMPLAR PARA OS CURSOS TÉCNICOS EM QUÍMICA**

Trabalho de conclusão apresentado junto à atividade de ensino “Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química”, como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Química

Orientadora

Profa. Dra. Camila Greff Passos

Porto Alegre, 2019

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é a investigação, elaboração e avaliação de um material didático com enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) para a disciplina Tecnologia Petroquímica sobre combustíveis derivados de petróleo do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) de Porto Alegre. O material elaborado consiste em um guia da área petroquímica que aborda temas fundamentais como a importância do petróleo em escala global e a formação do petróleo e seus estágios de transformação e conversão. Após os conceitos fundamentais, apresenta-se sobre sua cadeia produtiva, realizando uma breve introdução sobre suas divisões de etapas e atividades, os processos que ocorrem dentro de uma refinaria, uma amostra do controle da qualidade dos derivados combustíveis, entre outros. Todos os tópicos foram desenvolvidos de modo a ilustrar como funciona a cadeia petrolífera, despertar o interesse dos(as) estudantes pela área e fazer com que eles(as) adquiram uma consciência de sua responsabilidade perante a sociedade quanto ao consumo de combustíveis derivados de petróleo. Na elaboração do Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo, buscou-se realizar uma adequação do nível de aprofundamento dos conceitos químicos, ao mesmo tempo procurando contextualizar as informações sem perder a linguagem técnica. Para sua avaliação, o material elaborado foi analisado por professores de Ensino Superior da área de Ensino de Química, pela coordenadora do Centro de Combustíveis (CECOM) da UFRGS e também professora da área de Química Analítica e por um professor que atua em Curso Técnico em Química. A maioria dos avaliadores apontou que o Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo elaborado apresenta clareza e simplicidade na explanação dos conceitos e a abordagem CTS foi realizada de forma satisfatória, sendo considerado adequado para o nível técnico. As sugestões feitas pelos avaliadores foram, em sua maioria, consideradas para aperfeiçoamento e correção do material.

Palavras-chave: Tecnologia Petroquímica. Técnico em Química. Ensino de Química. Formação Profissional.

ABSTRACT

The general objective of this work is the investigation, elaboration and evaluation of a didactic material with CTS (Science, Technology and Society) focus for the discipline of Petrochemical Technology about petroleum derived fuels of Federal Institute of Rio Grande do Sul. The elaborated material consists of a guide in the petrochemical area that addresses fundamental themes, such as the importance of petroleum on a global scale and its stages of transformation and conversion. After the fundamental concepts, is presented its productive chain, making a brief introduction about its divisions of steps and activities, the processes that take place within a refinery, a sample of the quality control of fuel derivatives, among others. All the topics were developed in order to illustrate how a petroleum chain works, arouse the students' interests in the field and to make them acquire awareness of their responsibility towards society for the consumption of petroleum-based fuels. In the elaboration of the Petroleum Derived Fuels Guide, we sought to adjust the level of deepening of chemical concepts, while trying to contextualize the information without losing the technical language. For its evaluation, the elaborated material was analyzed by teachers of Chemistry Education area at Higher Education level, by the coordinator of the UFRGS Fuel Center (CECOM), also teacher of Analytical Chemistry area and by a teacher who work at a Chemical Technician Course. Most reviewers pointed out that the elaborated Petroleum Derived Fuels Guide presents clarity and simplicity in the explanation of the concepts and the CTS approach was performed satisfactorily, being considered appropriate for the technical level. The suggestions made by the reviewers were, for the most part, considered for improvement and correction of the material.

Keywords: Petrochemical Technology. Chemistry Technician. Chemistry Teaching. Professional Formation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. IFRS Campus Porto Alegre, localizado no Centro Histórico de Porto Alegre...	20
Figura 2. Ilustração de como são apresentados a origem e histórico do petróleo.....	23
Figura 3. Trecho sobre a importância do petróleo e seu impacto.....	24
Figura 4. Ilustração de como é introduzido a etapa de produção.....	25
Figura 5. Trecho de introdução sobre a etapa de refino no Guia.....	26
Figura 6. Trechos do Guia, trazendo uma breve descrição de determinados compostos...	27
Figura 7. Segmentos do Guia, referentes aos ensaios e especificações de combustíveis, ilustrando como procurou-se construir o tópico	28
Figura 8. Exemplo de como foi divulgado as informações sobre o ensaio através do seu escopo e resumo do método.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1. A importância da construção de material didático para a formação dos professores.	11
3.2. Combustíveis Derivados de Petróleo.....	12
3.3. O Enfoque CTS.....	14
4. METODOLOGIA	16
4.1. Contato com o professor do Curso Técnico em Química.....	17
4.2. Contexto Escolar.....	17
4.3. Elaboração do Guia.....	18
4.4. Avaliação do Guia.....	19
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	20
5.1. Contexto da Instituição.....	20
5.2. O Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo.....	22
5.3. Questionário com Professores em Química.....	30
6. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE A	41
APÊNDICE B	43
APÊNDICE C	97

1. INTRODUÇÃO

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, instituída por lei em 2008 (BRASIL, 2008) incorpora institutos, universidades e centros de educação tecnológica, além da implementação do ensino técnico no ensino médio. Considerada um marco na diversificação, interiorização e ampliação da educação profissional e tecnológica no país, sua qualidade de ensino, variedade de cursos e atuação coletiva com a população e empresas locais é reconhecida e destacada internacionalmente. De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a avaliação do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), realizada em 2015, aponta que se a Rede Federal fosse um país, estaria à frente de países como Coreia do Sul, Estados Unidos e Alemanha (PISA, 2015). Estes e outros apontamentos justificam o olhar para o que está sendo desenvolvido nos Institutos Federais, em particular na área de química.

Uma das barreiras vivenciadas na Educação Profissional e Técnica é a escassez de material didático direcionado para esse nível de ensino, o que gera dificuldade para os(as) professores(as), pois os livros utilizados na Educação Superior apresentam os conteúdos com uma abordagem muito densa e os didáticos da Educação Básica de forma mais simplista e com pouca relação com a atuação profissional dos(as) futuros(as) técnicos(as) em química. Ter um material didático que apresente o potencial de contextualizar os conteúdos conceituais da química com a atuação dos(as) técnicos(as) poderia apresentar algumas vantagens, como o contato com o conteúdo programático de forma flexibilizada de acordo com o perfil de alunos(as) e professores(as), o engajamento de professores(as) e alunos(as) no estudo destes, e a atualização constante do material de acordo com as novidades do mercado (CANAL TÉCNICO, 2018).

Realiza-se estes apontamentos devido à experiência de estágio docente desenvolvida em um Curso Técnico em Química de Porto Alegre no período de 2018/2. Durante o estágio os(as) estudantes levantaram vários questionamentos com relação aos combustíveis, tema de alguns dos seus projetos tecnológicos, e também pelo trabalho com análises de combustíveis realizado por mim na bolsa de iniciação científica (IC) dentro do Laboratório de Combustíveis (LABCOM) da UFRGS.

A partir de uma busca no sítio da Revista Química Nova na Escola, foram obtidos 39 artigos que continham a expressão “petróleo” e apenas três resultados para uma busca por

“tecnologia petroquímica”, o que aponta para a necessidade de investigações da temática. Portanto com base nos conhecimentos desenvolvidos durante o período de IC buscou-se agregar a disponibilidade de informações para os(as) estudantes na forma de um material didático que pudessem utilizar durante o curso.

Entre as opções de enfoques para a contextualização do material didático, optou-se pelo Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). A perspectiva de ensino CTS surgiu com a percepção da necessidade de formar a população para uma sociedade mais consciente sobre o avanço da tecnologia que viria a se instaurar, acrescentando o fato de que a metodologia de ensino de ciências se tornava insuficiente frente a intensificação de problemas ambientais do período pós-guerra (SANTOS; MORTIMER, 2000). O movimento CTS cresceu de forma mais expressiva em países industrializados da Europa, Estados Unidos, Canadá e Austrália, onde os currículos escolares adotaram esse modelo de ensino (LAYTON, 1994 *apud* SANTOS; MORTIMER, 2000). No Brasil e América Latina o enfoque CTS é mais voltado para a construção de projetos e materiais didáticos, cuja fundamentação se sustenta por referenciais brasileiros, aliando-se a perspectiva de Paulo Freire de uma educação focada na formação do cidadão crítico (GONDIM; SANTOS, 2016).

Tendo o conhecimento de que a perspectiva CTS tem como objetivos o desenvolvimento de saberes, uso de competências e o aprimoramento de valores, este último relacionado diretamente com as necessidades humanas: reciprocidade, afeto, consciência de compromisso com a sociedade, respeito ao próximo, compaixão e solidariedade, ou seja, valores que atendam aos interesses coletivos (SANTOS; MORTIMER, 2000), situa-se a necessidade de elaboração de materiais didáticos que contemplem essas diferentes características (HALMENSCHLAGER, 2014).

Nesse contexto, a utilização de materiais didáticos com enfoque CTS torna-se um tema de pesquisa pertinente, uma vez que se identificou a necessidade de formar cidadãos com caráter crítico e possuidores de conhecimentos científicos e tecnológicos para argumentarem, questionarem e realizarem tomadas de decisão sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade (GONDIM; SANTOS, 2016).

Embora o carvão ainda seja um dos combustíveis mais consumidos, foi o petróleo que consolidou o modelo industrial moderno, caracterizado pela produção em massa, com os setores mais dinâmicos forçando o desenvolvimento tecnológico de indústrias ligadas às suas linhas de produção (CARVALHO, 2008). Entretanto, mesmo que combustíveis alternativos

venham ganhando destaque no meio científico (OLIVEIRA; SUAREZ; SANTOS, 2008), ainda não substituíram o petróleo e o gás natural utilizados em larga escala nos transportes, indústria e agricultura (CARVALHO, 2008).

Sendo assim, combustíveis derivados do petróleo são um tema com grande potencial para ser empregado em diversos níveis e momentos no ensino de Química. Percorrendo os fundamentos teóricos que norteiam este trabalho, compreende-se que o material didático que será produzido poderá despertar o interesse dos educandos por abordar uma temática que engloba questões pertinentes aos cidadãos e o setor industrial, instigando a formação de um profissional com conhecimentos conceituais, mas que também relacione a importância de seu papel na sociedade.

Conforme o Plano Pedagógico do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), do Curso Técnico onde foi realizado o trabalho, os(as) técnicos(as) em química receberão a formação adequada para aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos que contribuam para o desenvolvimento econômico e social, através da incorporação da dimensão da cidadania e de sua construção (IFRS, 2013).

Dessa forma, justifica-se este trabalho como uma análise sistemática do contexto escolar do Curso Técnico em questão, da elaboração de um material didático contendo o conteúdo programático e da discussão sobre a necessidade de conscientização dos(as) técnicos(as) em Química sobre as consequências que o uso e produção do petróleo leva para a sociedade na forma de seminários.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é investigar a elaboração e avaliação de um material didático com enfoque CTS, para a disciplina Tecnologia Petroquímica sobre combustíveis derivados de petróleo do IFRS de Porto Alegre.

Os objetivos específicos são:

- Analisar o plano de ensino da disciplina, bem como o material que era utilizado sobre combustíveis derivados do petróleo pelo professor regente;
- Desenvolver um material didático convergente aos princípios do modelo CTS;
- Avaliar a adequação e viabilidade do uso do material didático no Ensino Técnico em química, por professores de química da Educação Superior e de Curso Técnico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. A importância da construção de material didático para a formação dos professores

Trabalhos de produção colaborativa de material didático aparentemente se apresentam em baixa quantidade no Brasil (SANTOS, 2009). Ainda em processo de formação é comum dos(as) professores(as) apresentarem uma certa dificuldade em trabalhar e construir suas estratégias de ensino a partir do material didático disponível, o que leva a realização de adaptações para moldá-lo de acordo com a realidade em que se encontra e com suas convicções pedagógicas. No pior dos casos, adotam a perspectiva de “vencer o conteúdo programático” e se focam na utilização cega de livros textos — uma prática indiretamente estimulada pelos próprios professores universitários. Segundo Fonseca e Borges (1999, p. 3):

Um material didático rígido e com ênfase excessiva no conteúdo gera insatisfação e frustração tanto para o aluno quanto para o professor. O aluno não interage com estes materiais de abordagem extremamente analítica, de leitura difícil e com conteúdos não relacionados com as experiências do dia-a-dia dos estudantes. Na maioria das vezes, ele limita-se a memorizar os conteúdos presentes nos mesmos. O professor, insatisfeito, começa a produzir seu próprio material intuitivamente e percebe que não teve uma formação profissional para desenvolver este material didático, ou para adaptar os já existentes. A formação inicial não prepara o professor para desenvolver materiais didáticos. Ele descobre que terá que aprender com sua própria experiência.

A partir deste contexto se faz necessário a construção de material didático que contemple a contextualização dos conteúdos conceituais de química. A elaboração de material didático pode abrir novas perspectivas para um(a) professor(a) em formação, além de se envolver em novas propostas, refletir sobre pontos de vista associados ao processo que envolve a relação ensino-aprendizagem e que mudança poderá construir através de uma nova perspectiva de trabalho (SANTOS, 2007).

A construção de material didático inovador procura romper com limitações e lacunas do material tradicional encontrado no mercado editorial (CHASSOT, 1993, 1994, *apud* SANTOS, 2007). Ademais, de acordo com Eichler e Del Pino (2010), estimula o professor(a) a desenvolver capacidade crítica e reflexiva sobre materiais didáticos, metodologias de ensino e rotinas de sala de aula de uma forma geral.

É aconselhável, para o educador, que sua prática docente se designe de novas perspectivas, corroborando a ideia de uma modificação na qualidade de seu trabalho e este processo depende, entre outros fatores, da elaboração e/ou utilização de materiais didáticos em concordância com as características do(a) novo(a) profissional que se pretende formar (SANTOS, 2007).

A elaboração de material didático deve ser desenvolvida de modo a estar de acordo com o Plano Político Pedagógico da instituição de ensino, pois ele é construído pelo grupo docente que vivencia e compreende o processo educacional envolvido. O perfil do(a) técnico(a) em química se baseia em uma formação generalista: é de um(a) profissional capaz de desempenhar suas atividades dominando os fundamentos tecnológicos e operacionais característicos da área, e possuir uma base humanística com perspectiva crítica, proativa, ética e global, capaz de compreender o contexto sócio-político-econômico no qual está inserido(a) (IFRS, 2013).

Produzir material didático não se limita a clareza conceitual, competências específicas são necessárias, e só são expressas no momento em que se idealiza essa produção. Independente da finalidade da elaboração do material didático, seja ele para ser utilizado como referência por outros(as) educadores(as) ou para o próprio fazer pedagógico, as competências são precedentes do(a) elaborador(a) (LIMA, 2012, *apud* IFRN, 2014). Entretanto, essa prática não é estimulada pelas instituições de ensino, pelo contrário, adotar um livro texto genérico pronto para consumo é uma atividade comum.

3.2. Combustíveis Derivados de Petróleo

A história recente da humanidade passa pelo petróleo, é a principal fonte de energia utilizada no mundo desde o declínio da mineração. Desde o século XIX o óleo vem sendo um fator determinante no desenvolvimento de novas tecnologias, direcionando processos produtivos, modelos econômicos e até mesmo a cultura de sociedades em diversos países. A indústria automobilística foi quem obteve um crescimento acelerado, tendo toda a estrutura e condições primordiais para que se torna-se um forte e sólido alicerce para o mercado petrolífero em escala global (CARVALHO, 2008). A sociedade se tornou dependente de sua utilização: transporte público e privado, carregamento de mercadorias, entre outros produtos

da indústria automobilística correspondem a uma complexa rede industrial onde se atribui grande parte do PIB (Produto Interno Bruto) mundial, além de caracterizar os atuais modelos de urbanização na “idade do petróleo” (CARVALHO, 2008).

É necessário apontar, entretanto, que outros aspectos, influenciados pelo crescimento excessivo do consumo de petróleo, acabaram sendo catalisados pelo óleo. Com o aumento de emissões de gases lançados na atmosfera, a questão ambiental é um assunto de debate que vem ganhando cada vez mais destaque com o passar dos anos. A combustão incompleta da gasolina e diesel leva a formação de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e enxofre (SO_x), além de benzeno. Estes são compostos que causam notáveis impactos para a sociedade pela poluição atmosférica, como a chuva ácida e efeito estufa (DRUMM, 2014).

Aspectos econômicos e institucionais levam o petróleo a ser um produto que necessita ser controlado. Após a Segunda Guerra Mundial, o petróleo torna-se o pilar principal do sistema energético mundial, onde os EUA surgem como maior consumidor de óleo. A partir do momento que os países do Oriente Médio percebem que estão sendo prejudicados pela exploração de suas reservas, começa um novo marco em sua estrutura de concessão de jazidas, originando a criação da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) que tem como objetivo estabilizar o valor do petróleo, adquirindo maior controle sobre sua renda. (BOUSSENA, 1994, *apud* MENDES, 2003).

Diante da questão histórica e ambiental que o petróleo traz, o(a) aluno(a) técnico(a) em química deve ser capaz de compreender e relacionar como tais aspectos afetam a sociedade e seu cotidiano, e como ele(a) se insere nesse contexto. Desde o momento em que sai de sua residência, utiliza transporte público (ou privado) até chegar no local em que está situado o Curso Técnico, exerce suas atividades, realiza sua alimentação, até o momento de retornar para sua casa, quantos foram os momentos em que ele(a) esteve em contato com derivados de petróleo? Por quantos lugares frequentou e quais serviços consumiu que utilizam esses produtos? Quanta informação foi capaz de adquirir ao utilizar um *smartphone* ou um computador?

A importância do setor de combustíveis no Brasil se sustenta devido à necessidade de importação desses produtos, onde por muitas vezes o preço dos combustíveis é utilizado com viés político-econômico, mesmo que atuais descobertas possam fornecer oportunidades de autossuficiência a longo prazo (FILHO, 2015).

3.3. O Enfoque CTS

A América Latina vem sofrendo nos últimos anos uma onda neoliberal. Se tratando de educação, o neoliberalismo tem como ponto de vista formar sujeitos para o mercado de trabalho, constituído apenas da construção de competências de produção necessárias para a empregabilidade (MACIEL, 2011). A educação é diretamente atingida pela política neoliberal, a qual além de centralizar suas ações para o Ensino Fundamental e se restringindo a educação básica, colabora para o sucateamento das universidades públicas e aumenta-se o número de barreiras para o acesso ao Ensino Superior pelas classes populares (MACIEL, 2011). Indo na direção oposta a essa ideologia, faz-se necessário a formação de um profissional técnico que esteja incluído nos princípios da Educação Profissional Técnica de Nível Médio:

[...] contextualização, flexibilidade e interdisciplinaridade na utilização de estratégias educacionais favoráveis à compreensão de significados e à integração entre a teoria e a vivência da prática profissional, envolvendo as múltiplas dimensões do eixo tecnológico do curso e das ciências e tecnologias a ele vinculadas;[...] possibilidade de organização curricular segundo itinerários formativos, de acordo com os correspondentes eixos tecnológicos, em função da estrutura sócio ocupacional e tecnológica consonantes com políticas públicas indutoras e arranjos sócioprodutivos e culturais locais (BRASIL, 2012).

Paulo Freire, educador e militante, construiu sua trajetória se devotando a construção de uma educação libertadora, capaz de fornecer a classe popular as ferramentas necessárias para lutar contra a classe opressora. Surge daí a pedagogia freireana, sintetizada na prática da Educação Popular, que atua através de uma visão horizontal de ensino, nega um modelo de atuação mecânica de análises e instiga a aplicação de propostas que possam trazer uma mudança necessária (MACIEL, 2011).

A organização curricular estruturada em temas se articula com o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e pressupostos freireanos, colaborando para o estabelecimento de parâmetros para a Educação em Ciências. O objetivo do movimento CTS é a busca por participação e democratização em temas sociais envolvendo Ciência-Tecnologia, e apresenta componentes ligados a base teórico-filosófica adotadas por Freire, que compreende o ser humano como ser um sujeito histórico e não objeto, e alfabetizar deve ser algo a mais do que ler palavras: deve ser fazer uma leitura crítica do mundo, de forma a se engajar nas mudanças que se fazem fundamentais (AULER; DALMOLIN; FENALTI, 2009).

A proposta de abordagem de temas caracteriza um caminho para repensar uma maneira de ensinar mais significativamente através da contextualização e interdisciplinaridade, além de propiciar ao educador uma variedade de atividades e estratégias para tratar o conhecimento científico. Conforme aponta Halmenschlager (2014, p. 73).

A introdução de novos elementos ao currículo, a exemplo de temas sociais, acena para uma significativa mudança na concepção curricular. A organização do programa de ensino a partir de temáticas socialmente relevantes para a comunidade escolar, como sugerem as orientações para o ensino de Química, configura um importante aspecto para a superação da lógica tradicional de currículo, a Abordagem Conceitual, baseada exclusivamente na conceitualização científica.

A partir da abordagem temática torna-se possível praticar o processo de contextualização dentro do ensino e fornecer ao estudante uma educação em que a aprendizagem dos conhecimentos científicos está direcionada em conjunto com o desenvolvimento da cidadania. Entretanto o que se observa nas instituições de ensino vai na direção oposta: a tentativa de contextualizar através de exemplos, que por muitas vezes podem ser adequados, complexifica a relação ensino-aprendizagem devido a descontextualização com a realidade do aluno (BISCHOFF, 2018). Tal relação, baseada na perspectiva temática, favorece a compreensão crítica e possibilita a construção de um diálogo efetivo entre educando e educador(a), impulsionando a imprescindibilidade de refletir sobre a seleção de conteúdo de maneira tradicional (BISCHOFF, 2018).

Trabalhar através de um material didático fundamentado na perspectiva CTS torna-se, portanto, uma forma flexível de material didático, capaz de ser adaptado aos diversos contextos escolares em que possa ser utilizado, além de criar um vínculo com o(a) aluno(a) e seu entorno sócio-histórico (SANTOS; MORTIMER, 2000).

4. METODOLOGIA

O trabalho apresenta um caráter majoritariamente qualitativo, já que apresenta um enfoque descritivo e interpretativo, sem a necessidade de recursos estatísticos para a análise de dados dos eventos estudados (LUDKE; ANDRÉ, 1986). O material elaborado foi submetido à avaliação de professores de química do Ensino Superior, atuantes em disciplinas de química Orgânica e Analítica, professores da área de Ensino de Química e de um professor que trabalha em Curso Técnico de Química.

O trabalho foi realizado para a disciplina de Tecnologia Petroquímica do IFRS, instituição de ensino pública federal de Porto Alegre, no curso Técnico de Química. A instituição apresenta três modalidades de cursos técnicos: integrado ao Ensino Médio, concomitantemente integrado ao Ensino Médio, e subsequente ao Ensino Médio.

A avaliação do material pelos professores foi realizada através de instrumento orientador de avaliação específico adaptado de estudos anteriores (NECTOUX, 2016; SILVA, 2015). Esse instrumento de pesquisa consiste em um questionário composto por questões discursivas que foi enviado aos professores juntamente com o material didático através de correio eletrônico, com uma breve introdução dos principais objetivos deste trabalho e as motivações, bem como o termo de consentimento para a participação na avaliação (APÊNDICE A).

A realização do estudo aqui detalhado consistiu na execução das seguintes etapas:

- Contato com professor da disciplina no Curso Técnico;
- Observação do contexto escolar;
- Elaboração do Guia e avaliação do material didático por professores de Química da Educação Superior e do Curso Técnico.

Nos estudos qualitativos, procura-se direcionar o foco ao longo do processo, diferente de uma pesquisa quantitativa, que é norteada desde o princípio. Através dessa característica, o pesquisador pode seguir uma lógica indutiva, partindo da suposição mais apropriada e empregar perspectivas fenomenológicas, obtendo dados a partir da interação e contato direto com o objeto de estudo (LUDKE; ANDRÉ, 1986).

4.1. Contato com o professor do Curso Técnico em Química

Inicialmente foi realizado uma reunião com o professor da disciplina de Tecnologia Petroquímica do Curso Técnico com o intuito de verificar o material didático que era utilizado na disciplina e investigar as necessidades de modificações e aprimoramento do mesmo.

Diversos apontamentos foram feitos pelo professor, identificando que a elaboração do material didático era necessária. Organizar as atividades e assuntos propostos eram as principais observações comentadas. O professor destacou que era fundamental o uso de linguagem que fosse adequada para o nível dos(as) estudantes. Com isso, verificou-se com as indicações do professor, que o enfoque CTS também seria uma possibilidade de contextualizar os conteúdos conceituais trabalhados.

4.2. Contexto escolar

Foi avaliado o Projeto Político Pedagógico da instituição, para que fossem verificados os objetivos principais do Curso Técnico em Química. Nesse trabalho, foi averiguado o perfil do(a) aluno técnico(a) em Química que a instituição espera formar, bem como suas competências como profissional e cidadão.

Partindo dos objetivos descritos no Plano Político Pedagógico e atendendo as necessidades expostas pelo professor, de acordo com a realidade da instituição, ou seja, compatível com sua estrutura e situação econômica, além da disponibilidade e envolvimento dos professores, iniciou-se o processo de elaboração do Guia. Como o Autor não possui formação técnica, também foi analisado o Projeto Político Pedagógico de outra instituição pública estadual de Ensino Técnico da região Metropolitana de Porto Alegre, a fim de compreender melhor o perfil do(a) aluno(a) técnico(a) em química que as instituições de Ensino Técnico da região Metropolitana pretendem formar.

4.3 Elaboração do Guia

Os materiais das aulas de Tecnologia Petroquímica consistem em apresentações realizadas pelo professor do Curso Técnico, adaptando um material que havia coletado ao longo de sua carreira, acrescido de aulas expositivas com recurso audiovisual, a partir de vídeos, e por vezes aulas expositivas dialogadas, com recortes jornalísticos da área, ilustrando as informações das quais considerava mais pertinentes para o andamento da disciplina, incorporando uma complementação teórica, baseada em pesquisa bibliográfica, onde se buscava abordar diferentes tópicos de Química Orgânica e processos físico-químicos. Esses materiais estão referenciados no próprio material didático elaborado (APÊNDICE B).

Os materiais utilizados como referência para este trabalho são utilizados pelo professor no Curso Técnico, consistindo majoritariamente de material digital. A maior parte do material são apresentações em PowerPoint, cujas informações foram compiladas pelo próprio docente da disciplina, retirados de diversas apostilas de empresas petrolíferas — a principal e mais usada delas é a apostila da Petrobras (PETROBRAS, 2002). Além disso, boa parte do material se resume a arquivos de poucas páginas, variando entre resumo de informações e listas de exercícios montadas pelo próprio professor. Tais materiais eram distribuídos aos alunos ao longo do semestre letivo a partir de plataformas digitais que a Instituição oferece.

Embora a apostila da qual o professor utilizou para construção de suas apresentações sejam fornecidas aos alunos, são disponibilizadas como uma leitura complementar, não acarretando consequências caso os(as) alunos(as) decidam por não as ler. As listas de exercício do professor vão ao encontro de princípios básicos de Química Orgânica e de Termoquímica, e a maioria de suas questões propostas foram mantidas na elaboração do Guia. Visando atender os princípios do modelo CTS e seu uso como material de apoio, o Guia foi elaborado de forma a contemplar o tema, as necessidades formativas dos(as) alunos(as), com ilustrações e problematizações que visam despertar o interesse e provocar um debate, para fomentar o senso crítico e cidadão. Além disso, foram inseridos exercícios que abrangem a legislação brasileira, interpretando que um(a) Técnico(a) deve possuir conhecimentos das leis que atuam sobre a área petrolífera.

No capítulo 5.2, serão demonstrados alguns exemplos desses materiais utilizados no Curso Técnico e as modificações propostas com a elaboração do Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo desenvolvido neste trabalho.

4.4. Avaliação do Guia

O material elaborado foi submetido à avaliação de professores de Ensino Superior da área de Ensino de Química, pela coordenadora do Centro de Combustíveis (CECOM) da UFRGS e também professora da área de Química Analítica e por um dos professores da disciplina de Tecnologia Petroquímica do IFRS. Cabe destacar que todos os(as) avaliadores(as)/professores(as) possuem experiência de atuação em Cursos Técnicos em Química.

Para a avaliação do material pelos professores, foi utilizada uma ferramenta de pesquisa adaptada de trabalhos anteriores (NECTOUX, 2016; SILVA, 2015), apresentado no Apêndice A, que consiste em um questionário composto por questões discursivas que foi enviado aos professores através de correio eletrônico, com uma curta introdução dos principais objetivos deste trabalho e as motivações, assim como o termo de consentimento para a participação da avaliação. Participaram da pesquisa 6 professores de química (Ensino superior, Ensino de Química e Curso Técnico).

As perguntas formuladas tiveram por objetivo verificar a forma como foram abordados os conceitos no Guia, sua clareza e interpretação textual e exercícios propostos, além da execução dos princípios do modelo CTS. Com isto, é possível a realização de uma análise crítica do material para a correção de eventuais falhas e aprimoramento do texto.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Contexto da Instituição

O Instituto Federal onde é ofertado o Curso Técnico (Figura 1) está localizado na cidade de Porto Alegre. Foi formado a partir da lei 11.892 — institui a criação de 38 unidades de Institutos Federais em território nacional — sendo fundado em 29 de dezembro de 2008, visando desenvolver um novo modelo de Educação Profissional e Tecnológica.

Inicialmente o IFRS era estruturado em três autarquias: o Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), localizado em Bento Gonçalves, a Escola Agrotécnica Federal de Sertão e a Escola Técnica Federal de Canoas. A Escola de Comércio de Porto Alegre, após se desvincular da UFRGS se torna o Campus Porto Alegre do IFRS, cujas atividades têm início em 2011. Atualmente o IFRS possui 17 *campi* espalhados pelo Estado, sendo que o campus Porto Alegre disponibiliza 13 cursos técnicos, cinco cursos superiores, um PROEJA (Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos), três cursos de pós-graduação e um curso de especialização.

Figura 1 - IFRS Campus Porto Alegre, localizado no Centro Histórico de Porto Alegre. Fonte: IFRS.



Com aproximadamente 27 mil alunos e cerca de 200 opções de cursos de diferentes modalidades em vários municípios do Estado, para ingressar no Curso Técnico é necessário

que o aluno tenha concluído o Ensino Médio e participe do processo seletivo, que consiste de um exame com 40 questões objetivas que visam à avaliação dos conhecimentos adquiridos pelos candidatos nas matérias do núcleo comum do Ensino Médio. Tendo sido classificado no processo seleção, o candidato deverá realizar todas as etapas da matrícula, nas datas estabelecidas pelo calendário de matrícula, sob a pena de perder a sua vaga.

O Curso Técnico em Química do IFRS está estruturado em quatro etapas de formação de 1425 horas e mais 360 horas de estágio supervisionado. O estágio inicia a partir do terceiro semestre e o(a) estudante deve ter concluído todas as disciplinas do primeiro semestre — este último estando de acordo com a resolução CNE/CEB nº 1, de 21 de janeiro de 2004 (IFRS, 2013).

Dessa maneira, o curso procura desenvolver competências do profissional e habilidades específicas, organizando as etapas da seguinte estrutura:

Quadro – Competências e habilidades específicas desenvolvidas pelo curso em cada etapa.

<ul style="list-style-type: none"> • ETAPA I <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar técnicas básicas experimentais em substâncias químicas, utilizando normas básicas de segurança e higiene. 2. Executar análise química qualitativa inorgânica e orgânica. 3. Desenvolver conhecimento básico de informática e inglês. 4. Elaboração de projeto de pesquisa e desenvolvimento de fundamentos estatísticos.
<ul style="list-style-type: none"> • ETAPA II <ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar, executar e apresentar projetos de pesquisa aplicando metodologia científica. 2. Realizar procedimentos analíticos quantitativos e qualitativos. 3. Desenvolver conceitos físico-químicos e orgânicos bem como suas identificações
<ul style="list-style-type: none"> • ETAPA III <ol style="list-style-type: none"> 1. Executar na prática um projeto de pesquisa e aplicar conhecimentos estatísticos. 2. Realizar análises químicas instrumentais, qualitativas e quantitativas. 3. Realizar técnicas e processos básicos em laboratório de química orgânica. 4. Desenvolver conhecimentos físico-químicos, propriedades de materiais e conceitos de alimentos.

- ETAPA IV
 1. Realizar medidas em sistemas de controle de processos.
 2. Aprimorar conceitos de físico-química com conceitos básicos de eletroquímica
 3. Realizar leituras e produção textual.
 4. Aprimorar conhecimento dos processos industriais.
 5. Conhecer tratamento de efluentes líquidos e controle de poluentes.
 6. Estágio Curricular Obrigatório e orientação de projeto científico.

Observa-se que a primeira etapa se volta especialmente para os conceitos químicos básicos e analíticos, enquanto a última tem seu enfoque nos processos industriais, no entanto a construção das competências permeia todo o curso.

O corpo docente é composto por nove professores graduados e pós-graduados em diferentes universidades. Muitos desses docentes possuem a formação como técnicos em Química e, outros, também atuaram, no passado, como profissionais técnicos em Química em diferentes indústrias.

É desconhecida uma proximidade do professor, que colaborou com o trabalho, com outros profissionais da área para desenvolver suas atividades como docente ou aprimorar seu material didático. Nesse mesmo trabalho, salienta-se que os professores do IFRS julgam importante e fundamental a mudança de roteiros experimentais e outros materiais de apoio para a formação de cidadãos críticos e conscientes de seu papel como profissionais e na sociedade. Dessa forma, unindo os objetivos da instituição com as necessidades apresentadas pelo professor de Tecnologia Petroquímica, levando em consideração a estrutura e realidade da escola, o Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo desenvolvido foi planejado de modo a contemplar os princípios que norteiam o enfoque CTS.

5.2 O Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo

O Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo (APÊNDICE B) foi elaborado considerando o contexto relatado acima, assim como o perfil do(a) aluno(a) de curso técnico identificado no Plano Político Pedagógico do IFRS (IFRS, 2013) e no Plano de Curso da outra

escola técnica da região Metropolitana de Porto Alegre (LIBERATO, 2010). O material didático visou abranger os princípios do enfoque CTS e seu uso como material de apoio às aulas teóricas da disciplina de Tecnologia Petroquímica. Deste modo, demonstra-se alguns exemplos dos materiais utilizados anteriormente no Curso Técnico e as modificações realizadas para construção do Guia desenvolvido neste trabalho.

As primeiras aulas são uma introdução aos conceitos de petróleo e sua história, através de diversos recortes de eventos históricos, sendo complementada pela sua cadeia produtiva. A apresentação conta com 111 *slides*, sendo 9 *slides* reservados para seus conceitos químicos e origem, 44 *slides* para a história do petróleo, sendo dividida em história geral e do Brasil, 10 *slides* para reservas e 44 *slides* para sua cadeia produtiva. Analisando o material pôde-se perceber que as informações disponibilizadas — referentes a sua origem e história — são relevantes, entretanto se limitam apenas a isso, trazer dados históricos. A Figura 2 ilustra brevemente como o histórico do petróleo e suas origens é trabalhado:

Figura 2 - Ilustração de como são apresentados a origem e histórico do petróleo. Fonte: Autor

A HISTÓRIA DO PETRÓLEO

- Existem referências de utilização do petróleo na Bíblia .
- Há registros de povos que utilizavam o petróleo (cerca de 600 anos atrás) para o cozimento de alimentos, iluminação e aquecimento.



<http://escuelaconsciencia.blogspot.com.br/2012/06/4e-proyecto-matriz-ganilo-anton.html>

A HISTÓRIA DO PETRÓLEO

➤ Em 1887, com o advento dos motores à explosão, as frações de petróleo passaram a ter grandes aplicações, surgindo assim a gasolina, o diesel e o querosene de aviação .



Em 1885, Daimler inventava a carruagem motorizada



BRASIL <http://www.rodarseguro.com.br/automove/>
<http://mundotransito.com.br/index.php/category/curiosidades/page/3/>

A HISTÓRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL

➤ Em 1892, ocorre a primeira sondagem profunda no Brasil, em Bofete (SP), inaugurando a exploração no Brasil.



http://media.tumblr.com/37fe122e2be711f53fccc30ca7c219e7e7e4b0b1_image_n7ac3kowL11seesqj.jpg

A HISTÓRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL

➤ Em 2007, à luz das novas informações e com o objetivo de preservar o interesse nacional, na promoção do aproveitamento racional dos recursos energéticos do País, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) determina, em 8 de novembro de 2007, que sejam excluídos da Nona Rodada de Licitações 41 blocos relacionados às possíveis acumulações em reservatórios do Pré-Sal situados nas Bacias do Espírito Santo, de Campos e de Santos.

<http://blog.planalto.gov.br/lo-petroleo-no-brasil/#1858>

No Guia procurou-se reduzir a quantidade de informações, visando eventos de grande repercussão em escala mundial e nacional para contextualizar o impacto que o petróleo trouxe para a sociedade, através de textos informativos, e como isso afetou e vem afetando a

população através do mercado petrolífero que se desenvolveu de forma acelerada. Um trecho utilizado no Guia é apresentado na Figura 3:

Figura 3 - Trecho sobre a importância do petróleo e seu impacto. Fonte: Autor.

2.1 A importância do petróleo

No Brasil há registros de início de atividades petrolíferas desde o século XIX, entretanto foi com o declínio das atividades mineradoras que em 1944 foram contratadas firmas de consultoria para supervisionar as atividades de exploração e dar início a formação de geólogos no Brasil. Antes deste período, o Brasil se resumia a um importador de derivados, principalmente a querosene, utilizada principalmente para iluminação de regiões onde companhias de gás de iluminação não haviam chegado. Em meados de 1910 e 1920 a América Latina surge como potencial consumidor de querosene. Empresas estrangeiras começavam a investir devido ao acirramento da concorrência por matéria prima, principalmente depois da Primeira Guerra Mundial. O comércio por gasolina para aviação se intensificou em 1927 devido ao avanço da aviação comercial e militar brasileira, mesmo período em que as grandes companhias de petróleo exerciam total controle do comércio de derivados dentro do Brasil. O óleo diesel encontrou mercado apenas onde motores de combustão interna eram empregados: pequenos geradores de energia elétrica, locomotivas e navios, um resquício do que a Primeira Guerra Mundial deixou para o mundo. Pela primeira vez foi usado o submarino com motor diesel e aviões usados como arma, foi então que a alteração do petróleo em utilizações de guerra e seus derivados fizeram que seu controle virasse questão de interesse.

Notou-se uma falta de informação referente aos processos químicos envolvidos na transformação do petróleo, não havendo menção da palavra querogênio (matéria orgânica insolúvel com capacidade de se transformar em petróleo) dentro do material do professor. Foi incluído no Guia detalhes sobre essas transformações, ao mesmo tempo que agregou informação sobre o sistema de uma reserva de petróleo, o que já continha no material do professor. Entende-se que o(a) técnico(a) em química deve conhecer não apenas as operações realizadas para o processo de extração, mas também compreender os processos físico-químicos envolvidos para formação do óleo.

Observou-se que não houve uma ligação direta da cadeia produtiva para o processo exploratório, havendo informações do sistema de uma reserva de petróleo entre os tópicos. No Guia as informações foram rearranjadas para não perder o enfoque sobre cada tema. Também foi incluso dados sobre exploração *onshore* e *offshore*, que estavam sendo apresentados de

forma implícita no material do professor. No Guia, foi-se adicionando texto informativo sobre cada processo exploratório, além de fazer um adendo sobre os estudos de geofísica e geologia — referente às atividades exploratórias — deixando explícita suas diferenças e contribuições.

Outro ponto que chamou atenção foram os processos de produção, que foram apresentados como imagens, não sendo apontadas informações detalhadas desta fase e suas características. A Figura 4 mostra de forma condensada como a etapa de produção era apresentada.

Figura 4 - Ilustração de como é introduzido a etapa de produção. Fonte: Autor.



Procurando contextualizar as imagens apresentadas foi inserido um subtópico com informações pertinentes à fase de produção, de modo a divulgar suas características e como é estabelecida dentro da cadeia produtiva, bem como trazer informações de como esta etapa afeta as regiões locais, contemplando o enfoque CTS. Optou-se apenas pelo uso de texto descritivo, devido à forma como é trabalhada durante as aulas — rica em imagens.

As aulas de refino contam com uma apresentação de 92 *slides*, sendo 41 *slides* para o processo de destilação, 21 *slides* para craqueamento, 14 *slides* para as reações primárias, 5 *slides* para as reações secundárias e outros 9 *slides* divididos entre relação vantagens e desvantagens de processos, perda e regeneração do catalisador. Observa-se que o professor tem a intenção de dar ênfase ao processo de destilação, técnica de separação, geralmente, muito abordada nos Cursos Técnicos. Entretanto, nota-se uma falta de informação referente à

fase de refino, não havendo uma introdução para o tópico. Foi acrescentada no Guia uma introdução, de modo a contextualizar as características desta etapa, bem como seus objetivos e subdivisões de processos. Um trecho da introdução é apresentado na Figura 5:

Figura 5 - Trecho de introdução sobre a etapa de refino no Guia. Fonte: Autor.

3.3 Refino

O petróleo é uma mistura de compostos orgânicos e inorgânicos, cuja composição é muito complexa e extremamente difícil de estruturá-la — além de não haver dois petróleos idênticos. Para que possa ser utilizado em escala industrial, é necessário separar os componentes que compõem o petróleo em frações específicas para que se possa ser processado e transformado em seus derivados. É importante ressaltar que todo petróleo tem suas próprias características, que terão uma grande influência no seu destino, pois as técnicas que serão adotadas durante o seu processamento visam transformá-lo no derivado que pode-se obter a maior quantidade possível de produtos e de valor comercial, portanto nem todo derivado pode ser produzido a partir de qualquer petróleo.

Os processos de refino não são definitivos e variam de uma refinaria para outra. Isso se deve, entre muitos motivos, pelo mercado da região se modificar com tempo, além da constante evolução da tecnologia. Entretanto, toda refinaria destina-se a seguir dois objetivos básicos:

Produção de combustíveis e matéria-prima petroquímica: a demanda por combustíveis é de escala global, todas as refinarias brasileiras atuam com uma produção em larga escala para obtenção de gasolina, diesel, querosene, GLP, entre outros.

Produção de lubrificantes básicos e parafina: por ser um grupo com menores componentes, acaba sendo um grupo minoritário, entretanto seus produtos possuem valores agregados maiores que os combustíveis, o que confere uma alta rentabilidade aos refinadores.

Nos *slides* do professor a maior parte das informações descritas sobre o refino são provenientes de obras bibliográficas disponibilizadas pela Petrobras (PETROBRAS, 2002), voltadas para cursos de formação de operadores de refinarias. As mesmas foram acrescentadas ao Guia trabalhando a forma como são descritas, adaptando a linguagem utilizada para o nível de um(a) aluno(a) de Ensino Técnico.

Atentando para o fato que o professor considere os processos de destilação com maior importância, procurou-se trabalhar com essa ideia em mente. Os tipos de destilação foram descritos de maneira concisa, abrangendo suas características e diferenças e ilustrando,

quando possível, através de representações e esquemas. Foi observado também que não há uma indicação da composição dos produtos formados. Termos como α -olefinas e naftênicos não fazem parte do cotidiano de alunos(as) — por vezes não fazem parte do cotidiano de muitos profissionais já formados — portanto, foi adicionada uma breve descrição destes termos para que o(a) aluno(a) tenha noção do que está sendo representado nas reações ilustradas, como indicado na Figura 6:

Figura 6 - Trechos do Guia, trazendo uma breve descrição de determinados compostos. Fonte: Autor.

α -olefinas: são um grupo de compostos orgânicos, os quais são olefinas/alcenos com a fórmula química C_nH_{2n} . Sua característica é possuir uma ligação dupla na posição primária/alfa.



Figura 9 - Estrutura do Hexeno. Números em azul indicam a numeração dos átomos de acordo com a IUPAC. Símbolos em vermelho mostram a nomenclatura comum dos principais átomos da cadeia. A ligação dupla de uma α -olefina está entre os carbonos 1 e 2 (IUPAC) ou alfa e beta (comum). Fonte: Autor.

Naftênicos: Os ciclanos, de fórmula geral C_nH_{2n} , contêm um ou mais anéis saturados e são conhecidos na indústria de petróleo como compostos naftênicos, por se concentrarem na fração de petróleo denominada nafta. São classificados como cicloparafinas, de cadeia do tipo fechada e saturada, podendo também conter ramificações. As estruturas naftênicas que predominam no petróleo são os derivados do ciclopentano e do ciclohexano.

As aulas sobre a qualidade de combustíveis contam com uma apresentação contendo 63 *slides* divididos em: 6 *slides* para introdução das capacidades de um refinador, 14 *slides* para curva de pontos de ebulição verdadeiros, 9 *slides* para densidade relativa e 31 *slides* para controle de qualidade. Mais uma vez observou-se que o professor dá preferência por enfatizar a técnica de destilação, optando por apresentar os ensaios realizados em laboratórios de controle de qualidade por último. Foi feita uma separação dos ensaios em três subtópicos, dividindo cada substância (gasolina, diesel e etanol) com seus respectivos ensaios, optando por deixar as informações referentes à destilação e densidade relativa em cada subtópico, de forma condensada. As informações referentes às capacidades de refinador foram agregadas

com conhecimento sobre as necessidades de se fazer um controle sobre a qualidade dos combustíveis utilizados e suas consequências para a sociedade, além de apresentar, de forma compacta, os aspectos dos cortes necessários para seleção do petróleo.

São apresentadas aos estudantes as normas utilizadas para realização e acreditação dos ensaios utilizando como referência o Laboratório de Combustíveis (LABCOM), localizado dentro do Centro de Combustíveis (CECOM) da UFRGS. Tem-se conhecimento das normas vigentes, devido ao trabalho dentro do laboratório através de bolsa de iniciação científica. As informações foram atualizadas e procurou-se descrever os ensaios realizados para o controle de qualidade dos combustíveis do Estado, ilustrando os equipamentos utilizados para as análises. A Figura 7 traz segmentos do controle de qualidade descritos no Guia:

Figura 7 - Segmentos do Guia, referentes aos ensaios e especificações de combustíveis, ilustrando como procurou-se construir o tópico. Fonte: Autor

As especificações utilizadas se encontram nas seguintes resoluções:

- Resolução nº 40 da ANP, de 25 de outubro de 2013: especificações de gasolinas de uso automotivo.
- Resolução nº 50 da ANP, de 23 de dezembro de 2013: especificações de óleo diesel de uso rodoviário.
- Resolução nº 19 da ANP, de 15 de abril de 2015: especificações de etanol anidro combustível e de etanol hidratado combustível.
 - **Massa específica:** medida através de um densímetro, é uma propriedade diretamente ligada ao teor energético total contido em uma massa ou volume do mesmo e pode denunciar a presença de contaminações. Até o momento da construção deste material não houve limites específicos para a massa específica da gasolina.



Figura 12 - Densímetro utilizado para leitura das massas específicas de gasolina e óleo diesel. Fonte: CECOM.

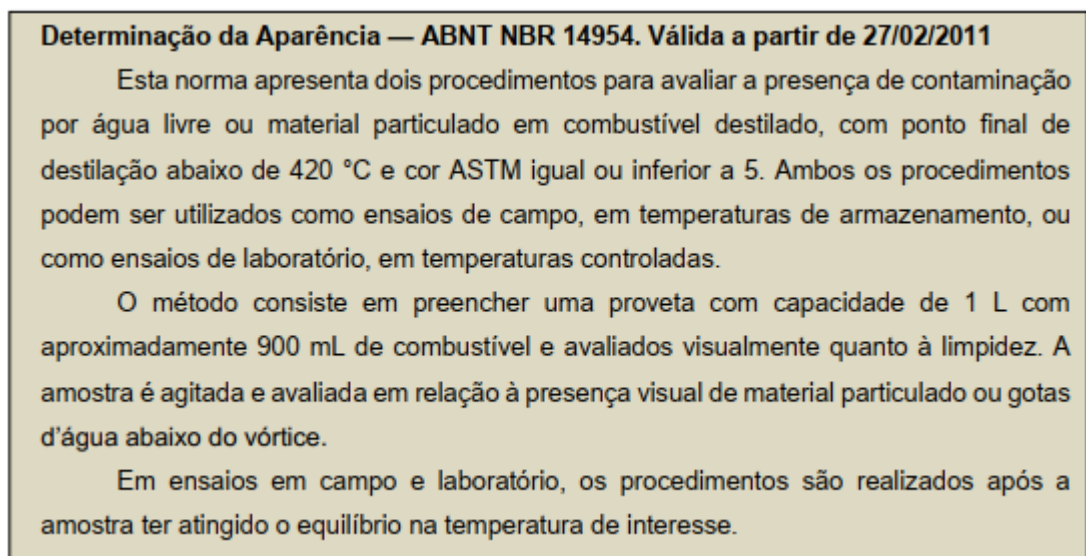
- **Ponto de Fulgor:** É a temperatura mínima em que um óleo aquecido libera vapores suficientes para se inflamar em presença de chama livre, não sendo capaz de manter a chama acesa. O ponto de fulgor varia em função do teor de hidrocarbonetos leves existentes no diesel e não deve ser menor do que 38 °C.



Figura 14 - Medidores de ponto de fulgor de diesel. A esquerda, o medidor automático (TAG) e a direita, o medidor manual (Pensky-Martens). Fonte: CECOM.

Foi adicionado também um tópico contendo as normas e métodos de análise, contendo informações sobre os aspectos necessários para um laboratório ser acreditado, o que caracteriza a validação de seus dados e como se configura como um serviço para a sociedade. A ideia para adição deste tópico parte da experiência desenvolvida em Estágio Docente realizada anteriormente, onde os estudantes fizeram questionamentos referentes à análise de combustíveis para a construção de seus projetos tecnológicos. Como não são informações amplamente divulgadas, e até de certa forma de difícil acesso, procurou-se descrever as normas vigentes utilizando o escopo da norma e resumo do método, bem como seus códigos caso o(a) aluno(a) deseje realizar uma leitura mais aprofundada. A Figura 8 traz um exemplo de como foi disponibilizado tais informações:

Figura 8 - Exemplo de como foi divulgado as informações sobre o ensaio através do seu escopo e resumo do método. Fonte: Autor.



A disciplina encerra o assunto petróleo através de seminários com temas previamente selecionados pelo professor. Compreende-se que as atividades de seminários dão ao estudante a oportunidade de se aprofundar no assunto e se questionar sobre como o petróleo afeta sua vida e traz impactos para a sociedade. Pensando nisso, os temas propostos pelo professor foram mantidos e acrescentados outros que podem despertar interesse pela busca de informações. Além disso, questionamentos norteadores foram adicionados como sugestões para o(a) aluno(a) se guiar durante a construção de sua apresentação, visando destacar processos, etapas e propriedades referentes ao tema escolhido, porém dando ênfase de como

estas características afetam a sociedade, de modo a instigar o(a) aluno(a) a trazer suas perspectivas a respeito do assunto e agregar conhecimento para si e para os demais colegas com participação através do debate pós-apresentação.

Para dar uma maior ênfase ao modelo CTS, problematizações foram inseridas no início de cada capítulo — desde o petróleo até o controle da qualidade — de modo que os(as) estudantes não apenas façam uso do Guia, mas que também o professor possa utilizá-lo para preparação de suas aulas, e até mesmo desenvolver novas atividades com futuras turmas. Entende-se que é importante criar um espaço e momentos que permitam ao(à) professor(a) refletir, criar e elaborar novas ideias, interrompendo com um ensino focado em conteúdos e adotar um modelo de ensino que esteja marcado pelo senso crítico e de responsabilidade (MARCONDES *et al.* 2016). Além disto o professor utiliza listas de exercícios referentes aos combustíveis, abordando desde conceitos básicos de química orgânica até processos físico-químicos. Foram adicionados na elaboração do Guia os exercícios considerados mais pertinentes ao tema, além de adicionar exercícios envolvendo a legislação sobre o petróleo, pois entende-se que o(a) técnico(a) em química deve não apenas ter conhecimento dos processos químicos envolvidos e das etapas de obtenção de petróleo, mas também ter noção de como é controlado e regularizado em território nacional.

5.3 Questionário com Professores em Química

A avaliação do Guia foi realizada por cinco professores do Instituto de Química da UFRGS. Destes, dois são professores nas disciplinas de Orgânica, dois de Ensino de Química e a quinta avaliadora foi a coordenadora do Centro de Combustíveis (CECOM), também professora da área de Química Analítica. O Guia também foi avaliado pelo professor regente da disciplina de Tecnologia Petroquímica do Curso Técnico para o qual foi elaborado o Guia.

As respostas fornecidas pelos professores avaliadores (APÊNDICE C) não indicaram erros conceituais ou a falta de conceitos necessários à compreensão dos procedimentos, entretanto sugeriram o uso da linguagem química universal da IUPAC para expressão de fórmulas gerais de compostos orgânicos e utilização de suas representações em bastão e alteração de unidades.

“Fórmulas químicas - reformatá-las - não debes escrevê-las no modo antigo - observar que as cadeias carbônicas são estendidas e com os átomos de carbono em ziguezague. Não em linha reta.” (Professor de Química Orgânica 1).

“Corrigir a unidade de kJ/mol para: kJ/unidade de reação.” (Professora Coordenadora do CECOM).

“...Além disso, na minha opinião, não seria conveniente substituir a letra n subscrita na fórmula geral dos alcenos por x ou p, tendo em vista que esta expressão C_nH_{2n} é uma linguagem química universal da IUPAC.” (Professora de Química Orgânica 2).

A maioria dos docentes considerou o texto bastante claro e objetivo, sendo que apenas dois sugerem adição e/ou alteração de alguns componentes em suas respostas:

“O material didático produzido está muito bem organizado e apresenta de forma clara e objetiva os principais conceitos sobre petróleo e suas transformações para a formação de um químico.” (Professora de Química Orgânica 2).

“Sim. Texto muito coerente, bem escrito e de fácil leitura.” (Professora de Ensino de Química 1).

“As questões finais são apropriadas - porém aquelas que fazem menção do termo craqueamento são confusas, considerando que no texto foi feito ou propostos conceitos - rever isso.” (Professor de Química Orgânica 1).

“[...] o texto deve ser mais “leve”, trazendo mais possibilidades de figuras, mais exemplos, indicação de textos de consulta, sugestão de sites contendo simulações ou aplicativos sobre o tema [...] Os princípios básicos da indústria do petróleo estão colocados.” (Professor de Ensino Técnico).

Não foi informado explicitamente aos avaliadores que o Guia é um material auxiliar às aulas expositivas, para uso do professor e dos estudantes, ou seja, diversos conceitos serão trabalhados nas aulas expositivas, assim como a apresentação de diversos equipamentos e processos pertinentes a área petrolífera — foi preferido a utilização de textos ao longo do Guia para complementar as ilustrações das apresentações do professor. Entretanto, uma recapitulação de conceitos, bem como uma abordagem adequada de Ensino Médio foram necessidades apontadas pelo professor do Curso Técnico, a fim de que os estudantes possam lembrar e correlacionar o que é trabalhado durante as aulas e complementar o que eventualmente não tenha sido abordado. Em função disso, obteve-se a seguinte resposta:

“Na minha concepção, o Ensino Técnico se diferencia do Ensino Superior, no sentido de apresentar somente o filé mignon dos assuntos. O Ensino Técnico vai direto ao ponto. Os assuntos apresentados devem estar ilustrados com as bases teóricas apresentadas no Ensino Médio necessárias para seu entendimento. Por exemplo: Química Orgânica: Hidrocarbonetos, Cadeia carbônica, Isomeria; Termoquímica: Reações de combustão, Lei de Hess; Propriedades Físicas e Separação de Misturas, Estequiometria, etc...” (Professor de Ensino Técnico).

Todavia, compreende-se que o nível de aprofundamento do curso técnico é superior ao do ensino médio. O estudo superficial dos conteúdos pode não favorecer a apropriação destes e não desenvolver as competências necessárias aos técnicos, tão pouco os valores e princípios do enfoque CTS.

Um destaque feito por um dos avaliadores aponta para um conteúdo de indispensável domínio de um(a) químico(a) e técnico(a) em Química:

“Um ponto que poderia ser contemplado de forma mais intensa são as forças intermoleculares e os impactos delas nas propriedades dos produtos derivados do petróleo. Uma breve revisão sobre a relação entre as propriedades físicas dos compostos orgânicos com as forças intermoleculares pode ser esclarecedora em algumas partes do texto (por exemplo, na p. 21), bem como servir de subsídio aos leitores.” (Professor de Ensino de Química 2).

É importante ressaltar que a construção do Guia foi elaborada pensando em atender à realidade do IFRS — considerando os objetivos específicos detalhados no Plano Político Pedagógico — as concepções pedagógicas do professor que irá utilizá-lo e indo ao encontro com os relatos da literatura (SANTOS, 2007).

Referente ao grau de aprofundamento, o Guia está baseado em materiais já utilizados pelo professor do Curso Técnico, portanto respeitou-se a ordem e aprofundamento dos conceitos, as necessidades apontadas pelo professor bem como a realidade do IFRS e de seus alunos como pontos norteadores para o desenvolvimento do material didático, procurando elaborá-lo de forma a complementar o trabalho realizado e agregar informações pertinentes às apresentações das aulas expositivas.

Com relação ao enfoque CTS, a maioria dos avaliadores consideraram apropriadas a abordagem e contextualização para atingir os princípios básicos da indústria petrolífera, conforme verifica-se nos seguintes trechos de respostas fornecidas pelos avaliadores:

“Sem dúvida, percebe-se no texto um direcionamento neste sentido. Para além do conteúdo de química, o texto aponta na direção do conhecimento que leva ao questionamento sobre o uso das tecnologias e seus impactos na sociedade.” (Professora de Química Orgânica 2).

“Acredito que parcialmente sim. [...] com base em dados que me permitem concluir que o desenvolvimento desta área (petroquímica) só ocorreu com o avanço do conhecimento científico, gerando e alimentando tecnologias que provocaram significativas mudanças nos níveis econômico, político e social em escala mundial. Muitas destas mudanças que ocorreram na sociedade foram contempladas no Guia, o qual foi construído na tentativa de proporcionar aos estudantes o julgamento embasado de fatos, levando em consideração interesses de políticas que muitas vezes não resultaram em desenvolvimento social, o que transmite a ideia de que a Ciência não é neutra, sendo esse um dos objetivos da abordagem CTS.” (Professor de Ensino de Química 2).

No entanto, alguns avaliadores consideraram desproporcional a relação dos três eixos do enfoque CTS, como citado em suas respostas:

“O enfoque C e T está bem claro ao longo de todo o texto. A relação com a sociedade está mais presente nas questões problematizadoras e nos seminários, por isso a importância do detalhamento dessas atividades.” (Professora de Ensino de Química 1).

“Uma crítica ao Guia é que visivelmente (pelo menos em número de páginas) são enfatizados os aspectos científicos e tecnológicos em comparação aos sociais, não há um equilíbrio entre os eixos Ciência, Tecnologia e Sociedade.” (Professor de Ensino de Química 2).

Neste Guia procurou-se desenvolver um balanço entre os três fatores — Ciência, Tecnologia e Sociedade — ao mesmo tempo em que buscava dar o enfoque necessário para um(a) aluno(a) de Ensino Técnico para que se alcançasse os objetivos específicos descritos no Plano Político Pedagógico do IFRS. Além disso, reforçando a ideia de que o Guia foi construído se baseando no material didático do professor, os enfoques Ciência e Sociedade foram preferidos ao longo da construção do Guia, planejando suas inserções em todos os momentos em que se fez necessário. As características das aulas davam um foco muito grande para Tecnologia e por muitas vezes as outras perspectivas não eram ou eram muito pouco trabalhadas.

O ponto principal do Guia, como material didático de perspectiva CTS, está na atividade de seminários, o que foi compreendido pela maioria dos avaliadores. A proposta de atividade e temas sugeridos, bem como as diferentes problematizações foi vista como ponto favorável:

“Por meio desta atividade, percebe-se o real interesse do material, que na minha interpretação é de contribuir com a formação de indivíduos esclarecidos conceitualmente e embasados cientificamente.” (Professor de Ensino de Química 2).

“As perguntas que se apresentam no início dos capítulos (problematização) despertam para a reflexão crítico-social que envolve todo o mecanismo produtivo do petróleo, e que devem ser questionadas pelos futuros químicos ao ingressarem no mercado de trabalho.” (Professora de Química Orgânica 2).

Algumas questões pertinentes foram levantadas pelos professores:

“Cada capítulo apresenta algumas perguntas problematizadoras, no entanto não há descrição de como será feita a discussão: debate em grupo? Brainstorming?” (Professora de Ensino de Química 1).

“Em que os conceitos apresentados em cada capítulo permitem responderem as questões propostas nas problematizações?” (Professor Técnico em Química).

É importante destacar que o Guia foi elaborado de forma a tornar versátil a maneira como as aulas são elaboradas, dar mais opções de trabalho ao professor, não se limitando a apenas uma maneira de abordagem, além de flexibilizar o conteúdo programático. Trazer essas problematizações não é apenas questionar o(a) aluno(a), alertando para um determinado contexto, mas também é uma maneira de induzir o professor a se questionar como ele pode trabalhar determinado tema dentro do conteúdo e procurar alternativas para fazê-lo. Entende-se que o processo de ensino-aprendizagem pode ser um tema de investigação, trabalhar diferentes abordagens é uma forma romper com o ensino tradicional, focado apenas na relação pergunta-resposta. As problematizações foram pensadas em trazer diferentes respostas, com pontos de vistas diferentes de cada estudante. A maneira como estas questões serão trabalhadas e como serão buscadas as respostas — ou mais questionamentos — cabe ao professor interpretar e dar o espaço necessário.

Sobre a adequação do material didático para Ensino Técnico, os avaliadores consideram favorável a utilização do Guia:

“Vejo o Guia proposto como um glossário que facilita muito a compreensão do tema e torna a leitura bastante fluida. Aborda todo ciclo da cadeia petrolífera sob o ponto de vista químico, desde a sua formação, transformação e análise da qualidade. O nível de aprofundamento está excelentemente colocado, apresentando de forma concisa os aspectos técnicos dos processos físico-químicos petrolíferos.” (Professora de Química Orgânica 2).

“Sim, principalmente a Tarefa dos seminários, em que será proporcionada aos alunos a oportunidade de refletirem sobre os impactos, aplicações, efeitos positivos e negativos da atividade petroleira no Brasil e mundo.” (Professor de Ensino de Química 2).

“A contextualização foi bem atendida - com vários enfoques - produção, ambiental, social e econômica.” (Professor de Química Orgânica 1).

Na versão final do Guia, apresentada neste trabalho, todos os erros de digitação e formatação apontados pelos docentes foram devidamente corrigidos.

Diversas sugestões foram consideradas para aprimoramento do material elaborado, como a inclusão de aspectos econômicos atuais, inclusão de características de derivados de petróleo através de conceitos básicos de química orgânica e inserção das definições da IUPAC para compostos orgânicos, assim como correção de unidades e termos. Acréscimos como estes permitem a interação do aluno com uma linguagem contextualizada e técnica, além de terem uma noção mais contemporânea sobre os efeitos do petróleo na economia.

6. CONCLUSÃO

O Guia de Combustíveis Derivados de Petróleo desenvolvido neste trabalho buscou atender às necessidades apontadas pelo professor do Curso Técnico, por meio da reestruturação dos materiais que vinham sendo utilizados, associados com o enfoque Tecnologia e Sociedade, não apenas Ciência. Compreende-se que a ciência contextualizada e atividades que promovam a participação através de debates, pesquisas e discussões, com a mediação do professor, tendem a aumentar o interesse pela ciência e suas relações com a sociedade e a tecnologia (MARCONDES *et al.*, 2009). Além disso, a adequação do material didático facilita a aproximação dos(as) alunos(as) com o professor regente da disciplina, permitindo ao professor analisar diferentes formas de se trabalhar os conteúdos da disciplina, e aos estudantes de interagir mais durante as aulas, de forma participativa. Instigar a mudança de atuação de um professor através de questionamentos e reflexões se faz necessário para uma mudança didática (MARCONDES *et al.*, 2009).

As avaliações dos professores do nível superior foram semelhantes em muitos pontos, com aprovação na abordagem CTS e a utilização do Guia em Ensino Técnico. Quando se comparou a avaliação dos professores de Ensino Superior com o professor de Ensino Técnico notou-se muitas discrepâncias. Entende-se que a maioria delas pela interpretação deste profissional sobre os objetivos do Ensino Técnico e da forma de abordar os conteúdos neste nível de ensino. Em geral, o texto foi considerado simples e claro e seu aprofundamento adequado para o nível técnico.

Ademais, a atividade de seminário e as problematizações propostas foram consideradas adequadas para o desenvolvimento de atitude consciente sobre a área petrolífera, realizando algumas modificações no material didático, como apontado pelos avaliadores, com o intuito de aproximá-lo dos princípios CTS e de torná-lo um material mais completo e atualizado, diferenciando-o de materiais já existentes sobre o tema principal.

A elaboração de um material didático que contemple não apenas conceitos químicos, mas que também abrange questionamentos que envolvam situações dentro da sociedade, tornam o aprendizado mais significativo e auxiliam o processo de ensino-aprendizagem (NECTOUX, 2016). Assim, é possível o desenvolvimento de novas perspectivas e ações que conscientizam acerca da responsabilidade e fomentar a construção do caráter como cidadão crítico na qual estão envolvidos os(as) futuros(as) técnicos(as) em química.

Dessa forma, compreende-se que o material elaborado neste trabalho pode contribuir com a formação de futuros profissionais em Química, bem como proporcionar ao professor atuante alternativas para elaboração suas aulas através de um conjunto de informações e ferramentas disponíveis, cabendo ao próprio interpretar sua maneira de uso. Ademais, após a conclusão deste trabalho, o material será disponibilizado para os(as) professores(as) do IFRS, cabendo aos próprios decidirem se deverão usá-lo e como o farão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. dos S. **Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS.** Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia, v. 2, n. 1, p. 67-84, 2009.

BISCHOFF, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para análise de unidades temáticas.** 2018. 140 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. **Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências.** Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm>. Acesso em: 06 de agosto de 2019.

BRASIL. Resolução nº 6 de 20 de setembro de 2012. **Define Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio,** 2012. Acesso em: 02 de setembro de 2019.

CANAL TÉCNICO. **Material didático para ensino profissional e técnico: importância e vantagens de sua aplicação.** Disponível em <www.canaltecnico.somosensinotecnico.com.br/material-didatico-educacao-profissional-tecnica>. Acesso em 07 de agosto de 2019.

CARVALHO, J. F. de. **Combustíveis fósseis e insustentabilidade.** Ciência e cultura, v. 60, n. 3, p. 30-33, 2008.

DRUMM, F. C. *et al.* **Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2014.

EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. **A produção de material didático como estratégia de formação permanente de professores de ciências.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 9, n. 3, 2010.

FILHO, R. F. **Conta petróleo e a balança comercial brasileira: uma análise do período recente.** Novos estudos CEBRAP, n. 101, p. 79-95, 2015.

FONSECA, M. S.; BORGES, A. T. **A produção de material didático e o desenvolvimento profissional de professores de ciências.** In: Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências, II., 1999, Valinhos, SP. Anais...Valinhos, 1999.

GONDIM, M. S. da C.; SANTOS, W. L. P. dos. **CTS e ensino de Química: um olhar do que tem sido feito com perspectiva para o futuro.** Encontro Nacional de Ensino de Química, XVIII., 2016, Florianópolis, SC. Anais...Florianópolis, 2016. p. 1-12.

HALMENSCHLAGER, K. R. **Abordagem de temas em Ciências da Natureza no Ensino Médio: implicações na prática e na formação docente.** 2014. 373 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

IFRN. **Projeto pedagógico do curso de formação inicial e continuada ou qualificação profissional em produção de material didático na modalidade a distância,** 2014.

IFRS. **Projeto político pedagógico do curso técnico em química do Instituto Federal do Rio Grande do Sul,** 2013.

LIBERATO. **Plano do curso técnico de química integrado ao ensino médio da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha,** 2010.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MACIEL, K. de F. **O pensamento de Paulo Freire na trajetória da educação popular.** Educação em Perspectiva, v. 2, n. 2, p. 326-344, 2011.

MARCONDES, M. E. R. et al. **Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de química em formação continuada.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 14, n. 2, p. 281-298, 2009.

MENDES, A. F. **Mercado futuro de petróleo: origem e desenvolvimento.** 2003. 46 f. Monografia de Bacharelado em Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

NECTOUX, A. da S. **Reestruturação de material didático para atividades práticas de química analítica segundo os princípios dos 3r's.** 2016. 157 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

OLIVEIRA, F. C.C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. dos. **Biodiesel: possibilidades e desafios.** Química Nova na Escola, v. 28, n. 3, 2008.

PETROBRAS, EQUIPE. **Curso de Formação de Operadores de Refinaria: Processos de Refino.** 2002

PISA, O. E. C. D. Programme for international students assessment (PISA). **Results from PISA 2015.** Disponível em <<https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Brazil-PRT.pdf>>. Acesso em: 06 de agosto de 2019.

SANTOS, F. S. dos. **A construção de material didático contextualizado como subsídio para as aulas de Ciências do ensino fundamental (II): uma experiência colaborativa em Cubatão, SP.** 2009. 323 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SANTOS, F. M. T. dos. **Unidades temáticas - produção de material didático por professores em formação inicial.** Experiências em ensino de Ciências, v. 2, n. 1, p. 01-11, 2007.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira.** Ensaio Pesquisa em educação em ciências, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.

SILVA, S. A. da. **Elaboração e avaliação de material didático para apoio no ensino de cálculo estequiométrico em um curso técnico de química.** 2014. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS PROFESSORES E TÉCNICOS E TERMO DE CONSENTIMENTO

Apresentação da proposta

Prezados Professores,

O material didático que está sendo enviado para sua avaliação foi desenvolvido para a disciplina Tecnologia Petroquímica de um Curso Técnico em Química, e aborda tanto aspectos teóricos quanto sociais da área de petroquímica, contextualizando e realizando uma transposição didática do material disponível na literatura. Desta forma, considerou-se a utilização da abordagem CTS para a elaboração do referido material didático de título: GUIA DE COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE PETRÓLEO – TECNOLOGIA PETROQUÍMICA.

A elaboração e análise do Guia, objetivos deste Trabalho de Conclusão de Curso, analisa a viabilidade da utilização de um material didático de apoio para a disciplina de Tecnologia Petroquímica devido à escassez de material sobre a área, a nível de Ensino Técnico. A ideia do Guia é de que apresente o potencial de contextualizar os conteúdos conceituais da química com uma possível área de atuação dos(as) futuros(as) técnicos(as). Entendemos que um material didático desta natureza pode apresentar algumas vantagens, como o contato com o conteúdo programático de forma flexibilizada de acordo com o perfil de alunos(as) e professores(as), o engajamento de professores(as) e alunos(as) no estudo destes, e a atualização constante do material de acordo com as novidades do mercado

Neste sentido, gostaríamos de solicitar sua participação nesta pesquisa através da análise sobre como foram abordados os conteúdos no Guia e se este contempla a abordagem CTS, assim como a forma. Com isto, teremos elementos adicionais para realizar uma análise crítica do material, procurar corrigir eventuais falhas e melhorar o texto e as atividades propostas.

Caso você concorde em participar desta pesquisa e permita o uso de suas impressões e críticas a respeito do material, continue a partir deste ponto. Se não for de seu consentimento, não é necessário responder a pesquisa.

Expresse sua opinião livremente. Sinta-se à vontade para fazer qualquer comentário adicional. Desde já agradecemos a presteza em nos fornecer seu parecer. É pertinente salientar que se for de seu interesse, este material poderá ser disponibilizado através de solicitação por e-mail (fernando.saldanha@ufrgs.br).

Abaixo, listamos os pontos que consideramos críticos para análise da proposta, que pode servir de guia para o seu parecer.

1. Há necessidade de alguma correção conceitual? Qual(is)?
2. É observada a falta de algum conceito fundamental para compreensão sobre os princípios básicos da indústria petroquímica ou da extração do petróleo e refino de seus derivados? Qual(is)?
3. Há clareza na explanação dos conceitos, processos e os princípios básicos da indústria petroquímica?
4. O aprofundamento do texto e das atividades propostas são adequadas para uso no Ensino Técnico em Química?
5. Você acredita que o Guia aborda os princípios básicos da indústria petroquímica de forma contextualizada segundo o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)?
6. As atividades propostas como questões problematizadoras e temas para os seminários favorecem o desenvolvimento do enfoque CTS a partir do tema petróleo e seus derivados? Se não, como este aspecto poderia ser abordado?

APÊNDICE B – GUIA DE COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE PETRÓLEO –
TÉCNOLOGIA PETROQUÍMICA

GUIA DE COMBUSTÍVEIS DERIVADOS DE PETRÓLEO – TECNOLOGIA PETROQUÍMICA

Autor: Fernando Ferreira Saldanha

Coautores:

Arthur Vieira Segaspani

Francisco de Almeida Lemos

Luciana Martens Scherer

Mariana Sales Cardoso dos Santos

SUMÁRIO

1 – PREFÁCIO	3
2 – O PETRÓLEO	Erro! Indicador não definido. 4
2.1 A importância do petróleo	Erro! Indicador não definido.
2.2 A formação do petróleo	Erro! Indicador não definido.
2.3 Estágios de transformação da matéria orgânica	Erro! Indicador não definido. 9
2.4 Conversão do querogênio em petróleo.....	Erro! Indicador não definido.
3 – CADEIA PRODUTIVA DO PETRÓLEO	Erro! Indicador não definido. 13
3.1 Exploração.....	14
3.2 Produção	17
3.3 Refino	18
3.3.1 Destilação.....	19
3.3.2 Craqueamento.....	22
3.3.3 Reações Primárias	24
3.3.4 Reações Secundárias/Reforma Catalítica.....	26
4 – CONTROLE DE QUALIDADE	28
4.1 Análises de Gasolina.....	30
4.2 Análise de Óleo Diesel	32
4.3 Análise de Etanol Combustível	34
5 – NORMAS E MÉTODOS DE ANÁLISE	36
6 – SEMINÁRIOS	42
7 – EXERCÍCIOS	44
8 – REFERÊNCIAS	51

1 – PREFÁCIO

A disciplina de Tecnologia Petroquímica oferece aos estudantes a oportunidade de desenvolverem habilidades e o conhecimento sobre a área petroquímica. Oferece também a oportunidade de conhecer os equipamentos de uma empresa petrolífera e as reações que acontecem dentro de uma refinaria, bem como a interpretação de diferentes dados obtidos a partir destas análises relacionando-as com conteúdos conceituais. Além disso, as atividades propostas, como os trabalhos em grupo ao longo do semestre estimulam a discussão dos processos e impactos que o petróleo traz para a sociedade, além de permitir o uso da linguagem química em nível representacional, fenomenológico e submicroscópico. O seminário também tem este objetivo, assim como o de familiarizar os estudantes com fontes de referências sobre petroquímica e a possibilidade do desenvolvimento de argumentação sobre os enfoques políticos, tecnológicos, sociais e ambientais correlacionados ao tema petróleo. Neste sentido, este guia oferece uma gama de informações condensadas sobre os combustíveis derivados de petróleo, e foi construído pensando em servir de subsídio para as aulas da disciplina de Tecnologia Petroquímica, para que os estudantes possam ter uma melhor visualização de uma potencial futura área de atuação, bem como ser um material de auxílio para construção de projetos tecnológicos. O guia apresenta uma questão problematizadora no início de cada capítulo para favorecer o desenvolvimento dos conteúdos conceituais a partir do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) de contextualização.

Esperamos que você aproveite esta oportunidade,

Professores do curso de Tecnologia Petroquímica e Autores

2 – O PETRÓLEO

Problematização: Quais as origens do petróleo? Historicamente a busca pelo domínio da extração e comercialização do petróleo e seus derivados fomentam ações sociais, tecnológicas e científicas de que natureza?

2.1 A importância do petróleo

No Brasil há registros de início de atividades petrolíferas desde o século XIX, entretanto foi com o declínio das atividades mineradoras que em 1944 foram contratadas firmas de consultoria para supervisionar as atividades de exploração e dar início a formação de geólogos no Brasil. Antes deste período, o Brasil se resumia a um importador de derivados, principalmente a querosene, utilizada principalmente para iluminação de regiões onde companhias de gás de iluminação não haviam chegado. Em meados de 1910 e 1920 a América Latina surge como potencial consumidor de querosene. Empresas estrangeiras começavam a investir devido ao acirramento da concorrência por matéria prima, principalmente depois da Primeira Guerra Mundial. O comércio por gasolina para aviação se intensificou em 1927 devido ao avanço da aviação comercial e militar brasileira, mesmo período em que as grandes companhias de petróleo exerciam total controle do comércio de derivados dentro do Brasil. O óleo diesel encontrou mercado apenas onde motores de combustão interna eram empregados: pequenos geradores de energia elétrica, locomotivas e navios, um resquício do que a Primeira Guerra Mundial deixou para o mundo. Pela primeira vez foi usado o submarino com motor diesel e aviões usados como arma, foi então que a alteração do petróleo em utilizações de guerra e seus derivados fizeram que seu controle virasse questão de interesse.

Mesmo sendo a fonte de energia não renovável mais abundante atualmente, as estruturas de custo diferem entre uma região e outra devido à desigual distribuição de petróleo ao redor do mundo, havendo constantemente disputas pela renda petrolífera — composta pela renda diferencial que surge das diferenças de estruturas de produção e custos e da renda de monopólio que provém do poder de mercado das empresas.

Após o fim da Segunda Guerra Mundial o petróleo se tornou a principal fonte de energia em escala global, onde os EUA se tornaram um país importador líquido de petróleo e o maior consumidor desde o surgimento da indústria. A partir dos choques petrolíferos da década de 1970 instalou-se um novo regime de geração de preços do petróleo, influenciado principalmente pela sua estrutura de oferta e demanda, o desenvolvimento e as inovações tecnológicas, além das relações político-econômicas, elevando bruscamente o preço do petróleo.

No Brasil a história recente do abastecimento de bens e serviços para a indústria de petróleo enfatiza a falta de sustentabilidade do mercado interno. Em meados dos anos 1970 e 1980 a Petrobras investiu fortemente no mercado interno para ampliar o parque de refino com a montagem de plataformas marítimas e encomendas de navios. Entretanto com o avanço da produção de petróleo para águas mais profundas durante os anos 1990, a Petrobras se viu com a necessidade de recorrer a importação de novas tecnologias de produção *offshore*¹, adquirindo plataformas especiais no exterior. Na Figura 1 apresenta-se um exemplo de plataforma *offshore*.



Figura 9 - Plataforma P-51 da Petrobras instalada na Bacia de Campos, é um exemplo de plataforma *offshore*. Fonte: O Globo.

Entretanto, sem encomendas locais as plataformas brasileiras foram desativadas, o que levou ao fim de vários programas de investimento, tanto na área

1. Construção de estruturas em ambiente marinho para produção e transporte de recursos.

de petroquímica como no parque fornecedor de materiais e equipamentos, acarretando o fechamento de inúmeras empresas de engenharia, fabricação de peças, equipamentos e outros componentes mecânicos além de outros serviços. A partir dos anos 2000 houve um novo ciclo de acúmulo de grandes volumes e compras voltado para o mercado interno.

A Petrobras havia dominado a tecnologia de sistemas de produção de petróleo em águas profundas de grande porte no Brasil (Tabela 1), tendo contratado diversas plataformas entre 2000-2006, abrindo espaço para um futuro promissor com novas e excelentes oportunidades de crescimento do mercado. Porém a variação cíclica de demanda é o principal problema prático que as empresas fornecedoras enfrentam, com altos picos seguidos de grandes baixas qualquer empreendimento comercial tem seu desempenho desestabilizado.

Tabela 1 - As 10 maiores empresas do mundo em pesquisa realizada em 2009. Fonte: Thomson Reuters e FT Global 500; Disponível em <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2010/09/24/petrobras-deve-ficar-entre-as-cinco-maiores-empresas-do-mundo.htm>. Acesso em 09 de setembro de 2019.

Posição	Empresa	País	Setor	Valor de Mercado*
1º	Exxon Mobil	EUA	Petróleo	311,26
2º	PetroChina	China	Petróleo	264,99
3º	Apple	EUA	Tecnologia	263,95
4º	Petrobras**	Brasil	Petróleo	216,69
5º	Microsoft	EUA	Tecnologia	211,41
6º	Bank of China	China	Financeiro	211,14
7º	China Mobile	China	Telecomunicações	206,36
8º	Berkshire Hathaway	EUA	Financeiro	200,69
9º	Wal-Mart	EUA	Varejo	195,10
10º	General Eletric	EUA	Varejo	172,56

* Valor de mercado em 23/09 em bilhões de US\$.

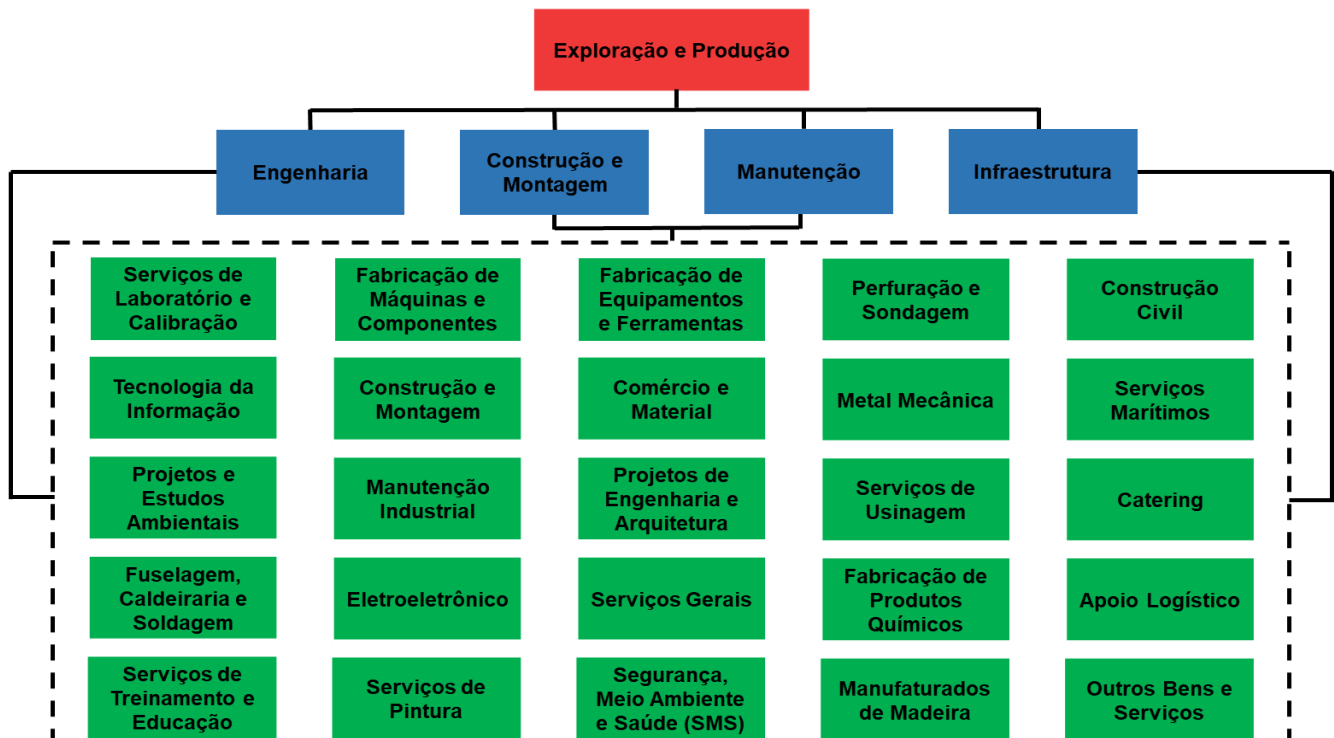
** Os US\$ 216,69 referem-se ao valor de mercado da Petrobras após o fechamento das bolsas em 23/09, que foi de US\$ 146,69, mais os cerca de US\$ obtidos com a capitalização

Para atender a demanda das atividades petroleiras, abre-se espaço para pequenas e médias empresas se envolverem neste universo tecnologicamente

1. Construção de estruturas em ambiente marinho para produção e transporte de recursos.

complexo, visto que a confecção de produtos e serviços vão desde pequenas peças e equipamentos relativamente simples, até serviços de alta qualidade e ferramentas de alta tecnologia que muitas vezes envolvem difíceis processos de importação.

Em diversas regiões do país onde ocorre essa moção — principalmente no setor de petróleo e gás — grandes empresas como a Petrobras atuam como empresa-mãe, motivando a articulação de companhias, e até mesmo a formação de novas microempresas, para auxiliar no fornecimento local, estabelecendo o modelo *top-down*². Em 2003 a Petrobras estabeleceu a Rede de Cooperação da Cadeia Produtiva do Petróleo e Gás em Sergipe, também chamada de Rede Petrogás/SE, composta por instituições de fomento, universidades, governos, grandes e médias empresas lideradas pela Petrobras e pequenas e microempresas abastecedoras. Com o esquema 1 ilustra-se a cadeia produtiva de petróleo e gás.



Esquema 1 - Esquema simplificado da cadeia produtiva de petróleo e gás. Adaptado de MARTINS e SANTANA, 2014.

2. É um modelo de estratégia de processamento de informação e ordenação de conhecimento.

2.2 A formação do petróleo

Durante milhares de anos, a matéria orgânica acumulada no fundo de mares e oceanos sofreu ação de microrganismos e foi submetida a condições elevadas de temperatura e calor, resultando em sua transformação para o petróleo. Do latim, *petrus* (pedra) e *oleum* (óleo), o petróleo é extraído das rochas denominadas de rochas reservatório, e sua ocorrência está quase sempre associada a rochas sedimentares, entretanto sua formação e acumulação em uma bacia sedimentar se dá por uma série de fatores:

- a) A presença de rochas com matéria orgânica em abundância, chamadas de rochas geradoras. Uma rocha geradora deve possuir matéria orgânica em quantidade e qualidade adequada, bem como ter sido submetida ao estágio de evolução térmica necessária para a degradação de querogênio (fração orgânica insolúvel em solventes orgânicos). Essas rochas são normalmente constituídas de material detrítico de granulometria muito fina provenientes de antigos ambientes sedimentares de baixa energia e que experimentaram explosões de vida microscópica (MILANI *et al.* 2000 *apud* SILVA, 2007);
- b) As rochas geradoras devem estar submetidas a condições de pressão e temperaturas adequadas. O processo de geração do petróleo ocorre através de uma série de reações termoquímicas, que dependem da maturação térmica (função da temperatura e tempo geológico) que transformam o querogênio em óleo ou gás (TISSOT e WELTE, 1984, *apud* SILVA, 2007);
- c) A existência de rochas reservatório, que apresentam porosidade e permeabilidade adequada para a acumulação e produção de petróleo até a superfície, sendo retido em rochas denominadas selantes;
- d) Presença das rochas selantes, que são rochas de baixa permeabilidade associada com alta pressão capilar, de modo a impedir o escape do petróleo;

Um arranjo geométrico das rochas reservatório e selante que favoreça a acumulação de um volume significativo de petróleo. As rochas selantes e as rochas

reservatório quando associadas adequadamente formam a trapa. Essa configuração geológica (arranjo espacial) possibilita a acumulação de petróleo.

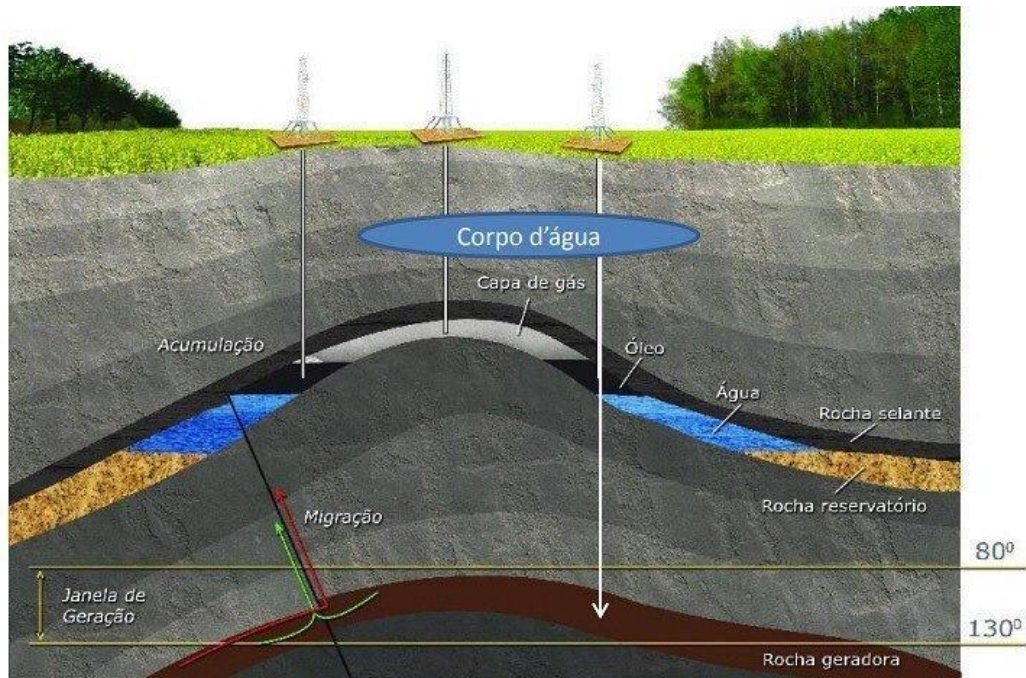


Figura 10 - Estrutura de um sistema petrolífero. Fonte: Portal do Petroleiro.

O petróleo gerado nessas rochas é expulso da rocha geradora (processo de migração primária), e se desloca através do meio poroso até as trapas (processo de migração secundária), como ilustra-se com a Figura 2.

2.3 Estágios de transformação da matéria orgânica

A matéria orgânica preservada nas rochas sedimentares passa por um processo de transformação que envolve três etapas:

- **Diagênese (Estágio Imaturo)**

Essa fase é caracterizada pela presença de compostos orgânicos funcionalizados (álcoois, cetonas, aldeídos etc.). É nesta etapa que os hidrocarbonetos, derivados dos organismos vivos, aparecem e podem ser considerados fósseis geoquímicos, pois apresentam características estruturais que se relacionam com sua origem biogênica.

Com o aumento da profundidade, começam a acontecer as primeiras transformações de rearranjo espacial das moléculas presentes, e quando as devidas condições de pressão e temperatura são atingidas, as ligações carbono-

heteroátomo são rompidas e acabam eliminando gás oxigênio.

Os primeiros produtos desta etapa são compostos de alta massa molecular (asfaltenos e resinas) e ricos em heteroátomos, principalmente nitrogênio, enxofre e oxigênio (NSO). Há também a formação de gás metano, entretanto apenas em pequenas quantidades.

- **Catagênese (Estágio Maduro)**

É o principal estágio de geração de óleo e gás úmido. Conforme o aumento de temperatura, mais ligações são rompidas, nesta etapa havendo a quebra de ligações carbono-carbono (C-C). Hidrocarbonetos alifáticos, derivados principalmente da fração NSO, na faixa de 15 até 30 carbonos, podendo ocorrer também mais formação de gás metano.

As quebras das ligações C-C se tornam mais frequente à medida que as condições de soterramento e temperatura aumentam, levando à formação de hidrocarbonetos de mais baixa massa molecular, os chamados hidrocarbonetos leves (metano, etano, propano, butano).

- **Metagênese (Estágio Senil)**

Durante a catagênese há a eliminação da matéria orgânica lábil (moléculas muito reativas do ponto de vista bioquímico), e nesta nova etapa ocorre uma reorganização estrutural e as moléculas de hidrocarbonetos se rompem com mais facilidade, aumentando a produção de gás metano, também chamado de gás seco (Figura 3).

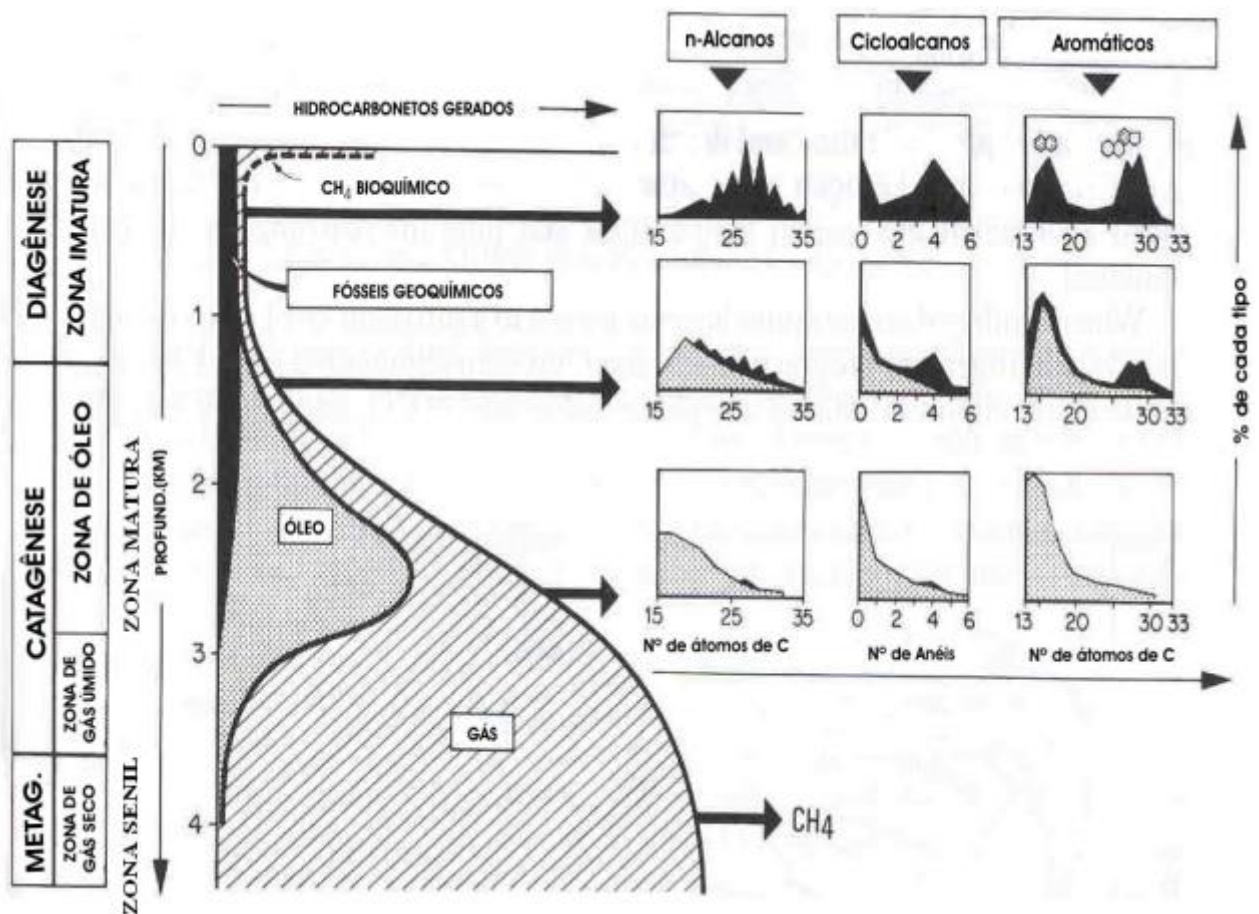


Figura 11 - Esquema geral de formação dos hidrocarbonetos como função do soterramento das rochas geradoras. Fonte: TISSOT e WELTE, 1984, apud SILVA, 2007.

2.4 Conversão do querogênio em petróleo

A matéria orgânica depositada juntamente com os sedimentos é convertida por processos bacterianos e químicos, durante o soterramento, em querogênio, que contém pequena quantidade de nitrogênio e oxigênio. Este processo é acompanhado pela remoção da água presente no sistema, por compactação, e pelo craqueamento térmico do querogênio, em condições de temperaturas relativamente elevadas (RIBEIRO, 2011).

O processo que envolve a degradação do querogênio pode ser descrito através da cinética como uma reação de primeira ordem. A conversão de querogênio é controlada pela taxa de reação em função da temperatura, descrito pela Lei de Arrhenius.

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Onde o parâmetro A é denominado fator pré-exponencial ou fator de frequência, E_a é a energia de ativação empírica de Arrhenius, R é a constante dos gases ideais, T é a temperatura e k é a constante de velocidade. A hipótese de Arrhenius encontra apoio na Teoria Cinética dos Gases. A fração de moléculas com energia superior a um certo valor cresce marcadamente com a temperatura, o que explica o aumento da velocidade das reações químicas quando a temperatura

Equação 1 - Equação de Arrhenius. Fonte: Schirino, 2013.

Os tipos de querogênio são classificados quimicamente conforme a abundância dos elementos de carbono, hidrogênio e oxigênio. As razões mais comumente utilizadas na classificação de macerais são H/C e O/C (VAN KREVELLEN, 1961, *apud* RIBEIRO, 2011) e apresentam comportamento cinético distintos, um reflexo de suas diferentes composições

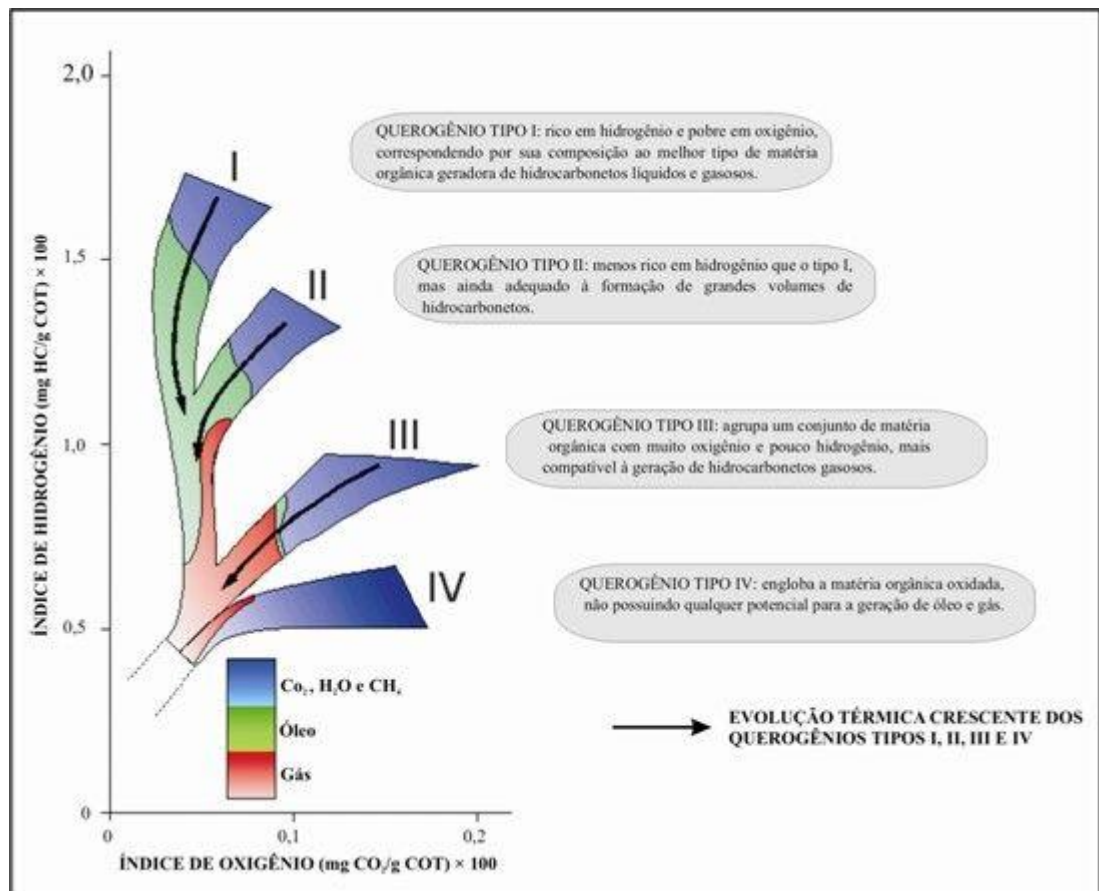


Figura 4 - Diagrama de Van Krevelen. Fonte: ESPITALIÉ et al, 1985. Modificado de VAN GIJZEL, 1982 apud COELHO, 2014.

3 – CADEIA PRODUTIVA DO PETRÓLEO

Problematização: O que é possível esperar da área petroquímica para o futuro? Como a população se beneficia do mercado petrolífero? A indústria petrolífera é uma área financeiramente viável ou o país deveria visar outras fontes mais rentáveis de combustíveis?

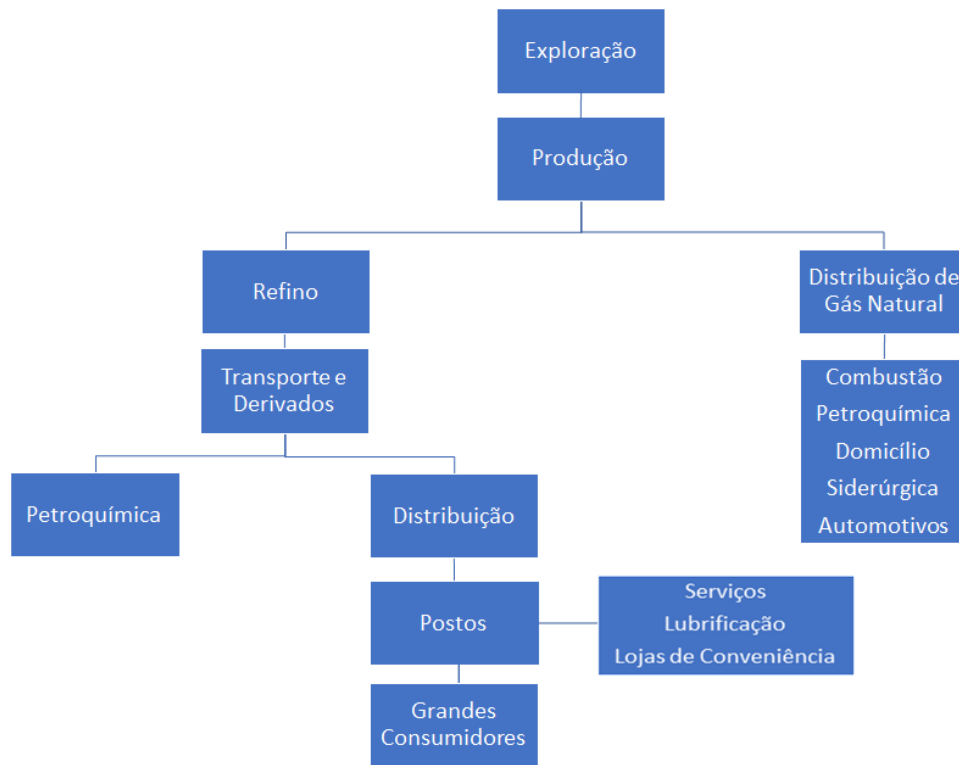
Os processos desenvolvidos ao longo da Segunda Guerra tinham como objetivo transpor a dificuldade de importação de petróleo, imposta pelo embargo naval dos países aliados, sem que houvesse a preocupação em competir com a trajetória dominante. Entretanto, a nova trajetória em combustíveis líquidos, ainda que não conteste de forma efetiva o processo de refino, traz à pauta da indústria petrolífera mundial uma forte conotação de complementaridade (DUNHAM, 2003).

Embora de pouca utilização em estado natural, o petróleo, quando refinado, fornece combustíveis, lubrificantes, solventes, material de pavimentação e muitos outros produtos.

Os combustíveis derivados do petróleo respondem por mais da metade do suprimento total de energia do mundo. Tanto pela combustão direta quanto pela geração de eletricidade, o petróleo fornece iluminação para muitos povos do mundo. Seus subprodutos são também utilizados para a fabricação de tecidos sintéticos, borracha sintética, sabões, detergentes, tinta, plásticos, medicamentos, inseticidas, fertilizantes, etc. Por exigir vultosos investimentos iniciais e contínuos reinvestimentos, apenas companhias de grande porte asseguram o desenvolvimento da indústria petrolífera.

Existem diversos segmentos que definem a cadeia de produção petrolífera, indo desde a descoberta do petróleo até o momento de chegar ao consumidor (Esquema 2). Para uma melhor percepção do caminho que o petróleo percorre, é necessário classificar as suas atividades em blocos. Três grandes blocos podem ser construídos organizando todas as suas etapas:

- *Upstream*: estão presentes neste grupo as etapas de exploração e produção de petróleo e/ou gás.
- *Midstream*: engloba as atividades de transporte, é onde ocorre o deslocamento do petróleo de seus campos de produção, através dos navios-tanque e oleodutos, para as refinarias.
- *Downstream*: também chamado de bloco de abastecimento, constitui as atividades de refino, distribuição e comercialização.



Esquema 2 - Fluxograma da Cadeia Produtiva da Indústria do Petróleo. Adaptado de Sistema de Informação sobre a Indústria Química (SIQUIM).

3.1 Exploração

A etapa de exploração é considerada uma atividade de alto risco e de custo elevado, envolvendo diversos fatores para se obter sucesso. Determinar um local para exploração implica em diversos investimentos para avaliar a área descoberta, identificar jazidas e viabilizar os procedimentos de extração, o que só é possível através de muitos estudos, como a geofísica do local — para realizar um levantamento que conste a possibilidade da existência de petróleo — sismologia, modelagem e processamento de dados, além de uma vasta multiplicidade de tecnologias, como a sondagem e a perfuração.

As atividades exploratórias envolvem a aquisição de dados sísmicos, gravimétricos, magnetométricos, geoquímicos, perfuração e avaliação de poços, dentre outras, no Brasil devendo obrigatoriamente contemplar o cumprimento do Programa Exploratório Mínimo (PEM) acordado com a ANP³.

A exploração é um processo que demanda muito tempo, levando em torno de 8 anos para conclusão de todas suas etapas, o que leva a ser dividida em duas

3. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

partes: uma primeira fase de estudos geofísicos e geológicos e uma segunda fase para a perfuração de poços de prospecção.

Geofísica: estuda as características das rochas e identifica suas estruturas, composição e propriedades físicas, possibilitando obter informações sobre o solo e delimitar uma área com maiores probabilidades de encontrar um campo de petróleo.

Geologia: a geologia de superfície pode prever o comportamento das rochas em grandes profundidades analisando suas características, possibilitando estimar a presença de óleo e volume de reservas.

Outra ferramenta utilizada é a sísmica, é um método de prospecção geofísica que consiste na emissão e captação de ondas sísmicas para estimar as propriedades em subsuperfície. A emissão se dá através de uma fonte artificial, de energia controlada, que gera uma onda. Essa onda se propaga no interior da Terra e sofre vários efeitos, tais como refração, difração e reflexão e após a propagação, as ondas são captadas por receptores em superfície e as informações recebidas chegam na estação base (Figura 5). O tempo de chegada de cada frente de onda nos receptores localizados na superfície informa algumas propriedades do que há em subsuperfície.

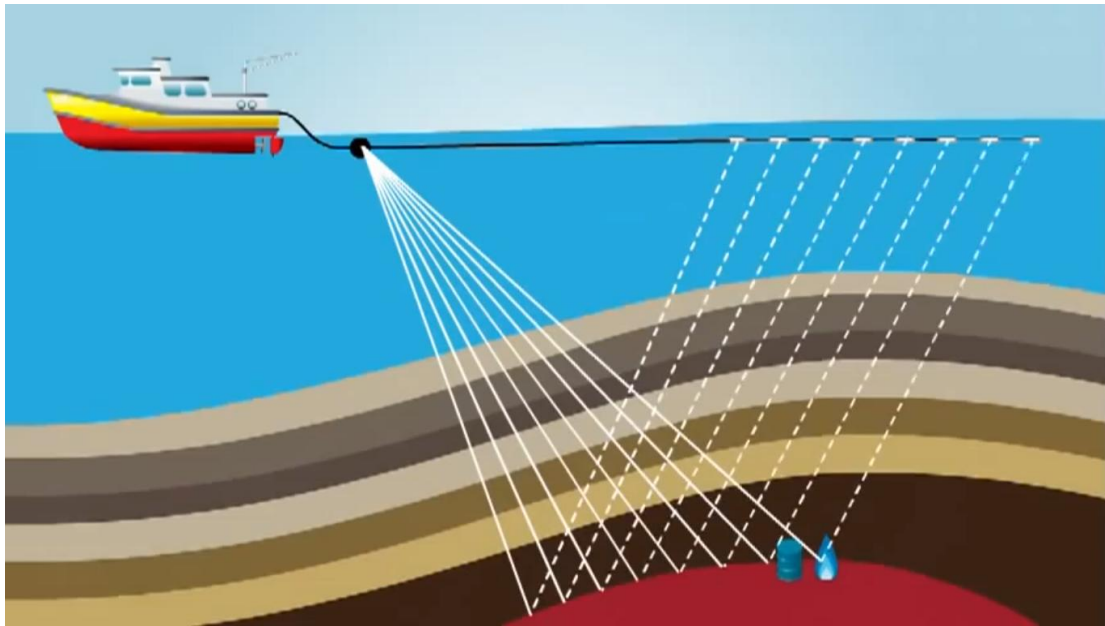


Figura 5 - Demonstração da aplicação de ondas sísmicas e seu efeito de refração. Fonte: THEPETROWORLD. Sísmica 3D, 2012. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=_2dA6hXF-zQ&t=196s. Acesso em 13 de outubro de 2019.

Existem dois métodos para a produção de petróleo:

- *Onshore*: as reservas são encontradas em terra.
- *Offshore*: as reservas são encontradas em mares e oceanos.

Devido a profundidade em que se encontra o óleo, a produção *offshore* é mais complexa, sendo necessário um maior estudo da área a ser perfurada, além de equipamentos de alta tecnologia e um sistema mais severo de segurança para evitar acidentes e minimizar os riscos de derramamento de óleo na água. As perfurações marítimas são realizadas em plataformas, fixas ou flutuantes, sondas do tipo barcas, sondas semissubmersíveis, navios-sonda e plataforma auto elevatória.

A produção *onshore* também apresenta seus riscos de segurança devido a acidentes relacionados a explosões, que podem acarretar na perda do poço. Se a perfuração não ocorrer com controle de temperatura, existe a possibilidade do combustível, que por natureza é inflamável, ser consumido e gerar incêndios, cujo controle exige um custo muito elevado. No processo de perfuração é utilizada lama de perfuração — um fluido composto de uma mistura de argila, aditivos

químicos e água — para manter uma pressão ideal no poço, evitando acidentes como o desmoronamento das paredes e evitar a subida de gás e de petróleo, além de retirar os detritos de rochas e manter a broca lubrificada.

Por ser uma atividade de alto risco e elevado custo, a fase de extração é marcada de incertezas quanto ao retorno de investimentos, além dos riscos que o mercado pode trazer, devido à instabilidade dos preços. Entretanto, dependendo da reserva encontrada é possível obter elevados rendimentos e quantidades exorbitantes de lucro. Devido a estes fatores, as empresas ou consórcios que investem na exploração são as mesmas que realizam esta etapa, investindo em uma integração vertical para amenizar os riscos do setor e obter maior lucratividade, além de garantir o suprimento de óleo para toda a cadeia.

No Brasil, o contrato estabelece um prazo, usualmente dividido em períodos exploratórios, durante o qual o concessionário ou contratado deve desenvolver atividades exploratórias de geologia e geofísica, visando ao maior conhecimento das bacias sedimentares brasileiras, em especial do bloco adquirido.

3.2 Produção

A fase de produção é aquela em que as acumulações de petróleo e/ou gás natural descobertas e que tiveram sua viabilidade comercial comprovada dão origem a um campo produtor, sendo desenvolvidas e postas em produção para abastecer o mercado. Entretanto o custo do óleo varia muito entre as regiões produtoras devido as suas condições geológicas, o que pode ocasionar em grandes rendas para as regiões de menores custo de produção. Este fator leva os governos de países que detêm maiores reservas de petróleo a estabelecer impostos elevados sobre o petróleo produzido, visando apropriar parte desta renda (ALMEIDA, 2003, *apud* KIMURA 2005).

Em um primeiro momento da fase de produção, o campo passará por uma etapa de desenvolvimento, quando se realizarão atividades destinadas a instalar equipamentos e sistemas que tornam possível a produção. As atividades de desenvolvimento podem se prolongar por grande parte da fase de produção, mesmo após o campo ter começado a produzir. A fase de produção divide-se em

duas etapas:

- Etapa de desenvolvimento: quando toda a infraestrutura necessária à efetiva produção do campo é implantada. Neste momento são realizadas, por exemplo, a perfuração dos poços produtores, a instalação das plataformas de petróleo e a construção dos gasodutos e oleodutos que escoarão a produção.
- Etapa de produção: quando, com toda a infraestrutura já instalada, o campo passa a produzir petróleo e/ou gás para abastecer o mercado. Esta etapa é a mais longa de todo o ciclo de vida de um campo de petróleo, podendo se estender por décadas a depender da capacidade produtiva do campo.

O tempo decorrente entre a descoberta de uma jazida e o início da produção requer uma mobilização de centenas de profissionais e a aplicação de bilhões de reais, com o intuito de montar uma complexa infraestrutura que permita a extração do petróleo e seu escoamento até as refinarias. Portanto, são necessários enormes investimentos para a construção de plataformas de produção marítima, oleodutos, gasodutos, estação coletoras de petróleo, instalações de tratamento e terminais petrolíferos.

3.3 Refino

O petróleo é uma mistura de compostos orgânicos e inorgânicos, cuja composição é muito complexa e extremamente difícil de estruturá-la — além de não haver dois petróleos idênticos. Para que possa ser utilizado em escala industrial, é necessário separar os componentes que compõem o petróleo em frações específicas para que se possa ser processado e transformado em seus derivados. É importante ressaltar que todo petróleo tem suas próprias características, que terão uma grande influência no seu destino, pois as técnicas que serão adotadas durante o seu processamento visam transformá-lo no derivado que pode-se obter a maior quantidade possível de produtos e de valor

comercial, portanto nem todo derivado pode ser produzido a partir de qualquer petróleo.

Os processos de refino não são definitivos e variam de uma refinaria para outra. Isso se deve, entre muitos motivos, pelo mercado da região se modificar com tempo, além da constante evolução da tecnologia. Entretanto, toda refinaria destina-se a seguir dois objetivos básicos:

Produção de combustíveis e matéria-prima petroquímica: a demanda por combustíveis é de escala global, todas as refinarias brasileiras atuam com uma produção em larga escala para obtenção de gasolina, diesel, querosene, GLP, entre outros.

Produção de lubrificantes básicos e parafina: por ser um grupo com menores componentes, acaba sendo um grupo minoritário, entretanto seus produtos possuem valores agregados maiores que os combustíveis, o que confere uma alta rentabilidade aos refinadores.

Os processos dentro de uma refinaria podem ser classificados em quatro grupos:

- **Processos de Separação:** são processos de natureza física, por ação de energia ou de massa, onde o principal objetivo é de retirar frações contendo um grupo específico de compostos. A principal característica deste processo é que uma vez que a natureza das moléculas não é alterada (e não havendo contaminação) a mistura destas frações pode reconstituir a carga original. Dentre os processos de separação é possível citar: destilação desasfaltação a propano, desaromatização a furfural, desparafinação e desoleificação a solvente MIBC (metil-isobutil-cetona), extração de aromáticos e adsorção de n-parafinas.
- **Processos de Conversão:** são processos de natureza química, visando a transformação da constituição molecular das frações para valorizá-la. Embora cada processo atue com diferenças de temperatura e pressão, podem

ser classificados em dois subgrupos: catalíticos ou não catalíticos. Entre os catalíticos estão os processos: craqueamento, hidrocraqueamento, alquilação (alcoilação catalítica), reformação e isomerização. Entre os não catalíticos estão: craqueamento térmico, viscorredução e coqueamento retardado. Processos de conversão geralmente são altamente rentáveis, pois são capazes de tornar frações de baixo custo em outras de maiores. Diferente dos processos de separação, as frações sofreram reagrupamento e reestruturação molecular, ou seja, em caso de mistura é impossível retornar para a carga inicial.

- **Processos de Tratamento:** realizam a eliminação de impurezas presentes nas frações, a fim de não comprometer o produto ao qual foi destinado. As contaminações presentes variam desde o tipo de petróleo e vão aumentando conforme o número de frações aumenta, sendo as mais comuns compostos de nitrogênio e enxofre que dão propriedades indesejadas a cada fração, como corrosividade, odor desagradável, acidez e alteração de cor. Entre os processos estão: tratamento cáustico, mercox de GLP, naftas e querosene, Bender, DEA (di-etanol-amina).

- **Processos Auxiliares:** fornecem insumos aos processos anteriormente citados ou agem de forma a tratar os rejeitos deles. Incluem-se neste grupo: geração de hidrogênio, recuperação de enxofre e utilidades como vapor, água, energia elétrica, ar comprimido, distribuição de gás e combustível e tratamento de efluentes.

3.3.1 Destilação

A destilação é um processo de natureza física, é uma técnica de separação se baseando nas diferentes temperaturas de ebulição dos componentes de uma mistura líquida. Nas refinarias é a etapa que irá gerar as frações adequadas — com faixas de ebulição características — para os próximos processamentos. Variando as condições de temperatura é possível separar as frações em leves, intermediárias e pesadas, além de se obter um resíduo constituído principalmente de hidrocarbonetos de elevada massa molar.

Os principais tipos de destilação são:

- **Destilação Integral:** separa a mistura em dois produtos, um líquido e outro gasoso.
- **Destilação Diferencial:** normalmente utilizada em laboratórios para controle de qualidade, onde a mistura é aquecida até o momento da formação da primeira bolha, condensando o vapor e retirando-se o líquido produzido em um processo intermitente. A temperatura do líquido no destilador sobe continuamente, devido aos componentes mais pesados, que precisam de maior energia para entrar em ebulição. O vapor condensado, — o destilado — é coletado em porções separadas chamadas de cortes.
- **Destilação Fracionada:** separa os componentes de uma mistura por sucessivas vaporizações e condensações — múltiplos estágios — a fim de aumentar o grau de pureza do produto. Quanto maior o número de estágios utilizados, maior será o grau de pureza atingido.

Além da temperatura, outro fator importante no processo de destilação é a pressão na qual o óleo está sendo submetido. É importante ressaltar que a temperatura de ebulição de qualquer composto é sempre dada em função da pressão que está sendo exercida sobre ele. Quanto maior a pressão aplicada, maior será a temperatura necessária para que se entre em ebulição e, por consequência, o inverso também ocorre. De modo geral, todas as refinarias atuam com controle destes dois parâmetros, através destes equipamentos, como: torres de fracionamento, fornos, permutadores de calor, tambores de acúmulo de refluxo, bombas, tubulações e instrumentos de medição e controle.

Deste modo, uma unidade de destilação é dividida em três seções:

- **Dessalinização e Pré-aquecimento:** antes de ser fracionado, o petróleo precisa passar por um processo de descontaminação para remoção de sais indesejados, como sais de cloro, que podem gerar HCl e por consequência corroer as torres de fracionamento e suas linhas. Além disso, podem causar entupimento nos tubos dos fornos, diminuindo a eficiência de troca térmica e superaquecendo-os. Após a remoção das impurezas, o petróleo tem sua temperatura elevada ao máximo possível através das correntes quentes que

deixam o processo, com isso é possível reduzir a quantidade de combustível gasta nos fornos para seu aquecimento final.

- **Destilação Atmosférica:** para vaporizar todos os produtos que serão retidos na torre de destilação, é necessário aquecer o óleo até um valor estipulado para que não ocorra a decomposição de frações mais pesadas. O ponto de entrada, denominado zona de vaporização, é o local onde o petróleo é separado em duas correntes: uma fração de vapor que irá se depositar nas partes mais altas da torre e outra líquida que ficará no fundo. As torres possuem bandejas/pratos e recheios que permite a separação em cortes pelos seus pontos de ebulição, ou seja, conforme o vapor se dirige ao topo ele troca calor com o líquido contido em cada prato, o que leva os hidrocarbonetos com maiores pontos de ebulição a ficarem retidos em uma determinada bandeja, enquanto o restante de vapor continua seguindo ao topo onde encontrará bandejas mais frias onde o fenômeno irá se repetir. Em determinado ponto, os volumes das bandejas transbordam e o excesso cai para bandejas inferiores, ou seja, com temperatura mais alta e, portanto, sendo revaporizada. Este evento é chamado de refluxo, e é importante para um bom fracionamento (Figura 6). Uma torre de destilação atmosférica tem como produtos laterais o óleo diesel, a querosene e a nafta pesada, além de deixar um resíduo no fundo da coluna, chamado de resíduo atmosférico (RAT).

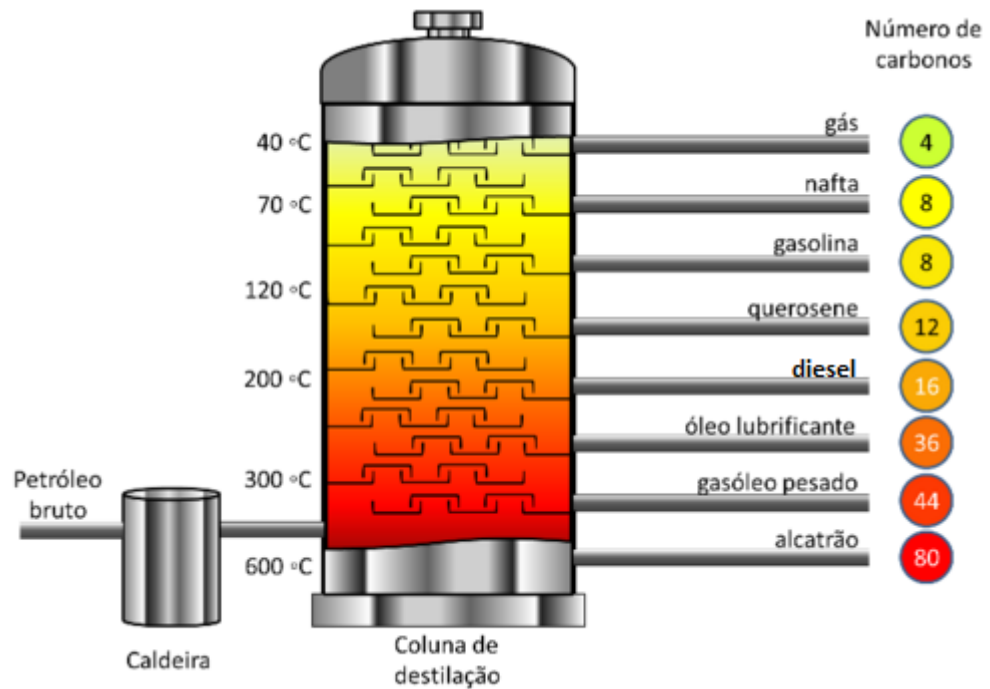


Figura 6 - Representação de uma torre de destilação fracionada. Fonte: Centro Brasileiro de Infraestrutura.

- Destilação a vácuo:** o RAT por ser um corte de alta massa molar não pode ser fracionado com uma destilação tradicional, por isso faz-se necessário o uso da técnica de destilação à vácuo, onde reduzindo o máximo possível de pressão será possível baixar as temperaturas de ebulição dos compostos ali presentes. A diminuição da pressão é realizada através de uma série de condensadores e ejetores, e assim que os hidrocarbonetos contidos no RAT começam a vaporizar, seguem o mesmo trajeto da destilação convencional, sendo coletados como diesel leve e diesel pesado. A destilação a vácuo é utilizada apenas em dois casos: produção de diesel e de óleos lubrificantes.

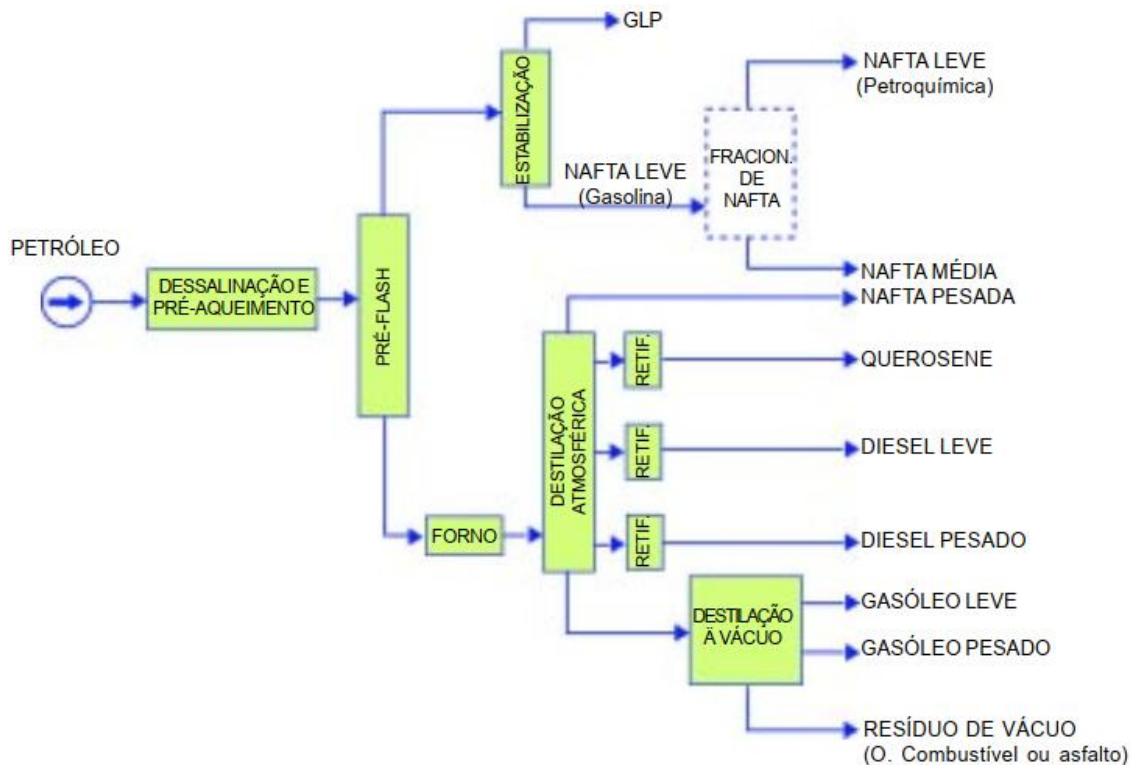


Figura 7 - Esquema dos três estágios da destilação. Fonte: PROCESSOS DE REFINO, Petrobras, 2002.

3.3.2 Craqueamento

Também conhecido como pirólise, este processo consiste em quebrar as moléculas de hidrocarbonetos presentes em óleos em moléculas de hidrocarbonetos menores. Pode ser realizado de duas maneiras:

- **Craqueamento térmico:** tem por finalidade quebrar as moléculas de diesel de vácuo ou presentes no RAT através de elevadas condições de temperatura e pressão, visando principalmente obter-se gasolina e GLP, embora possa gerar subprodutos como óleo leve (diesel de craqueamento) e óleo residual, além da formação de coque. O craqueamento térmico apresenta diversas desvantagens, sendo as mais comuns o acúmulo de coque na câmara de reação (o que leva a suspensão periódica das atividades para realizar a limpeza), processo realizado em elevadas pressões e baixo rendimento dos produtos. Somando esses fatores com os problemas operacionais e econômicos, levam o craqueamento térmico a ser uma técnica ultrapassada.

- **Craqueamento catalítico:** também conhecido como FCC (*fluid catalytic cracking*), o diesel, proveniente da destilação a vácuo, entra em contato com um catalisador a temperatura elevada, ocorrendo a ruptura das cadeias e originando as moléculas de hidrocarbonetos que serão posteriormente fracionados. A principal finalidade desse processo é a obtenção de GLP e nafta, embora também ocorra a formação de subprodutos mais pesados que a nafta. O catalisador é levado até o reator junto com a carga, sendo imediatamente vaporizado em contato com catalisador quente vindo do regenerador. Os gases de craqueamento, efluentes do reator, são enviados à seção de fracionamento, onde os produtos são separados pelas suas faixas de ebulição, em uma torre de destilação. O catalisador utilizado é um pó granular, de alta área superficial, à base de sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3), podendo existir em três formas diferentes: baixa alumina (11-13% Al_2O_3), alta alumina (25% Al_2O_3) e do tipo zeolítico (cristalino). Os produtos de craqueamento catalítico envolvem gás combustível (composto de hidrogênio, metano, etano, eteno), GLP (decomposto em propano e butano), naftas (olefinas e isoparafinas) e diesel.

Além disto o processo de craqueamento conta com vários tipos de reações, chamadas de reações primárias, que são a etapa de craqueamento propriamente dita, seguido das reações secundárias, pós-craqueamento.

3.3.3 Reações Primárias

São as reações de craqueamento propriamente ditas.

- **Craqueamento de Parafinas:** as características deste processo são de temperatura em torno de 550 °C (inibindo condensação), adição de vapor de água (para aumentar o rendimento dos produtos e uma conversão em torno de 20 a 25% para minimizar as reações secundárias. Os principais produtos deste processo são as α -olefinas, além de gerar parafinas de menor massa. Suas principais reações ocorrem da seguinte forma: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n} + \text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

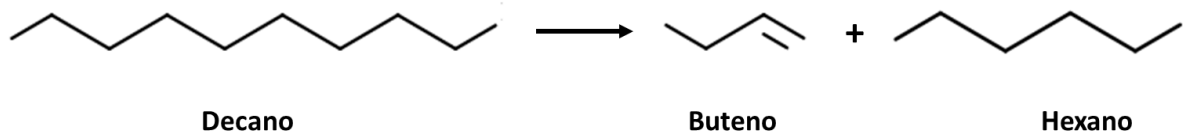


Figura 8 - Reação de formação de olefina. Fonte: Autor

α -olefinas: são um grupo de compostos orgânicos, os quais são olefinas/alcenos com a fórmula química C_nH_{2n} . Sua característica é possuir uma ligação dupla na posição primária/alfa.

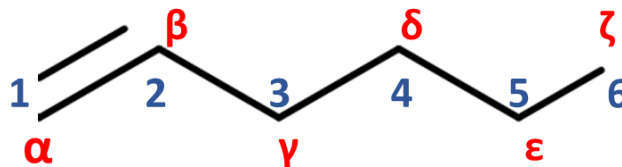


Figura 9 - Estrutura do Hexeno. Números em azul indicam a numeração dos átomos de acordo com a IUPAC. Símbolos em vermelho mostram a nomenclatura comum dos principais átomos da cadeia. A ligação dupla de uma α -olefina está entre os carbonos 1 e 2 (IUPAC) ou alfa e beta (comum). Fonte: Autor.

- **Craqueamento de olefinas:** esse processo tem como finalidade gerar olefinas de menor massa. O processo ocorre em temperaturas mais elevadas (em torno de 800 a 900 °C), com tempo de residência em torno de 0,2 a 0,5 segundos e diluição da matéria-prima com vapor de água. Suas principais reações seguem o seguinte padrão: $C_nH_{2n} \rightarrow C_nH_{2n} + C_nH_{2n}$.

- **Craqueamento de Naftênicos:** além de também produzir olefinas, o craqueamento de naftênicos apresentam velocidade de reação maior em relação as parafinas, devido a uma maior quantidade de carbonos secundários presentes nas estruturas. Os isonaftênicos que apresentam mais de dois carbonos na ramificação rompem com maior facilidade do anel. Suas principais reações ocorrem da seguinte forma: $C_nH_{2n} \rightarrow C_nH_{2n} + C_nH_{2n}$.

Naftênicos: Os cicloalcanos, de fórmula geral C_nH_{2n} , contêm um ou mais anéis saturados e são conhecidos na indústria de petróleo como compostos naftênicos, por se concentrarem na fração de petróleo denominada nafta. São classificados como cicloparafinas, de cadeia do tipo fechada e saturada, podendo também conter ramificações. As estruturas naftênicas que predominam no petróleo são os derivados do ciclopentano e do ciclohexano.

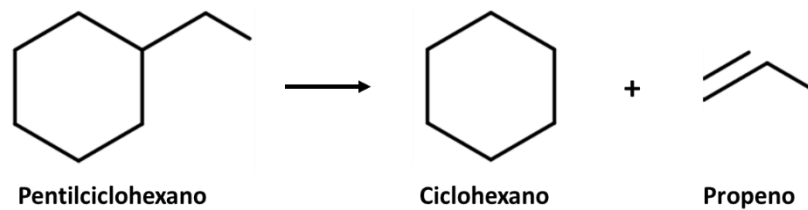


Figura 10 - Reação de formação do naftênico. Fonte: Autor.

- **Craqueamento de Aromáticos:** nas condições em que ocorre o craqueamento, o anel benzênico não sofre ruptura devido a sua alta estabilidade, apenas as cadeias laterais são rompidas — sendo que quanto maior a cadeia, mais fácil de rompê-la. Os produtos obtidos de aromáticos e aromáticos polinucleares com cadeia lateral serão parafinas, olefinas e aromáticos. O processo pode ocorrer seguindo as seguintes reações: $Ar-C_nH_{2n+1} \rightarrow Ar-H + C_nH_{2n}$ ou $Ar-C_nH_{2n+1} \rightarrow Ar-C_nH_{2n+1} + C_nH_{2n+2}$.

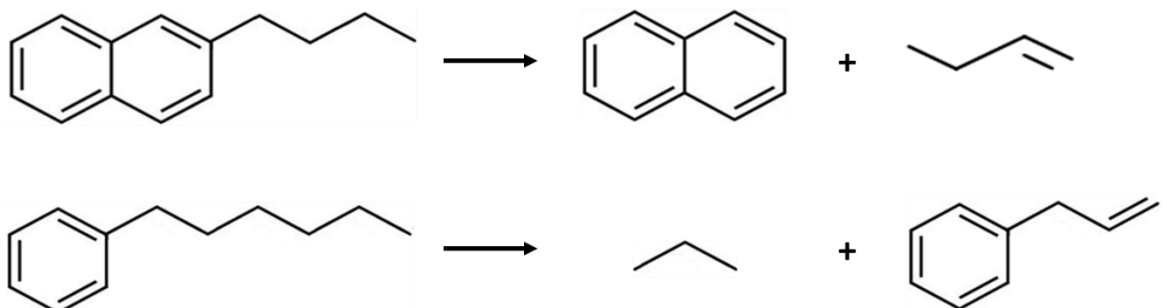


Figura 11 - Possíveis reações do craqueamento de aromáticos e de aromáticos polinucleares com cadeia lateral. Fonte: Autor.

3.3.4 Reações Secundárias/Reforma Catalítica

A reformação catalítica é um processo que consiste no rearranjo da estrutura molecular dos hidrocarbonetos contidos em certas frações de petróleo, com a finalidade de valorizá-las. As reações secundárias acontecem após as reações de craqueamento e são elas que irão determinar a composição final dos produtos. São importantes para remoção de olefinas e possuem uma velocidade inferior em comparação as reações primárias.

- **Desidrogenação de Hidrocarbonetos Naftênicos:** reações fortemente endotérmicas e muito rápidas. Seus produtos são tolueno e hidrogênio.
- **Isomerização de Hidrocarbonetos Naftênicos:** reações exotérmicas e menos rápidas. Uma de suas reações é a obtenção de metilciclohexano a partir do metilciclopentano.
- **Desidrociclicização de Hidrocarbonetos Parafínicos:** reações fortemente endotérmicas e lentas. Uma de suas reações é a obtenção de ciclohexano e hidrogênio através de hexano.
- **Isomerização de Hidrocarbonetos Parafínicos:** reações exotérmicas e rápidas. Seus produtos são naftênicos de menor massa.
- **Hidrocraqueamento de Naftênicos:** reações fortemente exotérmicas e muito lentas. Uma de suas reações é a obtenção de hexano através do ciclohexano.
- **Hidrocraqueamento de Parafínicos:** assim como o hidrocraqueamento de naftênicos, são reações fortemente exotérmicas e muito lentas, além de ambas serem prejudiciais ao processo de reformação. Seus produtos são naftênicos de menor massa.

- **Reações de Formação de coque:** as reações de coqueamento originam a presença de carbono na forma elementar, que se deposita sobre o catalisador. Pouco se sabe sobre os mecanismos de reação, porém é sabido que são favorecidas pela presença de olefinas e compostos policíclicos e pela diminuição da pressão parcial de hidrogênio.

4 – CONTROLE DE QUALIDADE

Problematização: As análises realizadas para o controle de qualidade dos derivados do petróleo fomentam o desenvolvimento tecnológico e os investimentos em pesquisas na área? Quanto aos aspectos ambientais, o país deveria investir em fontes renováveis de energia? Fontes renováveis são economicamente mais ou menos vantajosas?

A obtenção de combustíveis de baixos teores de enxofre e essencialmente livres de compostos aromáticos se encaixa perfeitamente nas pressões dos órgãos ambientais para redução das emissões de poluentes, o que abre a oportunidade para um mercado mais nobre, e possivelmente mais rentável. Adicionalmente, a trajetória possibilita reduzir os dispêndios com as taxas impostas pela queima do gás associado, ainda que a tecnologia não seja economicamente viável em sua plenitude (DUNHAM, 2003) . Para garantir que o consumidor adquira o produto final com essas qualidades, um controle da qualidade dos combustíveis é necessário.

Características físico-químicas que garantem que os combustíveis atendam a qualidade mínima necessária para o desempenho esperado é uma regulamentação que atende a Política Energética Nacional, adequando os produtos ao uso, meio ambiente e aos interesses do consumidor, considerando a realidade nacional. Especificar a qualidade dos produtos para a sociedade, tendo em mente a qualidade de vida e as questões ambientais, é uma das diretrizes da ANP.

Teoricamente é possível produzir qualquer tipo de derivado a partir de qualquer tipo de petróleo, entretanto deve-se levar em consideração o ponto de vista econômico e a viabilidade de produção de determinado derivado. A seleção de óleos crus que atenda o esquema de refino utilizado é o ponto de partida para planejar e otimizar a operação de refinarias, e por este motivo se faz necessário um estudo aprofundado para determinar as características de seus cortes e de sua qualidade, isso só é possível através de um conjunto de análises realizadas em laboratórios específicos e equipados para tal.

Para realizar essa seleção um refinador deve se dispor de uma unidade piloto de refino, a fim de obter as informações necessárias para selecionar o petróleo mais adequado para atender a demanda do produto desejado pela refinaria. Alguns aspectos importantes que se deve conhecer do óleo cru são:

- Propriedades físicas;
- Base química;
- Curva de destilação de pontos de ebulição verdadeiros (PEV);
- Curva de densidade;
- Teor de sal, impurezas físicas, contaminantes e suas frações.

Além disso, é importante conhecer as propriedades dos cortes separados pela destilação do petróleo — que são definidas em função do tipo de destilado — para determinar a qualidade e a quantidade de produtos que se pode produzir através de um determinado tipo de petróleo. Entre estas propriedades listam-se aquelas que caracterizam a volatilidade, o escoamento, a combustão e a composição química das frações, dispostas em forma de tabelas e gráficos. Algumas das análises realizadas em laboratórios de controle de qualidade estão dispostas a seguir, assim como a norma vigente para creditação do ensaio e suas especificações.

As especificações utilizadas se encontram nas seguintes resoluções:

- Resolução nº 40 da ANP, de 25 de outubro de 2013: especificações de gasolinas de uso automotivo.

- Resolução nº 50 da ANP, de 23 de dezembro de 2013: especificações de óleo diesel de uso rodoviário.
- Resolução nº 19 da ANP, de 15 de abril de 2015: especificações de etanol anidro combustível e de etanol hidratado combustível.

4.1 Análises de Gasolina

- **Aspecto e cor visual:** tem como objetivo detectar contaminantes visíveis a olho nu, como partículas sólidas, água, entre outros componentes que possam afetar o desempenho do motor. O combustível deve estar especificado como Límpido e Isento de Impurezas e possuir cor da faixa do incolor até amarelo, isenta de corantes para gasolinas comuns e utilização de corantes para gasolinas aditivadas como teor no máximo de 50 ppm (com exceção da cor azul, restrita para gasolina de aviação).
- **Teor de álcool etílico anidro combustível (AEAC):** deve seguir a legislação vigente. De acordo com a ANP, o etanol anidro combustível (EAC) da gasolina comum deve estar entre 26 a 28 % em volume e para gasolina premium deve estar entre 24 a 26 % em volume.
- **Massa específica:** medida através de um densímetro, é uma propriedade diretamente ligada ao teor energético total contido em uma massa ou volume do mesmo e pode denunciar a presença de contaminações. Até o momento da construção deste material não houve limites específicos para a massa específica da gasolina.



Figura 12 - Densímetro utilizado para leitura das massas específicas de gasolina e óleo diesel. Fonte: CECOM.

- **Teor de Enxofre:** o enxofre pode estar presente na forma de mercaptanas, sulfetos, dissulfetos ou compostos heterocíclicos e todos influenciam no desgaste por corrosão do motor. É analisado através da fluorescência por ultravioleta, onde seu teor de enxofre máximo não pode ultrapassar 50 mg/kg.

- **Destilação:** é utilizado para medidas, em termos de volatilidade, das proporções relativas de todos os hidrocarbonetos componentes da gasolina. O ensaio deve seguir as seguintes especificações da Tabela 2:

Tabela 2 – Especificações para destilados de gasolina. Fonte: Resolução nº 40 da ANP, de 25 de outubro de 2013.

	Gasolina Comum		Gasolina Premium	
	Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
10 % evaporado, máx.	65 °C			
50% evaporado, máx.	120,0 °C	80,0 °C	120,0 °C	80,0 °C
90% evaporado, máx.	190,0 °C			
Ponto Final de Ebulição (PFE), máx.	215 °C			
Resíduo, máx.	2,0 % volume			



Figura 13 - Destilador para leituras dos pontos de ebulição dos componentes contidos em óleo diesel e gasolina. Fonte: CECOM.

- **Teor de Metanol:** um dos contaminantes da gasolina, é um álcool muito tóxico à saúde humana. Seu teor não deve ultrapassar os 0,5 % em volume nas gasolinas.

4.2 Análises de Diesel

- **Aspecto e cor visual:** tem como objetivo detectar contaminantes visíveis a olho nu, como partículas sólidas, água, entre outros componentes que possam afetar o desempenho do motor. O combustível deve estar especificado como Límpido e Isento de Impurezas e possuir cor amarela para diesel S10 e vermelha para diesel S500.
- **Cor ASTM:** A cor do produto é comparada com uma escala de padrões. A escala ASTM para cor varia de 0,5 a 8,0 em intervalos de 0,5. A especificação da ANP tem como limite máximo a cor 3,0 para óleo diesel S10.
- **Ponto de Fulgor:** É a temperatura mínima em que um óleo aquecido libera vapores suficientes para se inflamar em presença de chama livre, não sendo capaz de manter a chama acesa. O ponto de fulgor varia em função do

teor de hidrocarbonetos leves existentes no diesel e não deve ser menor do que 38 °C.



Figura 14 - Medidores de ponto de fulgor de diesel. A esquerda, o medidor automático (TAG) e a direita, o medidor manual (Pensky-Martens). Fonte: CECOM.

- **Massa específica:** medida através de um densímetro, é uma propriedade diretamente ligada ao teor energético total contido em uma massa ou volume do mesmo e pode denunciar a presença de contaminações. A faixa aceitável para massa específica de óleo diesel é de 815 a 850 kg/m³.
- **Destilação:** é utilizado para medidas, em termos de volatilidade, das proporções relativas de todos os hidrocarbonetos componentes da gasolina. O ensaio deve seguir as seguintes especificações da Tabela 3:

Tabela 3 – Especificações para destilados de óleo diesel. Fonte: Resolução nº 50 da ANP, de 23 de dezembro de 2013.

Diesel		
	S10	S500
10 % vol., recuperados, mín.	180,0 °C	-
50 % vol., recuperados	245,0 a 295,0 °C	245,0 a 310,0 °C
85 % vol., recuperados, máx.	-	360,0 °C
90 % vol., recuperados	-	

- **Teor de Biodiesel:** de acordo com a legislação se torna obrigatória a adição de percentual de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final. Na Tabela 4 apreenta-se as diretrizes estabelecidas pela ANP para a evolução da adição obrigatória de diesel:

Tabela 4 – Cronograma de especificações para teor de biodiesel em óleo diesel. Fonte: Resolução nº 16 da ANP, de 29 de outubro de 2018.

Início do incremento percentual da adição do volume de biodiesel	A partir de 1º/6/2019	1º/3/2020	1º/3/2021	1º/3/2022	1º/3/2023
Percentuais mínimos de adição obrigatória de biodiesel.	11 %	12 %	13 %	14 %	15

4.3 Análises de Etanol

- **Aspecto e cor visual:** tem como objetivo detectar contaminantes visíveis a olho nu, como partículas sólidas, água, entre outros componentes que possam afetar o desempenho do motor. O combustível deve estar especificado como Límpido e Isento de Impurezas e ser incolor.

- **Massa específica e teor alcoólico:** medida através de um densímetro, é uma propriedade diretamente ligada ao teor energético total contido em uma massa ou volume do mesmo e pode denunciar a presença de contaminações. Além da massa específica o densímetro através de correlações encontra o teor alcoólico do álcool, pois a densidade e inversamente proporcional ao teor alcoólico. A faixa aceitável para massa específica de etanol combustível é de 805,2 a 811,2 kg/m³ e 92,5 a 94,6 % massa.



Figura 15 - Densímetro para leitura de massa específica e teor alcoólico em etanol combustível.
Fonte: CECOM.

- **Condutividade:** Avaliação básica para comprovação da qualidade de origem onde se verifica a contaminação por água. O aparelho utilizado para este tipo de ensaio é um condutivímetro digital. O limite de condutividade do etanol combustível é de 300 $\mu\text{S/m}$.



Figura 16 - Condutivímetro utilizado para medidas de condutividade em etanol combustível. Fonte: CECOM.

- **Potencial hidrogeniônico (pH):** um pH muito ácido ou básico pode causar danos graves ao motor do veículo devido a corrosão. A amostra é ensaiada em um aparelho eletrônico chamado pHmetro. A faixa aceitável de pH para etanol combustível é de 6,0 a 8,0.

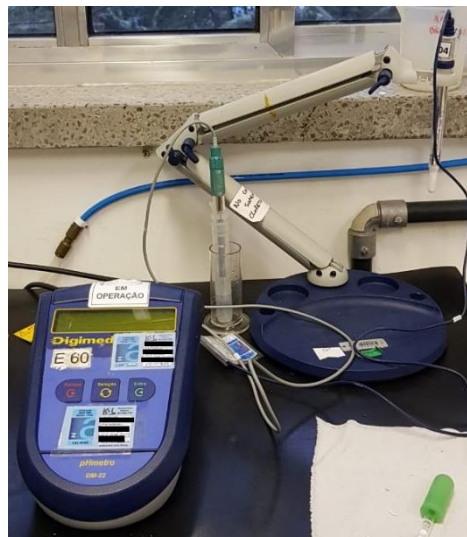


Figura 17 - pHmetro utilizado para leituras do pH em etanol combustível. Fonte: CECOM.

- **Teor de metanol:** um dos contaminantes do etanol combustível, é um álcool muito tóxico à saúde humana. Seu teor não deve ultrapassar os 0,5 % em volume de etanol combustível.

- **Teor de hidrocarbonetos:** é uma análise obrigatória para produto importado e em caso de etanol combustível proveniente de transporte dutoviário ou aquaviário. Seu limite não deve ultrapassar os 3 % em volume.

5 – NORMAS E MÉTODOS DE ANÁLISE

Os laboratórios responsáveis pela análise de efluentes líquidos e sólidos são aqueles caracterizados pelas práticas de ensaio e calibração. A acreditação, neste sentido, é o processo que visa averiguar estas entidades por meio de órgãos avaliadores competentes, baseado em normas reconhecidas. O intuito é que estas empresas demonstrem sua imparcialidade, competência, desempenho e capacidade para realizar atividades específicas, tais como calibração e o desenvolvimento de ensaios. Assim, a acreditação se configura como uma ferramenta que, em escala internacional, é utilizada para gerar confiança nos serviços das empresas que realizam este tipo de análise.

Os laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), diante deste contexto, possuem o aval de qualidade fornecido pela Coordenação Geral de Acreditação — CGCRE — da instituição para a realização destas atividades, garantindo a qualidade, a credibilidade e a validade do serviço perante órgãos importantes.

Neste processo, a norma de referência usada pelo INMETRO para a acreditação destas organizações é a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, que dispõe sobre os “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”. O regulamento assegura que o laboratório acreditado está apto para produzir dados confiáveis, rastreáveis e reprodutíveis, que são critérios fundamentais na tomada de decisão pelos órgãos do Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental (SEAQUA).

Os ensaios para o controle da qualidade de combustíveis descritos anteriormente devem ser realizados seguindo as normas vigentes para o laboratório ser creditado e serem considerados dados confiáveis. Abaixo estão descritos brevemente alguns dos métodos que normas exigem para os ensaios de combustíveis:

Determinação da Aparência — ABNT NBR 14954. Válida a partir de 27/02/2011

Esta norma apresenta dois procedimentos para avaliar a presença de contaminação por água livre ou material particulado em combustível destilado, com ponto final de destilação abaixo de 420 °C e cor ASTM igual ou inferior a 5. Ambos os procedimentos podem ser utilizados como ensaios de campo, em temperaturas de armazenamento, ou como ensaios de laboratório, em temperaturas controladas.

O método consiste em preencher uma proveta com capacidade de 1 L com aproximadamente 900 mL de combustível e avaliados visualmente quanto à limpidez. A amostra é agitada e avaliada em relação à presença visual de material particulado ou gotas d'água abaixo do vórtice.

Em ensaios em campo e laboratório, os procedimentos são realizados após a amostra ter atingido o equilíbrio na temperatura de interesse.

Determinação do teor de etanol anidro combustível (EAC) — ABNT NBR 13992. Válida a partir de 24/10/2015

Esta Norma prescreve o método para determinação do teor de etanol anidro combustível (EAC), a partir de 1% em volume, em gasolinas automotivas. Outros álcoois presentes na amostra são computados como EAC.

Coloca-se 50 mL de amostra na proveta limpa, desengordurada e seca, lavada previamente com detergente de limpeza para laboratório, de pH levemente alcalino ou neutro. Adiciona-se uma solução de NaCl até completar o volume de 100 mL, sendo que ambas a amostra quanto a solução de NaCl devem estar à temperatura ambiente. Tampar a proveta e inverter por 10 vezes para extrair o etanol, não agitando a proveta, a fim de evitar a formação de emulsão. Coloca-se a proveta em uma superfície plana e nivelada em repouso por 10 min, a fim de permitir a separação completa das duas fases.

Realizar-se a leitura da fase aquosa observando a base inferior do menisco formado na interface entre a fase aquosa e a gasolina, com os olhos posicionados na mesma altura da linha da interface.

Determinação da Condutividade Elétrica — ABNT NBR 10547. Válida a partir de 29/02/2016

Esta Norma especifica um método para a determinação da condutividade elétrica em etanol anidro e hidratado combustível.

Verificação da constante da célula de condutividade: Inserir no condutímetro os valores da condutividade e da temperatura que constam no certificado do material de referência certificado (MRC). Lavar a célula de condutividade com o MRC. Transferir um volume do MRC para um vaso termostatizado ou recipiente de vidro, plástico ou aço inoxidável, suficiente para cobrir as placas de medição da célula de condutividade e o sensor de temperatura. Agitar levemente a amostra para uniformizar a temperatura, cessar a agitação, aguardar 2 min e verificar a constante da célula de condutividade a $(25,0 \pm 0,5)$ °C, com auxílio do banho ou vaso termostatizado, conforme o manual do fabricante. A célula de condutividade está adequada para medição se a constante da célula estiver na faixa de $0,08 \text{ cm}^{-1}$ a $0,12 \text{ cm}^{-1}$.

Determinação da condutividade elétrica:

1. **Com banho ou vaso termostatizado:** Lavar a célula de condutividade com a amostra de etanol. Transferir um volume da amostra para um recipiente de vidro, plástico ou aço inoxidável, suficiente para cobrir as placas de medição da célula de condutividade e o sensor de temperatura, assegurando que a temperatura da amostra esteja em $(25,0 \pm 0,5)$ °C. Agitar levemente a amostra e aguardar 2 min para realizar a leitura da condutividade.
2. **Com termocompensação automática:** Configurar o condutímetro para temperatura de referência de 25 °C e inserir o coeficiente de correção de temperatura para 2,2 % / °C. Lavar a célula de condutividade com a amostra de etanol. Transferir um volume da amostra para um recipiente de vidro, plástico ou aço inoxidável, suficiente para cobrir as placas de medição da célula de condutividade e o sensor de temperatura, assegurando que a temperatura da amostra esteja entre 10 °C e 40 °C. Agitar levemente a amostra e aguardar 2 min para realizar a leitura da condutividade.
3. **Com termocompensação manual:** Lavar a célula de condutividade com a amostra de etanol. Transferir um volume da amostra para um recipiente de vidro, plástico ou aço inoxidável, suficiente para cobrir as placas de medição da célula de condutividade e sensor de temperatura, assegurando que a temperatura da amostra esteja entre 10 °C e 40 °C. Agitar levemente a amostra e aguardar 2 min para realizar a leitura da condutividade e da temperatura. Corrigir o valor da condutividade para 25 °C, utilizando a seguinte equação:

$$C = C_o \times [1 - 0,022 \times (T - 25)];$$

Onde C = condutividade corrigida a 25°C ($\mu\text{S}/\text{m}$), C_o = condutividade observada à temperatura de ensaio ($\mu\text{S}/\text{m}$), T = Temperatura de ensaio (°C) e 0,022 = coeficiente de correção da condutividade em relação à temperatura de (2,2% / °C).

Determinação do pH — ABNT NBR 10891. Válida a partir de 19/02/2018

Esta norma especifica o método potenciométrico para determinação do pH em etanol hidratado combustível, não se aplicando ao etanol anidro combustível.

Este método consiste na medição da diferença de potencial entre os eletrodos de vidro de pH de medida e de referência prata/cloreto de prata em amostras de etanol hidratado combustível.

Se prepara o pHmetro a partir de medidas de pH de diferentes MRC a fim de determinar sensibilidade do eletrodo de pH. Após, transfere-se a amostra para um recipiente de vidro, plástico ou aço inoxidável onde será introduzido o eletrodo. Em ambos os casos deve-se aguardar a estabilização da temperatura em $(25,0 \pm 2,0)$ °C, sem agitação, aguardar 2 min e fazer a leitura do pH.

Determinação da massa específica e do teor alcoólico por densímetro digital de bancada — ABNT NBR 15639. Válida a partir de 25/11/2016

Esta norma especifica o método do densímetro digital de bancada para determinação da massa específica e do teor alcoólico em etanol combustível.

Insera-se a amostra na célula de medição, não permitindo a formação de bolhas de ar, e faz-se a leitura da massa específica após estabilização em 20,0 °C.

Determinação dos teores de metanol e etanol por cromatografia gasosa — ABNT NBR 16041. Válida a partir de 06/10/2015

Esta norma estabelece o método para determinação quantitativa de metanol e/ou etanol combustível por cromatografia gasosa.

A presença de hidrocarbonetos e/ou álcoois superiores não interfere na determinação do metanol e etanol. Este método não tem o propósito de identificar ou quantificar estes compostos.

Este método pode ser aplicado à determinação de metanol em gasolina.

A amostra é injetada em um sistema de cromatografia a gás, sendo os componentes separados em coluna capilar de camada porosa e detectados por ionização por chama de hidrogênio. A identificação do metanol e etanol na amostra é realizada por comparação dos respectivos tempos de retenção com os padrões analisados sob as mesmas condições cromatográficas e a quantificação por padronização externa.

Determinação do teor de hidrocarbonetos — ABNT NBR 13993. Válida a partir de 28/01/2018

Esta norma especifica o método para determinação do teor de hidrocarbonetos em etanol anidro combustível e etanol hidratado combustível.

Transfere-se 50 mL da amostra de etanol para a proveta graduada, completando o volume com 50 mL de solução de cloreto de sódio. Mistura-se as camadas de solução e amostra, realizando dez inversões sucessivas, evitando agitação vigorosa, para promover a separação dos hidrocarbonetos da camada aquosa. Coloca-se a proveta em uma superfície plana e nivelada, deixando repousar por 5 min.

Realizar-se a leitura da fase aquosa observando a base inferior do menisco formado na interface entre a fase aquosa e a gasolina, com os olhos posicionados na mesma altura da linha da interface.

Destilação à pressão atmosférica — ABNT NBR 9619. Válida a partir de 01/05/2009

Esta norma estabelece o método de destilação à pressão atmosférica para determinação das características de destilação de gasolinas automotivas e misturas com etanol, gasolinas de aviação, querosenes de aviação, solventes especiais, naftas, aguarrás, querosenes, óleo diesel e misturas com biodiesel até 20 % v/v, óleos combustíveis destilados, óleos combustíveis marítimos e outros produtos de petróleo, utilizando-se equipamentos manuais ou automatizados.

Um volume de 100 mL de amostra é destilado sob condições indicadas para o grupo no qual a amostra se enquadra. Observações sistemáticas de leituras de temperatura e volumes de condensado são efetuadas. O volume do resíduo e as perdas também são registrados. Ao final da destilação, as temperaturas de vapor observadas devem ser corrigidas em relação à pressão barométrica e os dados devem ser examinados para verificar a sua conformidade com as exigências do procedimento, tais como taxas de destilação.

Os resultados do ensaio são normalmente expressos como evaporado por cento ou recuperado por cento em relação à temperatura correspondente, em uma tabela ou graficamente, como curva de destilação.

Determinação de enxofre por espectrometria de fluorescência no ultravioleta — ASTM D 5453. Válida a partir de 01/07/2019

Uma amostra de hidrocarbonetos é injetada diretamente e inserida em um tubo de alta temperatura de combustão onde o enxofre é oxidado em dióxido de enxofre em temperatura rica de oxigênio. A água formada durante a combustão da amostra é removida e os gases de combustão da amostra são expostos ao ultravioleta. A fluorescência emitida pelo SO₂ quando retorna do seu estado excitado para seu estado estável é detectado pelo tubo fotomultiplicador e o sinal resultante é a medida de enxofre contida na amostra.

Determinação da cor pelo método do colorímetro ASTM — ABNT NBR 14483. Válida a partir de 19/04/2015

Esta norma especifica o método para determinação visual da cor de uma grande variedade de produtos de petróleo, como óleos lubrificantes, óleos isolantes, óleos para aquecimento, óleo diesel e parafinas.

Usando uma fonte-padrão de luz, uma amostra líquida é colocada no recipiente de ensaio e comparada a padrões coloridos que possuem cor na faixa de valores de 0,5 a 8,0.

6 – SEMINÁRIOS

Com o intuito de imergir o(a) aluno(a) na área petroquímica, o curso propõe a apresentação de seminários para que o(a) estudante consiga se aprofundar através da busca por maiores informações sobre um determinado tema. Algumas sugestões de temas, e questionamentos como pontos de partida para os seminários, são:

- **Gases — GNV e GLP:** Quais são suas diferenças em termos de propriedades físico-químicas? Pesquise sobre vantagens e desvantagens em relação aos dois gases. Qual o poder calorífico destes gases? Quais são suas principais utilizações no cotidiano? Quais os processos e reações envolvidas para obtenção destes?

- **Gasolina — Comum, Aditivada e Premium:** Qual a principal diferença entre estes combustíveis? Qual possui maior rendimento? Indique vantagens e desvantagens em reação as duas? Qual sua composição?
- **Nafta e Parafina:** O que podem produzir? Quais as reações envolvidas nos processos de obtenção? Tipos de nafta e parafinas?
- **Diesel — S10 e S500:** Quais as diferenças entre S10 e S500? Quais as diferenças entre aditivado e comum? Quais os impactos ambientais gerados no uso dos distintos tipos de diesel? Explique os processos envolvidos em sua obtenção? O que é Biodiesel?
- **Querosene:** Quais os processos são utilizados para sua obtenção? Quais são os tipos de querosene e sua composição? Indique suas principais utilizações? Qual é a sua maior diferença frente aos demais derivados de petróleo?
- **Óleo Combustível:** Quais os processos são utilizados para sua obtenção? Qual é seu principal uso? Pesquise que tipo de mercado mais utiliza este derivado do petróleo? Quais os requisitos de importação?
- **Refinarias, Produtoras e Distribuidoras:** Principais empresas que atuam no Brasil? Como estão distribuídas em território nacional? Pesquise sobre o mercado econômico atual e consumo dos produtos? Comércio, faixa de preços e relação custo-benefício? O que é necessário para a instalação de uma empresa petroquímica?
- **Pré-sal:** O que é o pré-sal? Onde está localizado e o que pode se retirar dele?

Independente do tema escolhido, é importante destacar o impacto, seja ele benéfico ou adverso, para com a sociedade. São vários os questionamentos que podem ser feitos com relação ao petróleo, e muitas vezes é inevitável relacioná-lo com questões políticas e religiosas. Trazer essas perspectivas e pontos de vistas podem agregar muito à contextualização dos conteúdos conceituais sobre petróleo e ao debate, além de acrescentar para a formação profissional e cidadã do(a) aluno(a).

7 – EXERCÍCIOS

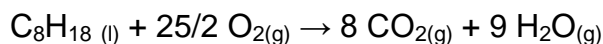
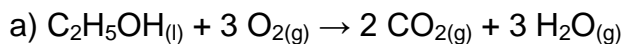
1) Considere uma gasolina contendo em sua composição, apenas etanol e n-octano, com frações molares iguais. As entalpias de combustão do etanol e do n-octano são, respectivamente, $-1.368 \text{ kJ.mol}^{-1}$ e $-5.471 \text{ kJ.mol}^{-1}$. A densidade dessa gasolina é aproximadamente $0,72 \text{ g.cm}^{-3}$ e a sua massa molar aparente é $80,1 \text{ g.mol}^{-1}$.

a) Escreva as reações químicas que representam a combustão completa de cada componente dessa gasolina.

b) Calcule a energia liberada na combustão de 1,0 mol dessa gasolina.

c) Calcule a energia liberada na combustão de 1,0 litro dessa gasolina.

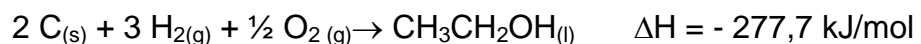
Respostas:



b) $-3,419 \text{ kJ.mol}^{-1}$

c) $-30,777 \text{ kJ.mol}^{-1}$

2) Conhecendo-se os calores molares de formação das reações termoquímicas



Qual o calor de combustão do etanol a $25 \text{ }^\circ\text{C}$?

Resposta: – 938,0 kJ.mol⁻¹

3) Queimando-se 8 mols de propano, para obtermos combustão completa pergunta-se:

a) Quantos mols de substâncias gasosas teremos a 700 K ?

b) Quantos mols de substâncias gasosas a 273 K ?

Respostas: a) 56 mols b) 24 mols

4) Durante a destilação fracionada do petróleo, obtêm-se, sucessivamente, produtos gasosos, nafta, gasolina e óleos lubrificantes. A ordem de volatilidade de cada fração está relacionada com qual propriedade? Justifique.

- a) origem do petróleo - animal ou vegetal;
- b) Interação intermolecular, havendo formação das ligações de hidrogênio;
- c) tamanho da cadeia carbônica;
- d) ocorrência de compostos fortemente polares;
- e) tipos de petróleo empregado - parafínico ou asfáltico.

5) A respeito das propriedades físicas e químicas dos combustíveis (gasolina e álcool), e da interação destes com a água, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A gasolina é composta principalmente por hidrocarbonetos saturados contendo de 5 a 12 carbonos na cadeia;
- II. O álcool é miscível na água devido às interações por ligações de hidrogênio existentes entre ambos compostos;
- III. A densidade da água é menor do que a densidade da gasolina;
- IV. O álcool, denominado etanol pela IUPAC, não é um combustível renovável;
- V. A gasolina, derivada do petróleo, é um combustível fóssil assim como o carvão mineral.

Quais afirmativas estão corretas?

Resposta: I, II e V

6) O craqueamento catalítico é um processo utilizado na indústria petroquímica para converter algumas frações do petróleo que são mais pesadas (isto é, constituídas por compostos de massa molar elevada) em frações mais leves, como a gasolina e o GLP, por exemplo. Nesse processo, algumas ligações químicas nas moléculas de grande massa molecular são rompidas, sendo geradas moléculas menores. A respeito desse processo, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. O craqueamento é importante economicamente, pois converte frações mais pesadas de petróleo em compostos de grande demanda.
- II. O craqueamento libera grande quantidade de energia, proveniente da ruptura de ligações químicas nas moléculas de grande massa molecular.
- III. A presença de catalisador permite que as transformações químicas envolvidas no craqueamento ocorram mais rapidamente, sendo totalmente consumido ao final do processo.

Quais são as afirmativas corretas?

Resposta: I

7) Desde a década de 1970, os derivados de petróleo respondem pelo maior percentual do consumo final de energia brasileira. Segundo o Balanço Energético Nacional 2013 (ano-base 2012), o consumo final de derivados de petróleo, no ano de 2012, é de $117,718 \cdot 10^3$ toneladas equivalente de petróleo (TEP). Há uma variação nesse consumo entre os setores da economia. No atual panorama brasileiro, os setores da economia em ordem crescente de consumo de derivados de petróleo são:

- a) agropecuário – comercial – de transportes – industrial – residencial.
- b) industrial – de transportes – comercial – residencial – agropecuário.
- c) de transportes – comercial – agropecuário – residencial – industrial.
- d) comercial – agropecuário – residencial – industrial – de transporte.
- e) residencial – agropecuário – comercial – de transportes – industrial.

Resposta: D

8) O governo brasileiro instituiu o chamado Plano Nacional do Gás Natural (PNGN), estabelecendo as metas e diretrizes executivas que permitiriam elevar a participação do gás natural na matriz energética nacional. Sobre as características especiais do gás natural, analise as assertivas abaixo:

- I. É uma mistura de hidrocarbonetos leves que, em condições normais de pressão e temperatura, permanece no estado gasoso.
- II. Na natureza, ele é encontrado em acumulações de rochas porosas no

subsolo (terrestre ou marinho), em geral acompanhado de petróleo.

III. Pode ser classificado em três categorias: associado, não associado e constituinte.

IV. O manuseio do gás natural requer alguns cuidados, pois ele é inodoro, incolor, inflamável e asfixiante quando aspirado em altas concentrações.

Quais estão corretas?

Resposta: I, II e IV

9) Com relação a gasolina e o motor de quatro tempos, podemos dizer que:

I - Para aumentar a resistência da gasolina, adicionam-se substâncias chamadas antidetonantes.

II - Para o melhor rendimento possível, o combustível deve explodir no momento correto, que é quando a vela solta a faísca.

III - Se a gasolina for sensível à compressão e explodir ao ser comprimida, ou seja, antes do pistão atingir o ponto do motor, o motor ficará desregulado; o sincronismo dos quatro tempos ficará comprometido e o carro começará a “bater pino”.

IV - A qualidade da gasolina está diretamente relacionada a quanto essa gasolina pode resistir à compressão sem sofrer explosão.

Quais são as afirmativas corretas?

Resposta: I, II, III e IV.

10) Dentre os constituintes do petróleo, há aqueles conhecidos, que são usados como combustíveis, como gasolina, querosene e diesel, mas há muitos outros que são empregados como matéria-prima para produção industrial de diversos materiais, para as mais variadas aplicações. Após sua extração, o petróleo é transportado para refinarias, onde passa por diversos processos. Assinale a alternativa correta relacionada com o processamento do petróleo.

a) Boa parte do petróleo brasileiro vem de regiões de águas profundas, mas isso não eleva o custo da exploração.

b) A primeira etapa consiste numa destilação simples, para separar o composto de menor ponto de ebulição, a gasolina.

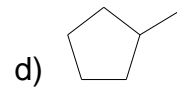
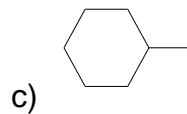
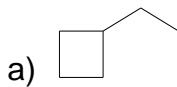
c) Uma etapa envolve a destilação fracionada do petróleo, na qual vários compostos presentes têm suas estruturas reduzidas, para serem posteriormente separados por ordem de ponto de fusão.

d) Numa etapa chamada de craqueamento, frações sólidas de petróleo são trituradas para serem utilizadas como fertilizante.

e) Uma fração constituída por hidrocarbonetos de cadeias longas sofre reação química catalisada, para gerar hidrocarbonetos de cadeias menores.

Resposta: E

11) A reformação catalítica é um processo muito usado para obter compostos mais adequados para motores de alta taxa de compressão. Nesse processo, uma das reações possíveis é a isomerização de hidrocarbonetos. Partindo-se do composto etilciclopentano, a isomerização através da reformação catalítica resultará no produto



Resposta: C

12) Nos termos da lei geral que regula a exploração do petróleo, todos os direitos de exploração e produção de petróleo, de gás natural e de outros hidrocarbonetos fluidos em território nacional, nele compreendidos a parte terrestre, o mar territorial, a plataforma continental e a zona econômica exclusiva, pertencem à União, cabendo sua administração à

- a) Petrobras b) ANP c) EPE d) ANEEL e) União

LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997.

Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências.

Art. 21. Todos os direitos de exploração e produção de petróleo, de gás natural e de outros hidrocarbonetos fluidos em território nacional, nele compreendidos a parte terrestre, o mar territorial, a plataforma continental e a zona econômica exclusiva, pertencem à União, cabendo sua administração à ANP, ressalvadas as competências de outros órgãos e entidades expressamente estabelecidas em lei. (Redação dada pela Lei nº 12.351, de 2010)

(BRASIL, 1997). Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9478compilado.htm.

Acesso em 12/09/2019

13) Consoante à lei geral que regula o setor de petróleo, os contratos de concessão deverão prever duas fases: a de exploração e a de produção. Incluem-se na fase de produção as atividades de

- a) Avaliação b) Descoberta c) Desenvolvimento
d) Verificação e) Planejamento

LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997.

Art. 23. As atividades de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e de gás natural serão exercidas mediante contratos de concessão, precedidos de licitação, na forma estabelecida nesta Lei, ou sob o regime de partilha de produção nas áreas do pré-sal e nas áreas estratégicas, conforme legislação específica.

Art. 24. Os contratos de concessão deverão prever duas fases: a de exploração e a de produção.

§ 1º Incluem-se na fase de exploração as atividades de avaliação de eventual descoberta de petróleo ou gás natural, para determinação de sua comercialidade.

§ 2º A fase de produção incluirá também as atividades de desenvolvimento.

(BRASIL, 1997). Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9478compilado.htm.

Acesso em 12/09/2019

14) A lei no 9.478 estabeleceu que as atividades econômicas ligadas a petróleo e gás, que constituem monopólio, serão reguladas e fiscalizadas pela União e poderão ser exercidas, mediante, concessão ou autorização, por empresas constituídas sob as leis brasileiras, com sede e administração no país. Nesse contexto, qual o(a) responsável por assegurar suprimentos de insumos energéticos às áreas mais remotas do país?

- a) Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP.
- b) Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras.
- c) Ministério de Minas e Energia – MME
- d) Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MP
- e) Conselho Nacional de Política Energética – CNPE

LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997.

Art. 2º Fica criado o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, vinculado à Presidência da República e presidido pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, com a atribuição de propor ao Presidente da República políticas nacionais e medidas específicas destinadas a:

I - promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do País, em conformidade com os princípios enumerados no capítulo anterior e com o disposto na legislação aplicável;

II - assegurar, em função das características regionais, o suprimento de insumos energéticos às áreas mais remotas ou de difícil acesso do País, submetendo as medidas específicas ao Congresso Nacional, quando implicarem criação de subsídios;

III - rever periodicamente as matrizes energéticas aplicadas às diversas regiões do País, considerando as fontes convencionais e alternativas e as tecnologias disponíveis;

(BRASIL, 1997). Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm.

Acessado em 16/09/2019

8 – REFERÊNCIAS

1. A indústria do petróleo e como funciona. PUC-Rio. Disponível em <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23552/23552_3.pdf>. Acesso em 25 de setembro de 2019.

2. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil) (ANP). Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 01 de agosto de 2019.
3. Cadeia produtiva do petróleo & gás. Disponível em <<http://www.fiepr.org.br/fomentoedesarrollo/cadeiasprodutivas/uploadAddress/petroleogas%5B19590%5D.pdf>>. Acesso em 25 de setembro de 2019.
4. Cartilha do posto revendedor de combustíveis / Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.- 6. ed. - Rio de Janeiro: ANP, 2017. 22 p.; il.
5. COELHO, Ana Cristina Meirelles Quintanilha et al. Avaliação do potencial gerador de petróleo da seção Aptiana-Albiana da Bacia de Sergipe, integrando análises palinofaciológicas e dados de geoquímica orgânica. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, n. 4, p. 579-595, 2014.
6. DIAS, José Luciano de Mattos ; QUAGLINO, Maria Ana; A questão do petróleo no Brasil: uma história da PETROBRAS. Rio de Janeiro: CPDOC: PETROBRAS, 1993. 211 p. Disponível em <<http://www.cpdoc.fgv.br>>. Acesso em 04 de setembro de 2019.
7. DO BRASIL, Atlas de Energia Elétrica. Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL, Brasília, Brasil. 3aEd, 2008.
8. DUNHAM, Fabrício B. et al. Processos de produção de combustíveis sintéticos: análise das trajetórias tecnológicas. In: 20 Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. 2003.
9. JÚNIOR, Gilvan. Processamento Primário de Petróleo/Noções de Processo e Refino. Apostila de Curso, UFS e UNIT [SI], 2013. Disponível em <<https://www.academia.edu>>. Acesso em 10 de setembro de 2019.
10. KIMURA, Renata Megumi. Indústria brasileira de petróleo: uma análise da cadeia de valor agregado. 2005. Monografia de Bacharelado em Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

11. LEBEDEV, Nikolaï Nikolaevich. Chemistry and technology of basic organic and petrochemical synthesis, Vol. 1, 335 p, Imported Pubn, 1984.
12. MARTINS, Felipe Andrade; SANTANA, José Ricardo. Estratégia de atuação em uma rede de micro, pequenas e médias empresas (MPMES) no setor de petróleo e gás (P&G): uma análise dos resultados no estado de Sergipe. In: Encontro de estudos em empreendedorismo e gestão de pequenas empresas (EGEPE), 16, 2014. Goiânia, GO.
13. NETO, Afonso Avelino Dantas; GURGEL, Alexandre. Refino de petróleo e petroquímica. Natal: UFRN, 2014. Aula de Aplicações e Limitações. Disponível em: <http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/deq0370/curso_refino_ufrn-final_1.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.
14. PETROBRAS, EQUIPE. Curso de Formação de Operadores de Refinaria: Processos de Refino. 2002.
15. PGT, Geologia do Petróleo. Petroleum Geoscience Technology. PGT. Disponível em <https://albertowj.files.wordpress.com/2010/03/geologia_do_petroleo.pdf>. Acesso em 28 de agosto de 2019.
16. PIQUET, Rosélia; SERRA, Rodrigo Valente. Petróleo e região no Brasil: o desafio da abundância. Editora Garamond, 2007.
17. Portal do Petroleiro. Disponível em <<https://portaldopetroleiro.com>>. Acesso em 10 de agosto de 2019.
18. RIBEIRO, Daniella Araujo Ferreira. Modelagem geoquímica 2D de sistemas petrolíferos na porção sul da bacia do Espírito Santo. 2011. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.
19. SCHIFINO, J. Tópicos de Físico Química. Porto Alegre: UFRGS, 2013.
20. SILVA, Carla Grazieli Azevedo da. Caracterização geoquímica orgânica das rochas geradoras de petróleo das formações Irati e Ponta Grossa da Bacia do Paraná. 2007. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

21. SILVA, Katiane Sara da. Avaliação das cinéticas do processo de craqueamento térmico de petróleo. 2013. Monografia de Graduação em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2013.
22. SPEIGHT, James. Synthetic fuels handbook: properties, process and performance, ed. Mc Graw-Hill, 422 p, 2008.

APÊNDICE C – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFESSORES EM QUÍMICA

- **Professor de Química Orgânica 1:**

Comentário Geral:

O aspecto econômico deve ser colocado na parte inicial atualizado. Tabela 1 é de 2009. Na primeira tentativa na internet encontre dados de 2018 das maiores CIA. É também uma boa oportunidade para os próprios alunos buscarem esses dados e realizar uma análise - Podes pensar num plano de negócio. Também sugiro que façam consultas ou visitas aos postos de combustíveis.

1. Quanto à correção conceitual:

Fórmulas químicas - reformatá-las - não debes escrevê-las no modo antigo - observar que as cadeias carbônicas são estendidas e com os átomos de carbono em ziguezague. Não em linha reta.

2. Quanto aos conceitos:

Tem uma confusão de termos que representam as séries homólogas - Elas sempre são representadas por C_nH_{2n+2} e assim por diante. Símbolos p, m etc. não existem na IUPAC.

3. Quanto à explanação dos conceitos:

As questões finais são apropriadas - porém aquelas que fazem menção do termo craqueamento são confusas, considerando que no texto foi feito ou propostos conceitos - rever isso.

4. Quanto ao aprofundamento dos conceitos:

A contextualização foi bem atendida - com vários enfoques - produção, ambiental, social e econômica.

5. Quanto à escala de trabalho:

Poderias inserir alguma coisa sobre sustentabilidade e projetos que a Petrobrás faz com seus parceiros.

6. Quanto à forma de trabalho:

Por fim, esse material será trabalho com alunos do IFES ou do segundo grau? Para ambos é adequado.

- **Professora de Ensino de Química 1:**

1. Quanto à correção conceitual:

Sugestão: Alinha algumas definições características da petroquímica com os conceitos de orgânica básica. Exemplo. As parafinas são compostos orgânicos classificados como hidrocarbonetos alifáticos, ou seja, são da classe dos alcanos. Olefinas são hidrocarbonetos alifáticos insaturados, são alcenos e assim por diante. Definir os termos na primeira vez que são apresentados no texto.

2. Quanto aos conceitos:

Não, está bem detalhada essa parte.

3. Quanto à explanação dos conceitos:

Sim. Texto muito coerente, bem escrito e de fácil leitura.

4. Quanto ao aprofundamento dos conceitos:

Em parte. Cada capítulo apresenta algumas perguntas problematizadoras, no entanto não há descrição de como será feita a discussão: debate em grupo? Brainstorming? As atividades propostas consistem no seminário e nos exercícios, correto? Os seminários serão apresentados pelos alunos? Quais são as diretrizes para elaboração? Onde devem buscar as informações? Será uma atividade avaliativa?

As demais aulas são expositivas?

5. Quanto à escala de trabalho:

O enfoque C e T está bem claro ao longo de todo o texto. A relação com a sociedade está mais presente nas questões problematizadoras e nos seminários, por isso a importância do detalhamento dessas atividades.

6. Quanto à forma de trabalho:

Cada capítulo apresentação algumas perguntas problematizadoras, no entanto não há descrição de como será feita a discussão: debate em grupo? Brainstorming?

PS. Revisar figuras que não são citadas no texto.

• **Professor de Ensino de Química 2:**

1. Quanto à correção conceitual:

Necessidade de correção conceitual não identifiquei. Apenas alguns equívocos relacionados ao texto (que estão assinalados e fiz alguns comentários no arquivo anexo).

2. Quanto aos conceitos:

Diretamente relacionado com os princípios básicos da indústria petroquímica e extração acredito que não. Um ponto que poderia ser contemplado de forma mais intensa são as forças intermoleculares e os impactos delas nas propriedades dos produtos derivados do petróleo. Uma breve revisão sobre a relação entre as propriedades físicas dos compostos orgânicos com as forças intermoleculares pode ser esclarecedora em algumas partes do texto (por exemplo, na p. 21), bem como servir de subsídio aos leitores.

3. Quanto à explanação dos conceitos:

Sim. O texto está claro e bem organizado. Detectei poucos equívocos ou erros de digitação que assinaléi no arquivo do texto, o qual envio anexo.

4. Quanto ao aprofundamento dos conceitos:

Sim, principalmente a tarefa dos seminários, em que será proporcionada aos alunos a oportunidade de refletirem sobre os impactos, aplicações, efeitos positivos e negativos da atividade petroleira no Brasil e mundo. Por meio desta atividade, percebe-se o real interesse do material, que na minha interpretação é de contribuir com a formação de indivíduos esclarecidos conceitualmente e embasados cientificamente.

5. Quanto à escala de trabalho:

Acredito que parcialmente sim. O tema escolhido para o Guia: indústria petroquímica, é intrinsecamente um tema CTS. Afirmando isso com base em dados que me permitem concluir que o desenvolvimento desta área (petroquímica) só ocorreu com o avanço do conhecimento científico, gerando e alimentando tecnologias que provocaram significativas mudanças nos níveis econômico, político e social em escala mundial. Muitas destas mudanças que ocorreram na sociedade foram contempladas no Guia, o qual foi construído na tentativa de proporcionar aos estudantes o julgamento embasado de fatos, levando em consideração interesses de políticas que muitas vezes não resultaram em desenvolvimento social, o que transmite a ideia de que a Ciência não é neutra, sendo esse um dos objetivos da abordagem

CTS. Uma crítica ao Guia é que visivelmente (pelo menos em número de páginas) são enfatizados os aspectos científicos e tecnológicos em comparação aos sociais, não há um equilíbrio entre os eixos Ciência, Tecnologia e Sociedade. Os conceitos, geralmente, estão dispostos de forma tradicional e as relações com a sociedade, em alguns capítulos do Guia, se resumem as questões problematizadoras apresentadas introdutoriamente. No entanto, penso que isso pode ter sido uma opção dos autores, que para avaliadores críticos da abordagem CTS pode ser considerada uma fragilidade do material.

6. Quanto à forma de trabalho:

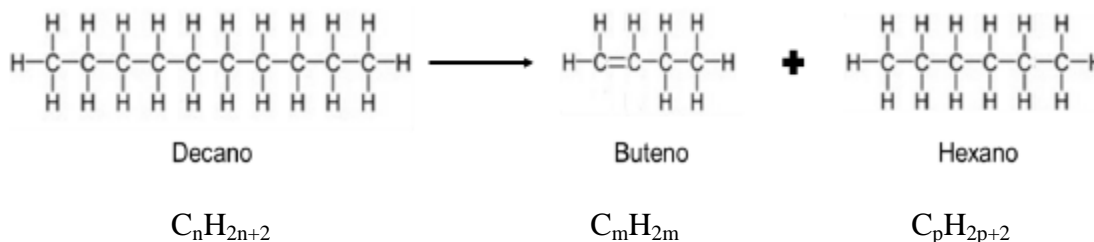
Favorecerem plenamente. Em minha opinião, são esses os pontos fortes do enfoque CTS do Guia. Conforme relatei na questão 5, em determinados momentos, é priorizado o aspecto conceitual em detrimento dos outros dois eixos: Tecnologia e Sociedade. Um ponto que poderia ser melhor contextualizado é capítulo 7 - exercícios. Poderiam ser trazidos dados (Tabelas e Gráficos), notícias atualidades que adequassem mais os mesmos à proposta CTS.

- **Professora de Química Orgânica 2:**

1. Quanto à correção conceitual:

Minha primeira observação não se refere exatamente a correção conceitual, mas sim a apresentação da Figura 4 que não está com uma boa resolução e por isso não auxilia no entendimento do texto. Na Figura 9, onde aparece a fórmula geral das olefinas C_xH_{2x} substituir por C_nH_{2n} . Quanto ao termo parafina, eu acho que deveria haver uma nota de rodapé ou algo do tipo contendo um conceito para este termo na primeira vez em que ele aparece no texto.

No item 3.3.3 a expressão $C_nH_{2n+2} \rightarrow C_mH_{2m} + C_pH_{2p+2}$ onde $n = m + p$ acho que seria mais interessante e didático colocá-la logo abaixo da figura, por exemplo assim



Além disso, na minha opinião, não seria conveniente substituir a letra **n** subscrita na fórmula geral dos alcenos por **x** ou **p**, tendo em vista que esta expressão C_nH_{2n} é uma linguagem química universal da IUPAC. Esta observação também se aplica na figura 10 e sempre que aparece no texto a expressão $C_nH_{2n+2} \rightarrow C_mH_{2m} + C_pH_{2p+2}$ onde $n = m + p$.

Na caixa de texto que explica o conceito de NAFTENICOS trocar a palavra CICLANOS por CICLOALCANOS.

2. Quanto aos conceitos:

O material didático produzido está muito bem organizado e apresenta de forma clara e objetiva os principais conceitos sobre petróleo e suas transformações para a formação de um químico

3. Quanto à explanação dos conceitos:

O material didático produzido está muito bem organizado e apresenta de forma clara e objetiva os principais conceitos sobre petróleo e suas transformações para a formação de um químico.

4. Quanto ao aprofundamento dos conceitos:

Vejo o Guia proposto como um glossário que facilita muito a compreensão do tema e torna a leitura bastante fluida. Aborda todo ciclo da cadeia petrolífera sob o ponto de vista químico, desde a sua formação, transformação e análise da qualidade. O nível de aprofundamento está excelentemente colocado, apresentando de forma concisa os aspectos técnicos dos processos físico-químicos petrolíferos.

5. Quanto à escala de trabalho:

Sem dúvida, percebe-se no texto um direcionamento neste sentido. Para além do conteúdo de química, o texto aponta na direção do conhecimento que leva ao questionamento sobre o uso das tecnologias e seus impactos na sociedade.

6. Quanto à forma de trabalho:

As perguntas que se apresentam no início dos capítulos (problematização) despertam para a reflexão crítico-social que envolve todo o mecanismo produtivo do petróleo, e que devem ser questionadas pelos futuros químicos ao ingressarem no mercado de trabalho.

- **Professor de Ensino Técnico**

1. Quanto à correção conceitual:

Correção não seria a palavra certa. Achei que há no texto todo um excesso de conceitos. Cabe ao autor visitar o texto e verificar se há necessidade de manter todos os conceitos apresentados. Sejam os relacionados às áreas de petróleo e petroquímica, sejam os relacionados aos conceitos científicos. Por exemplo: vários conceitos de destilação. Não ficou claro se o texto ajuda na contextualização do tema ou se dificulta o entendimento para quem não está familiarizado com estes temas. Fazendo com que a transposição didática não ocorra de forma natural.

O pensamento deve seguir a seguinte direção: Em que os conceitos apresentados em cada capítulo permitem responderem as questões propostas nas problematizações? As vezes dá a impressão de que a problematização é uma coisa e o texto é outra.

2. Quanto aos conceitos:

A parte de refino pode ser mais explorada no sentido de apresentar mais exemplos, relacionar com conceitos físico-químicos, reações químicas, etc.

Ampliar um pouco mais as informações sobre os catalisadores.

Explicar melhor o que é a área do Pré-sal; o que são os blocos exploratórios; quais os tipos de plataformas.

3. Quanto à explanação dos conceitos:

Como disse anteriormente, o texto deve ser mais “leve”, trazendo mais possibilidades de figuras, mais exemplos, indicação de textos de consulta, sugestão de sites contendo simulações ou aplicativos sobre o tema, dentre outras coisas. Enfim, abordar o conteúdo de forma diversificada. Os princípios básicos da indústria do petróleo estão colocados.

4. Quanto ao aprofundamento dos conceitos:

Na minha concepção, o Ensino Técnico se diferencia do Ensino Superior, no sentido de apresentar somente o filé mignon dos assuntos. O Ensino Técnico vai direto ao ponto.

Os assuntos apresentados devem estar ilustrados com as bases teóricas apresentadas no Ensino Médio necessárias para seu entendimento. Por exemplo: Química Orgânica: Hidrocarbonetos, Cadeia carbônica, Isomeria; Termoquímica: Reações de combustão, Lei de Hess; Propriedades Físicas e Separação de Misturas, Estequiometria, etc...

5. Quanto à escala de trabalho:

Poderia haver uma maior integração disciplinar. O texto não deixa claro que o Guia é de fato um exemplo de abordagem que contextualiza a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente. Durante o ano, há farta produção de material sobre o assunto petróleo nos meios de comunicação. Não foi usado uma reportagem ou foto de jornal durante todo o trabalho.

6. Quanto à forma de trabalho:

Sugestões de reportagens de jornais e revistas, a construção de uma linha do tempo, podem ajudar a contextualizar alguns temas. Como a proposta é um guia para professores, ao final de cada capítulo deveria ter um fechamento aonde a(s) questão(ões) problematizadora(s) fosse(m) respondida(s).

As sugestões dos seminários são adequadas, mas o capítulo não está articulado com a proposta como um todo, ele aparece do nada. Além do prefácio, talvez possa ser considerado um capítulo com a justificativa/finalidade ou a proposta do guia onde são apresentados os objetivos gerais e específicos da proposta.

- **Professora Coordenadora do CECOM**

1. Quanto à correção conceitual:

Não.

2. Quanto aos conceitos:

Não.

3. Quanto à explanação dos conceitos:

Sim.

4. Quanto ao aprofundamento dos conceitos:

Sim.

5. Quanto à escala de trabalho:

Sim.

6. Quanto à forma de trabalho:

Sim.

Observações Gerais:

Complementar a definição do Petróleo, visto que ele não é só formado por contribuição marítima, mas também terrestre e lacustre.

PÁGINA 11 – Substituir a palavra compostos por elementos.

PÁGINA 19 – Substituir realizam da por realizam a.

PÁGINA 20 – Depois da vírgula incluir a palavra “onde” antes de [...] a mistura.

PÁGINA 32 – Corrigir unidade, fala em temperatura e não em massa específica.

PÁGINA 44 – Corrigir a unidade de kJ/mol para kJ/unidade de reação.

PÁGINA 44 – Colocar unidade no plural.