



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA

MANUELLA MIRELLA NUNES DA SILVA

PROPOSTA DE EXPERIMENTOS SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL E OS
BIOCOMBUSTÍVEIS ETANOL E BIOGÁS

RECIFE

2019

MANUELLA MIRELLA NUNES DA SILVA

**PROPOSTA DE EXPERIMENTOS SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL E OS
BIOCOMBUSTÍVEIS ETANOL E BIOGÁS**

Monografia submetida à coordenação do Curso de Licenciatura Plena em Química como requisito parcial para obtenção do grau de licenciada em química.

Orientador: Profa. Dra. Claudia Cristina Cardoso

RECIFE

2019

MANUELLA MIRELLA NUNES DA SILVA

**PROPOSTA DE EXPERIMENTOS SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL E OS
BIOCOMBUSTÍVEIS ETANOL E BIOGÁS**

Aprovada em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Claudia Cristina Cardoso – DQ/UFRPE

(Orientadora)

Prof. Dr. Antonio Carlos Miranda- DF/UFRPE

(1ª Avaliador)

Prof. Dr. Euzébio Simões - DQ/UFRPE

(2º Avaliador)

AGRADECIMENTOS

Acredito que agradecer é, ao certo, a parte mais difícil neste trabalho. Escrever aqui me fez lembrar da jovem de 18 anos, que conseguiu ingressar na tão sonhada universidade pública. Eu sabia que seria difícil, que enfrentaria na pele as dificuldades de ser uma jovem negra, filha de uma empregada doméstica e de um feirante, que contava as moedas para pagar a condução, mas que, com muita perseverança e ajuda de muita gente, chegou até aqui. Entrei na universidade com o sonho de estudar para transformar a vida das pessoas, através da educação, no meio desse sonho, perdi a minha mãe, passei por diversas fases, boas e ruins e agradeço imensamente a cada pessoa que esteve comigo nesse momento. Antes de agradecer as pessoas, gostaria de agradecer a esta casa, a “ruralinda” foi aqui que aprendi muito mais que química, aprendi a ser quem eu sou hoje, aprendi a criticar e ter coragem de fazer melhor, aprendi a não aceitar nada calada e que eu tenho voz, obrigada UFRPE.

Agradeço a minha base que é a minha família, em especial ao meu pai o seu Manoel, a minha irmã Daleska e ao meu irmão Daniel por terem tido tanta paciência comigo.

Gostaria de agradecer a PROGESTI e a todos os estudantes da residência estudantil da UFRPE, em especial a Danieli Andrade, que esteve comigo em cada surto, cada nota baixa e alta, na maior parte do meu curso acreditou em mim e me encorajou a chegar até aqui.

Venho deixar meus perpétuos agradecimentos a todos que constroem o movimento estudantil da rural, em Pernambuco e no Brasil, tive a honra de Coordenar o diretório acadêmico de Licenciatura em Química e o central dos estudantes da UFRPE- Odjas Carvalho de Souza, neste período pude conhecer todas as unidades acadêmicas da UFRPE e muito me orgulho por termos conseguido melhorar a permanência dos estudantes na universidade. Agradeço a todo time da União dos Estudantes de Pernambuco-Cândido Pinto que me aguentou muito nesses anos e a União Nacional dos Estudantes. Quero agradecer em Especial a União da Juventude Socialista (UJS) entidade que me formou e forma politicamente e me ajuda a manter acesa no coração a chama do amor pelo mundo, lutar vale a pena.

Quero agradecer a professora e minha orientadora, Claudia Cardoso, em todos esses anos na UFRPE, eu vi poucos professores como ela, que pensa em cada detalhe, em cada aula, em cada estudante de uma forma especial, me inspira muito na mulher que ela é. Agradeço pelos conselhos, pelas advertências, e por que acreditou em mim em momentos que nem eu mesmo acreditei, se não fosse por ela este trabalho não seria realizado. Meus sinceros agradecimentos professora. Ainda aqui, gostaria de agradecer ao LOB, em especial a Dani 1, Jeane, Dani 2 e Alexandre que acompanharam de perto cada experimento, cada acerto e erro com muita paciência e muito café, vou levar vocês no coração.

Mãe de onde a senhora estiver eu tenho certeza que você esta orgulhosa, essa é pra você.

RESUMO

Os temas biocombustíveis, sustentabilidade e meio ambiente têm se tornado cada vez mais exigidos nos exames de seleção do ENEM-Exame Nacional do Ensino Médio, vestibulares, seriados e concursos de modo geral. Entretanto, esse ainda é um tema pouco difundido tanto nas escolas públicas como nas instituições de ensino superior públicas. Isso tem ocasionado uma concorrência desleal para os candidatos financeiramente menos favorecidos nessas seleções, uma vez que temas como esses são mais trabalhados em instituições privadas de ensino. Este projeto tem como objetivo a elaboração de experimentos que se utilizem de materiais de baixo custo e fácil acesso, envolvendo aquecimento global e os biocombustíveis etanol e biogás como tema estruturante. Nesse trabalho, será apresentada uma sequência de experimentos que podem auxiliar professores e estudantes a abordar o tema biocombustíveis enfatizando conceitos de diversas áreas da química, tais como química ambiental, química orgânica e físico-química. Parte dos experimentos foram elaborados e aplicados em uma turma do primeiro semestre de 2019 da disciplina optativa Biocombustíveis e outra parte à turma do segundo semestre de 2019 da disciplina de Química L2 do Departamento de Química da UFRPE. Os experimentos realizados e aplicados permitiram coletar dados que foram aproveitados no processo de construção, organização e otimização dos procedimentos experimentais.

Palavras-Chave: Biocombustíveis, Experimentos, Química.

ABSTRACT

The biofuels, sustainability and environment themes have become increasingly required in ENEM selection exams, entrance exams, series and contests in general. However, this is still a little widespread issue in both public schools and public higher education institutions, with very rare exceptions. This has allowed for increasingly unfair competition with financially underprivileged candidates in these selections as such topics are more widespread in private institutions. This project aims to develop experiments that use low cost and easily accessible materials, involving global warming and biofuels, ethanol and biogas as a structuring theme. In this material, a sequence of experiments will be presented that can / should assist teachers, students, etc. address biofuels by emphasizing concepts from various areas of chemistry such as environmental chemistry, organic chemistry and physical chemistry. Part of the experiments were designed and applied in a class of the first semester of 2019 of the optional Biofuels discipline and another part of the class of the second semester of 2019 of the Chemistry L2 discipline of the Department of Chemistry of UFRPE. These classes were theoretical and experimental, where the experiments performed and applied allowed to collect data that were used in the process of construction, organization and optimization of experimental procedures.

Keywords: Biofuels, Experiments, Chemistry.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	6
1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	10
2.2. AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA	12
2.3. ETANOL	14
2.4. BIOGÁS	16
2.4.1 – Digestão anaeróbica	18
3 METODOLOGIA	18
3.1. ELABORAÇÃO DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	19
3.1.1 – Proposta de experimento sobre aquecimento global e efeito estufa	19
3.1.2 – Proposta de experimento sobre biogás	21
3.1.3 – Proposta de experimento sobre etanol	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 EXPERIMENTO SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA	27
4.1.1 – Montagem em laboratório	27
4.1.2 – aplicação em sala de aula	29
4.2 EXPERIMENTO DO BIODIGESTOR	30
4.2.1 – montagem do experimento em laboratório	30
4.2.2 – Aplicação do experimento em laboratório	34
4.2 EXPERIMENTO DO ETANOL	35
4.2.1 – montagem do experimento em laboratório	35
4 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Balanço da radiação solar. (.....)	13
Figura 3: Ciclo de carbono.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 4; Sistema experimento sobre aquecimento global e efeito estufa.....	21
Figura 5: Modelo de sistema biodigestor (5 L).....	23
Figura 6: Sistema de fermentação.....	24
Figura 7: Sistema de destilação simples.....	25
Figura 8, 9, 10 e 11 Sequência do experimento Aquecimento global e efeito estufa.....	28
Figura 9.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 10.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 11.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 12 Primeiro protótipo do biodigestor.....	31
Figura 13 Biodigestor final.....	32
Figura 14 Sistema de coleta de biogás.....	33
Figura 15 Alteração do volume no sistema de coleta.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 16 e 17 Protótipos vazios utilizados na aula.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 17.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 18 Protótipo cheio utilizado na aula.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 19 e 20 Momento inicial da fermentação Figura 20.....	36
Figura 21 Momento final da fermentação.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 22 Sistema de destilação simples.....	37
Figura 23 Teste de chamas.....	38

1 INTRODUÇÃO

O movimento CIÊNCIA - TECNOLOGIA - SOCIEDADE (CTS) é uma das mais atuais propostas para a inovação na área de ensino de ciências e em particular no ensino de química. Mais recentemente, essa proposta tem incorporado uma perspectiva de reflexão crítica sobre a problemática ambiental, assim passando a ser denominada CIÊNCIA - TECNOLOGIA - SOCIEDADE - AMBIENTE (CTSA). O movimento incorpora a vertente ambiental à tríade CTS. O objetivo central do CTSA acrescenta aos propósitos do CTS o enfoque ambiental, visando à construção da educação ambiental. Nesse sentido, a discussão envolve atitudes e valores comprometidos com a cidadania, em busca da preservação ambiental e da diminuição das desigualdades econômicas, sociais e, principalmente culturais.

Uma perspectiva de CTS/CTSA crítica tem como propósito a problematização de temas sociais, de modo a assegurar um comprometimento social dos estudantes. Propostas curriculares com essa visão precisam levar em consideração o contexto da sociedade tecnológica atual, caracterizado de forma geral por um processo de dominação dos sistemas tecnológicos que impõem valores culturais e oferecem riscos para a vida humana. O progresso determinado pela tecnologia adquiriu primazia sobre todas as demais ideias socialmente aceitas, a ponto que as outras, como felicidade, paz, igualdade, liberdade, justiça, soberania, embora mais antigas, passaram a ser vistas como consequências do progresso. Na perspectiva CTSA é fundamental que os professores de química do ensino médio possam incorporar as suas práticas, além de recursos pedagógicos inovadores, conceitos de química sustentável e de educação ambiental. O conceito de química verde é relativamente comum em aplicações industriais e vem, gradativamente, sendo incorporado ao meio acadêmico, no ensino e na pesquisa. Dentre os mais diversos temas utilizados nesse segmento, destacam-se os biocombustíveis. As motivações para o seu uso são várias, que compreende desde questões energéticas como as questões ambientais, especialmente por se tratar de fontes de energia renovável, biodegradável, não tóxica e promissores substitutos do petróleo como combustível.

Os biocombustíveis vem se colocando como alternativa a diversos problemas ligados ao meio ambiente e a utilização de combustíveis fósseis, como o petróleo, entretanto pouco se vê o aprofundamento desse tema difundido em escolas e universidades, sendo atribuída a falta de recursos didáticos acessíveis que abordem os biocombustíveis como tema contextualizador uma das causas dessa problemática. Nesse contexto, esta pesquisa tem como problema central: Será que com a elaboração de procedimentos experimentais contendo uma linguagem simples, materiais de baixo custo, mas que abordem o conteúdo de forma ampla e explicativa, essa problemática seria amenizada?

Por isso este trabalho traz como proposta uma pesquisa acerca de experimentos envolvendo o aquecimento global e a produção dos biocombustíveis etanol e biogás, respaldado em temas estruturantes de conceitos químicos, tais como funções e reações orgânicas envolvendo produção de etanol e do gás metano, reação de decomposição química e bioquímica de macromoléculas, reação e entalpia de combustão, reações inorgânicas de neutralização e precipitação, destilação simples e fracionada, lei dos gases, etc. Não menos importante, os temas trabalhados nos experimentos trazem à tona as questões de CTSA abordando conceitos de aquecimento global, energia limpa, efeito estufa, reciclagem, crédito de carbono e normativas relacionadas aos combustíveis.

Os experimentos foram elaborados, otimizados e aplicados em sala de aula. Depois disso, disponibilizados a fim de auxiliar os professores nas aulas experimentais do curso de química, dando enfoque nos biocombustíveis, seja em nível médio ou superior, com aulas experimentais de duração de 2 ou 4 h. Ressalto que este trabalho foi fruto do projeto de extensão aprovado na seleção BEXT 2019 da UFRPE, com início no mês de Março e encerramento no mês de Dezembro do referente ano. O projeto intitulado “Conhecendo a Química do Biodiesel: fundamentos e aplicações na sociedade” de N° 318159.1765.9989.02122018. Foi a base da criação, ampliação e otimização de todos os experimentos, inclusive foi possível ampliar o tema para outros biocombustíveis.

Dessa forma podemos indicar como objetivo geral da pesquisa:

- Elaborar um procedimento experimental abordando os temas “Aquecimento Global e Efeito Estufa”, dando enfoque a 2 biocombustíveis: etanol e biogás.

Para o qual apontados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar tipos de experimentos sobre Aquecimento global, etanol e biogás como biocombustíveis com potencialidades de serem realizados em sala de aula;

- Analisar as dificuldades de montagem e aplicação dos experimentos selecionados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção vamos apresentar o referencial teórico necessário para compreensão da pesquisa, a saber: o papel da experimentação no ensino de química, A importância da atividade experimental relacionadas à teoria, aquecimento global e efeito estufa, etanol e biogás.

2.1. O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Entende-se que o docente precisa fazer uma conexão entre os conceitos presentes no currículo escolar e sua prática para facilitar o ensino-aprendizagem, trazendo para a sala de aula o que ocorre no cotidiano e no mundo por meio de temáticas, como aquelas ligadas às questões sociais, ao meio ambiente e tecnologias.

No entanto, para que o professor possa desenvolver novas práticas metodológicas, em que pudesse aproximar o cotidiano do educando ao conteúdo e aos elementos específicos das disciplinas, seria necessário que essas abordagens pudessem ser vivenciadas durante sua formação, elas deveriam estar presentes nos cursos dos professores (FREIRE, 1997).

É consenso entre a maioria dos docentes de ciências (referência) que a utilização da experimentação é uma ferramenta fundamental para o ensino das disciplinas e também se constitui como uma prática científica (Pinho Alves, 2000). Em contribuição com o uso de experimentos em aulas práticas Oliveira (2012) coloca que:

entre as possíveis contribuições do trabalho experimental, está a capacidade de trabalhar em grupo, rompendo o comum trabalho isolado dos alunos e contribuindo para a socialização deles e o desenvolvimento da iniciativa pessoal e a tomada de decisão, sendo necessário para isso garantir a liberdade de expressão, rompendo a inatividade física e intelectual dos alunos.

No entanto, mesmo sendo consideradas importantes, as atividades pedagógicas envolvendo aspectos experimentais normalmente não estão presentes no ambiente escolar. São muitas as justificativas dadas como tentativa de explicação dessa realidade, que vão desde as limitações da formação do professor, passando pelas inúmeras dificuldades características da nossa realidade escolar como limitação de recursos financeiros e até mesmo tangenciando aspectos referentes à carga horária atualmente dedicada às aulas de ciências. Ainda quando empregada, o que se identifica é a falta de uma ligação clara e definida com os conteúdos de ensino trabalhados (BARBOSA, 1999; ATX, 1991; BORGES, 2002) tornando a

experimentação apenas mais uma das inúmeras tarefas que compreendem o ensino (HODSON, 1996).

Percebe-se na experimentação um elemento importante para o ensino de ciências uma vez que esta é também uma dimensão dessa própria ciência. Dessa forma, buscamos a experimentação como uma das técnicas capazes de propiciar ao aluno eficiência na construção e aprendizagem de conceitos e de “modelos científicos” e não simplesmente como um elemento de motivação para os alunos (BARBOSA, 1999).

Abordando as atividades experimentais sob diferentes enfoques com base na análise de artigos relativos ao tema, Araújo (2003) identifica algumas das principais tendências dos trabalhos acerca da utilização da experimentação, que segundo ele são: demonstração, verificação e investigação. Como uma das tendências mais utilizadas, a demonstração incorpora elementos empírico-indutivistas e desconsidera a dinâmica de construção do conhecimento científico que, embora incorporando aspectos empíricos, não reconhece neles exclusividade constitutiva da ciência. Entretanto, entende-se que a dimensão empírica das ciências naturais, a qual a experimentação representa, tem um papel relevante no processo de produção de novos conhecimentos e, neste sentido, todo e qualquer trabalho pedagógico com a ciência deve considerá-lo.

Para Snyders (1998) no processo de ensino de ciências é possível identificar dois importantes instantes que embora antagônicos contribuem para o seu desenvolvimento: a ruptura e a continuidade. Esses instantes representam não apenas, epistemologicamente, a essência do desenvolvimento científico, mas também um par sempre presente no processo de ensino e aprendizagem de ciências. Ao exemplificar com algumas questões que poderia surgir em uma experiência de queda de corpos de pesos diferentes, ele diz:

O aluno considera muito freqüentemente, pelo menos no início, que a experiência está apenas destinada a reafirmar suas concepções ou a persuadir os outros. Quando a experiência contradiz a evidência do que se acreditava, ele resiste tão obstinadamente à recolocação da questão que prefere criticar os instrumentos, o modo pelo qual foram utilizados: mediu-se mal ou mediu-se de alturas de queda muito baixas, etc. (p.102).

Nesse caso, percebe-se o conflito cognitivo do sujeito frente a um novo obstáculo. Essa situação, se bem orientada pelo professor, pode conduzir a um aprimoramento dos modelos do aluno de forma a aproximá-lo dos conceitos cientificamente aceitos. Desta forma, a utilização do método experimental é de grande valia para a promoção desses instantes de ruptura e continuidade, na medida em que é um evento que sendo bem trabalhado é repleto de significados e aplicações. Snyders (1998) lembra ainda, do obstáculo que o simples bom senso e a observação comum representam ao conhecimento, pois os erros tornam-se

consistentes e solidários entre si, gerando uma estrutura difícil de ser modificada. Daí a necessidade de instituir o que chamou de “psicanálise dos erros iniciais”.

O autor caracteriza ainda a experimentação como um elemento na convergência entre as práticas e o pensamento teórico, responsável pela satisfação e alegria, tema recorrente de seu livro. Sobre isso ele nos diz:

Alegria de agir sobre os objetos, de experimentar, isto é, de colocar suas ideias à prova dos fatos, aperceberem-se de seus erros e ter confiança que se pode retificá-los; os fenômenos familiares colocam-se em ordem, as noções integram-se, ligam-se em conjuntos estruturados, ao mesmo tempo em que se vai à uma convergência entre as práticas e o pensamento teórico: esse sentimento de unidade conduz o indivíduo à satisfação, enquanto que a distorção, a fragmentação suscitam ao contrário dor, até mesmo culpabilidade (p. 99).

Para além de “provar” ou “demonstrar” leis e teorias, as atividades experimentais são importantes por representarem na prática a própria ciência, o que normalmente ocorre é que ela é apresentada em um modelo caricatural conhecido como método científico. Com a experimentação conseguimos ampliar os horizontes e alcançar maior eficácia no processo de ensino-aprendizagem.

2.2. AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA

O efeito estufa foi primeiramente observado em estufas de vidros para cultivo de plantas, observaram que o ambiente ficava mais quente dentro da estufa que fora. A explicação para essa observação foi que os raios solares penetravam pelos vidros e após absorvidos eram emitidos novamente com comprimentos de onda maiores não conseguindo sair pelos vidros fazendo a temperatura do ambiente subir. (LABOURIAU, 1994).

Cientistas começaram a investigar se esse fenômeno também ocorria com a Terra devido à atmosfera e nuvens. Estudos mostraram que as nuvens se comportam de forma semelhante ao vidro, fazendo com que a temperatura da Terra seja maior que a do espaço. Um indicativo desse fenômeno são que as noites onde não se tem nuvens, como as do inverno, são mais frias que outras onde tem nuvens na atmosfera. (LABOURIAU, 1994) Outro motivo para o efeito estufa é o dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água, metano (CH_4), ozônio (O_3), óxidos de nitrogênio (NO_2 , NO_3 , N_2O), entre outros gases que formam o ar atmosférico, eles são chamados de gases do efeito estufa (GEE). Nesse processo as moléculas dos GEE ao absorverem a radiação infravermelha começam a vibrar e emitem radiação, a fim de voltar ao estado energético menos excitado, que será posteriormente absorvida por outras moléculas

dos GEE, fazendo com que ocorra um ciclo de absorção-emissão-absorção (LABOURIAU, 1994).

Segundo Maria Léa Salgado Labouriau (1994) uma indicação que esse efeito dos GEE existe é a partir da comparação entre a temperatura observada na superfície da Terra com a superfície de Marte, onde é muito frio e quase não se tem vapor d'água e CO₂ em sua atmosfera e com a superfície de Vênus onde é muito quente devido à grande quantidade de CO₂ em sua atmosfera. Sem esse efeito a temperatura média do planeta Terra seria em torno dos -18 °C, com picos de temperaturas muito altas, devido a face da Terra que está exposta ao Sol e outra com 12 temperaturas muito baixas, devido a face que não está exposta ao Sol. É importante salientar que nem toda a radiação emitida pelo Sol é absorvida por esses gases. Essa radiação tem diversos destinos diferentes, 25% é absorvida pela atmosfera, 19% é refletida pela atmosfera, 6% é espalhada pela atmosfera e 5% refletida pela superfície e 45% é absorvida pela superfície da Terra (Figura 1) (BAPTISTA, 2009).

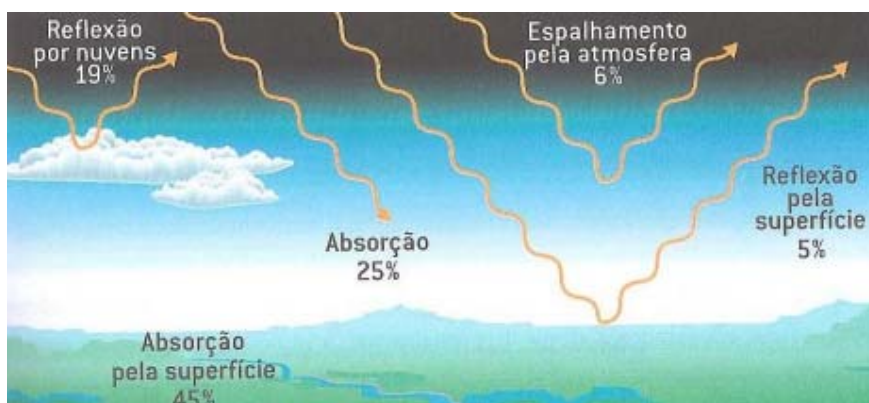
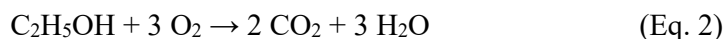
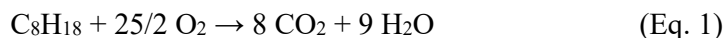


Figura 1: Balanço da radiação solar. (Fonte: Baptista, 2009).

Levando-se em consideração que a quantidade de CO₂ emitido pelo homem podemos ver nas reações abaixo a combustão de combustíveis fósseis, como da gasolina (Eq. 1) e do etanol (Eq. 2).



Apesar do efeito estufa ser um fato essencial para sobrevivência no planeta Terra, o excesso de alguns GGE tem aumentado a temperatura do planeta causando o aquecimento global. Por isso, na 21ª Conferência das Partes (COP21) ocorrida em Paris, em 2015, foi adotado um novo acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da

mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças. Como resultado da Conferência, foi proposto o Acordo de Paris, aprovado pelos 195 países, para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável. O compromisso se deu no sentido de manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2 °C acima dos níveis pré-industriais e de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais.

2.3. ETANOL

O Brasil é reconhecido mundialmente pelo pioneirismo na introdução do etanol em sua matriz energética. Inicialmente, o álcool etílico anidro foi adicionado à gasolina como oxigenante, tornando-se a mistura compulsória a partir de 1938. Em 1975, com o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o percentual de álcool anidro misturado à gasolina aumentou significativamente e o álcool etílico hidratado passou a ser utilizado em veículos cujos motores foram especialmente desenvolvidos para esse combustível (THEREZA, 2009).

O etanol tomou espaço no setor econômico do nosso país. Mas, por outro lado, ao compararmos a relação da energia renovável produzida e a fóssil utilizada podemos observar seu impacto ambiental, como pode-se observar na Tabela 1 Tabela 1.

Tabela 1: Fluxo de energia na produção de etanol (MJ/t cana).

Produção/ Transporte de Cana	182,2
Processamento para etanol	43,1
Energia Fóssil Usada	225,4
Energia Produzida Etanol	1.897,4
Energia no Bagaço Excedente	95,3
Eletricidade Excedente	19,8
Energia Renovável Produzida	2.012,5
Renovável Produzida / E. Fóssil Usada	
Etanol+ Bagaço	8,8

Fonte: Macedo, 2005.

Na última década, a demanda por etanol no mercado internacional tem sido cada vez mais crescente. O Brasil, além de maior produtor e consumidor de etanol, é também o maior exportador no cenário global (MACEDO, 2005).

Até meados de 2002 as exportações brasileiras de álcool eram insignificantes, mas com o crescimento da demanda por esse biocombustível no mercado internacional, o volume exportado cresceu de 565 milhões de litros em 2003, para 2,1 bilhões de litros no período de janeiro a novembro de 2005 (SECEX, 2005).

O etanol é, numa definição simples, um álcool incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água, derivado da cana-de-açúcar, do milho, da uva, da beterraba ou de outros cereais, produzido através da fermentação da sacarose. Comercialmente, é conhecido como álcool etílico, e sua fórmula molecular: C_2H_5OH ou C_2H_6O .

O álcool contém aproximadamente 35% de oxigênio em sua composição e possui combustão limpa, ou seja, sua queima resulta em calor, sem presença de muita fuligem e o CO_2 gerado entra na sua cadeia produtiva. Devido a isso, o saldo de emissão de CO_2 na queima é baixíssima, como podemos observar no ciclo do carbono na Figura 2.

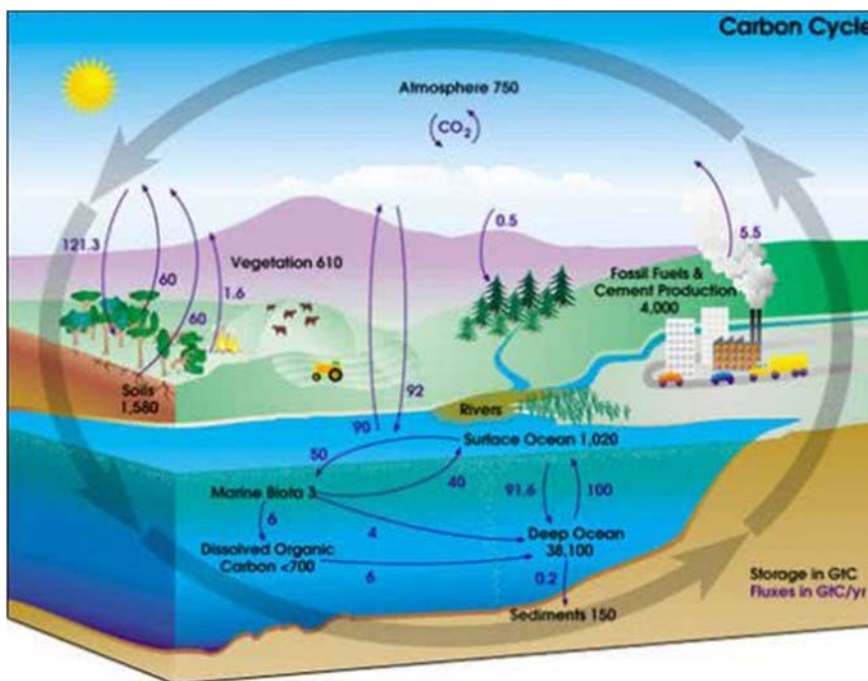
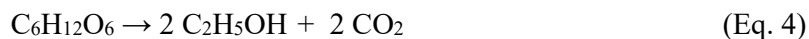
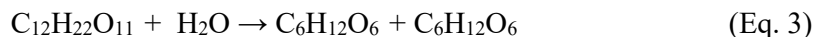


Figura 2: Ciclo do Carbono. (Fonte: <https://www.todamateria.com.br/ciclo-do-carbono/>)

Na fermentação do caldo da cana-de-açúcar, catalisada por enzimas produzidas por leveduras, ocorre a reação química (Eq. 3) de quebra da molécula de sacarose em glicose e

frutose (enzima invertase) e posterior transformação (Eq. 4) em etanol e gás carbônico (enzima zimase). Esse processo é anaeróbico, ou seja, sem a presença de oxigênio.



Após esse processo é possível realizar a destilação do caldo da cana já fermentado utilizando o processo de controle da temperatura. Esse processo também é conhecido como purificação, que se faz usando destilação azeotrópica. O etanol pra ser comercializado precisa ser redestilado para ser anidro. Essa destilação pode ser substituída pela destilação fracionada, onde é possível se obter o etanol, relativamente mais puro que a destilação que a destilação simples.

2.4. BIOGÁS

Biogás pode ser definido, de forma simples, como uma fonte de energia limpa e renovável. Calcula-se que o potencial combustível desse material seja equivalente a aproximadamente seis milhões de litros de petróleo ao ano. Assim sendo, com todo esse volume possivelmente disponível, tem havido uma crescente disseminação de projetos e ações voltados para o uso de óleos vegetais e de resíduos urbanos e agroindustriais para a geração de energia, particularmente por meio de projetos de co-geração (CENBIO, 2010).

A biomassa necessária na produção do biogás é geralmente proveniente de resíduos orgânicos, dejetos e de atividades agroindustriais, como resíduos agrícolas, florestais e agropecuários. Todos os organismos existentes capazes de realizar fotossíntese – ou derivados destes – podem ser utilizados como biomassa. Como alguns exemplos de biomassa, podemos citar a cana-de-açúcar, estrume de animais, restos de comida, restos de madeira, óleo vegetal ou até mesmo o lixo urbano.

Apesar de ser atualmente o centro de atenção de alguns setores, a biomassa já é conhecida e utilizada pela humanidade há muito tempo. Durante milhares de anos foi a única fonte de energia disponível à população, uma vez que não havia conhecimento científico para a exploração de outros recursos. Em um fogão à lenha ou em uma fogueira, a madeira queimada é um combustível de biomassa (MARTINS 2009).

Estando a poucos passos de uma crise energética, com a previsão do fim das reservas de petróleo e carvão mineral, a energia elétrica também cada vez mais escassa e a energia nuclear um tanto perigosa, torna-se uma questão vital a busca por fontes alternativas de

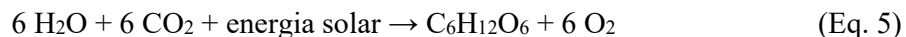
energia e inúmeros esforços estão sendo feitos para que seja possível obter o máximo de energia da biomassa.

Outro fator importante é o volume cada vez maior de lixo produzido no mundo. Uma vez que até este lixo pode ser aproveitado para geração de energia e a sua utilização contribui para amenizar vários problemas ao mesmo tempo: diminuição do nível de poluição ambiental, contenção do volume de lixo das cidades e aumento da produção de energia. Exemplos práticos disso são as sobras de casca de arroz, que geram energia para a indústria gaúcha, a queima do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de vapor para produção de energia elétrica. Também é fato que algumas cidades do mundo já utilizam parte de seu lixo urbano para produzir energia elétrica.

Dentre as vantagens do biogás na produção de energia, podemos citar:

- ✓ Ser fonte de energia limpa e renovável;
- ✓ Causar menor corrosão de equipamentos;
- ✓ Reduzir a dependência de petróleo por parte de países subdesenvolvidos, servindo também, dessa forma, como descentralizadora de poder;
- ✓ Diminuir o lixo industrial. Pequenos produtores que utilizariam restos de produção, como fonte de biomassa, para geração própria de energia. Por exemplo, madeiras que passariam a utilizar resíduos (serragem e restos de madeira), que antes virariam lixo;
- ✓ Ter baixo custo de implantação e manutenção;
- ✓ Processo de transformação da energia;

Através da fotossíntese, as plantas transformam a energia proveniente da luz do sol em energia química, que mais tarde pode ser convertida em calor, combustível ou eletricidade. Quimicamente, a fotossíntese é representada de acordo com o esquema (Eq. 5) abaixo:



Se o processo de transformação da biomassa em energia for executado de maneira eficiente e controlada, a queima resultará em água (H₂O) e dióxido de carbono (CO₂), além da própria energia. Devido a este motivo, a biomassa é considerada uma fonte totalmente renovável e, se empregada da forma correta, não-poluente. Produzida eficientemente, a biomassa também pode representar uma parcela significativa da energia total gerada em um país.

2.4.1 – Digestão anaeróbica

O processo de digestão anaeróbia envolve a degradação e estabilização da matéria orgânica levando à formação de metano, produtos inorgânicos (dióxido de carbono) e resíduo líquido rico em minerais que pode ser utilizado como biofertilizante (matéria orgânica estabilizada). A representação da digestão anaeróbia pode ser feita pela Equação 6 (KELLEHER *et al.*, 2002).



A digestão anaeróbia é um processo de fermentação simples que pode ocorrer em uma lagoa anaeróbia ou em um tanque. A degradação anaeróbia da matéria orgânica a metano é um processo biológico que ocorre em diferentes fases, sob ação de microorganismos que atuam de forma simbiótica (KELLEHER *et al.*, 2002). Isso torna necessária a representação do processo anaeróbio incluindo outras populações de bactérias intermediárias. Essas bactérias ou microrganismos são os hidrolíticos, acidogênicos, acetogênicos e metanogênicos. As bactérias acidogênicas e as arqueas metanogênicas apresentam características diferentes, principalmente em relação às exigências nutricionais, a fisiologia, o pH, o crescimento e a sensibilidade quanto a variações de temperatura (CHERNICHARO, 1997). Em relação à velocidade de reprodução, quando comparadas às bactérias acidogênicas, as arqueas metanogênicas apresentam menor velocidade além de serem mais sensíveis às condições adversas ou alterações das condições ambientais.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo para seleção dos experimentos e suas explicações conceituais foi desenvolvida a partir de uma pesquisa bibliográfica utilizando recursos diversos, tais como artigos científicos de revistas nacionais da área de ensino de química, vídeos disponibilizados na internet e livros acadêmicos. A partir dessa pesquisa, selecionou-se alguns experimentos com potencial para realização em sala de aula ou em laboratório e foram construídos e testados em laboratório. Os experimentos foram testados e otimizados no Laboratório de Óleo e Biodiesel (LOB) situado na UFRPE, em Recife, Pernambuco.

Tendo como objetivo construir um procedimento experimental abordando os temas “Aquecimento Global e Efeito Estufa”, dando enfoque a 2 biocombustíveis: etanol e biogás,

foram selecionados 3 experimentos, um para cada tema. O critério de seleção dos experimentos foi baseado na possibilidade de sua replicação e/ou adaptação a estrutura física dos laboratórios de ensino do Departamento de Química da UFRPE. Foram dadas prioridades aos experimentos que conseguissem abordar o conteúdo de química ao longo de sua execução, e principalmente os que pudessem utilizar materiais simples, de fácil acesso e baixo custo, além de priorizar a segurança e conforto dos docentes e discentes durante sua realização. Os experimentos apresentados podem ser abordados nas disciplinas de Biocombustíveis, bem como em algumas aulas de Química L2 do curso de Licenciatura em Química.

3.1. ELABORAÇÃO DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Após a escolha, validação, otimização e aplicação dos métodos, foi escrito um roteiro contendo uma introdução simples sobre cada experimento, os objetivos, materiais e equipamentos utilizados, e o procedimento, contendo uma descrição sobre a montagem do equipamento para realização do experimento, e quando necessário, sugestões de questões (entre 3 e 5) que relacionem o experimento ao conteúdo abordado em sala de aula. A proposta é que o recurso didático tenha um formato que possibilite uma compreensão simples do conteúdo, que contenha figuras para facilitar a assimilação do que será utilizado no laboratório, importante ponto para utilização do recurso em aulas ministradas em escolas que não possuam uma estrutura de laboratório.

3.1.1 – Proposta de experimento sobre aquecimento global e efeito estufa

MATERIAIS E REAGENTES

- ✓ 01 Becker de 1 L;
- ✓ 02 provetas de 250 mL;
- ✓ 02 termômetros;
- ✓ Água;
- ✓ 01 Lâmpada de 40 W e 110 V;
- ✓ 01 Suporte para lâmpada;
- ✓ 01 Mangueira de 40 cm;
- ✓ 01 Fita adesiva;
- ✓ 01 Lupa;
- ✓ 01 relógio.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Montagem do esquema:

- Acoplar um termômetro em cada proveta (na parte de dentro) com a fita adesiva, de uma forma que seja possível visualizar a variação da temperatura durante o experimento.

- Encher o Becker até aproximadamente 500 mL com água;

- Encher as duas provetas, uma até a metade e a outra por completo com água (deve-se ter o cuidado de não deixar nenhum espaço com ar na proveta que será cheia por completo);

- Separar a proveta que será cheia por completo, com o auxílio da mão, com cuidado, tape a proveta e vire no previamente cheio, a proveta deve estar de cabeça para baixo, como mostrado na Figura 3;

- Depois de posicionar a primeira proveta dentro do Becker cheio de água, separe a mangueira e a insira dentro da proveta (é importante adicionar um pouco de água a mangueira para evitar a presença de ar atmosférico dentro dela);

- Separe a proveta que foi cheia com água até aproximadamente a metade e repita o procedimento para colocá-la no Becker;

- Segure a mangueira já posicionada dentro da proveta e sopre até que o volume seja parecido o mais parecido com o da proveta cheia até a metade;

- Identifique qual proveta está cheia com ar atmosférico e qual está com o ar contendo CO₂;

- Posicione a luminária perto das provetas e acenda;

- Com o auxílio da lupa observe a variação da temperatura e anote na tabela.

Tabela de Variação de temperatura:

TEMPO	PROVETA 1 (CO ₂)	PROVETA 2 (ar atmosférico)
5 min		
10 min		
20 min		
40 min		
60 min		

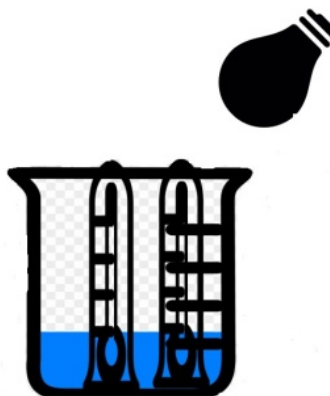


Figura 3: Sistema experimento sobre aquecimento global e efeito estufa.

3.1.2 – Proposta de experimento sobre biogás

MATERIAIS E REAGENTES

- ✓ 02 galões de 15 L ou de 5 L;
- ✓ 02 mangueiras de silicone de 40 cm;
- ✓ 02 torneiras de jardim;
- ✓ 01 cola de silicone;
- ✓ 01 durepox;
- ✓ 500 g de material orgânico (restos de alimentos, fezes de animais, etc.);
- ✓ 2 L de água;
- ✓ Fenolftaleína;
- ✓ 01 estilete.

Acompanhamento do volume de gás produzido (Opcional)

- ✓ 01 proveta 250 mL;
- ✓ 01 mangueira de silicone de 40 cm;
- ✓ 01 bandeja;
- ✓ 01 suporte universal;
- ✓ 01 garra.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Construção do biodigestor

- Separe o galão de 15 L ou de 5 L vazio e limpo, com o auxílio do estilete faça um furo no galão, de maneira que seja possível encaixar a torneira de jardim. O furo deve ficar localizado na lateral do galão, próximo à tampa;

- Faça um furo na tampa do galão que já está com a torneira de jardim encaixada, e na do outro galão, do tamanho necessário para encaixar a mangueira, encaixe a mangueira nas duas tampas;

- Com o auxílio do durepox e da cola de silicone vede qualquer brecha que possibilite a entrada de ar nos galões, tanto nas tampas, quanto onde a torneira foi encaixada.

Montagem do sistema:

- Adicione a biomassa até aproximadamente a metade do galão que não contém a torneira, logo após isso adicione água ao galão até que ele fique quase cheio, mas com espaço até a tampa;

- Feche o galão contendo a mistura biomassa+água, com a tampa já contendo a mangueira acoplada e reforce o processo de vedação com o durepox e a cola de silicone;

- No galão contendo a torneira acoplada, adicione uma solução diluída de NaOH até aproximadamente a metade do galão, adicione logo após isso 6 a 8 gotas de fenolftaleína e feche o galão com a tampa que já contém a mangueira acoplada ligando os dois galões.

- *Observações importantes: A mangueira do galão contendo a biomassa deve estar acima da mistura, já a parte da mangueira que vai estar no galão contendo a solução de NaOH deve estar imersa na solução;*

Sistema de Coleta e Acompanhamento do Volume de Gás (opcional)

- Depois de todo o sistema de produção do biogás montado, separe o suporte universal, a bacia, a garra e a proveta;

- Encha a bacia com água até que ela fique praticamente cheia;

- Encha a proveta com água até que ela fique completamente cheia, sem nenhum espaço de ar dentro dela;

- Com muito cuidado posicione a proveta de cabeça para baixo dentro da bacia, garantindo que a mesma continue cheia e que ela não toque no fundo da bacia, mas continue imersa. E prenda a proveta com a garra no suporte universal;

- Encaixe uma mangueira na torneira de jardim acoplada ao biodigestor, e com cuidado coloque a mangueira dentro da proveta já posicionada no sistema e imersa na água;
- Abra a torneira e acompanhe se há alteração do volume diariamente.



Figura 4: Modelo de sistema biodigestor (5 L). Fonte: Autora

3.1.3 – Proposta de experimento sobre etanol

MATERIAIS E REAGENTES

- 01 Kitassato de 500 mL;
- 01 bastão de vidro;
- 01 estante para tubo;
- 01 tubo de ensaio
- 01 coador de pano;
- 01 argola;
- 01 mangueira;
- 01 rolha para fechar o kitassato;
- 200 mL de caldo de cana;
- 01 sachê de fermento seco biológico para paes;
- 01 condensador reto;
- 02 suportes universal;

- 01 manta aquecedora;
- 01 balão com fundo redondo de 250 mL com junta esmerilhada;
- 20 tubos de ensaio;
- 01 proveta de 200 mL;
- 01 béquer de 50 mL;
- 01 estante para tubo;
- 01 coador de pano;
- 02 garras;
- 01 termômetro;
- 01 rolha de borracha com furo para termômetro;
- 01 junta conectante para destilação;
- mangueira

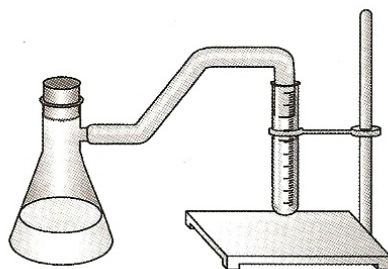


Figura 5: Sistema de fermentação.

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/destilacao.htm>.

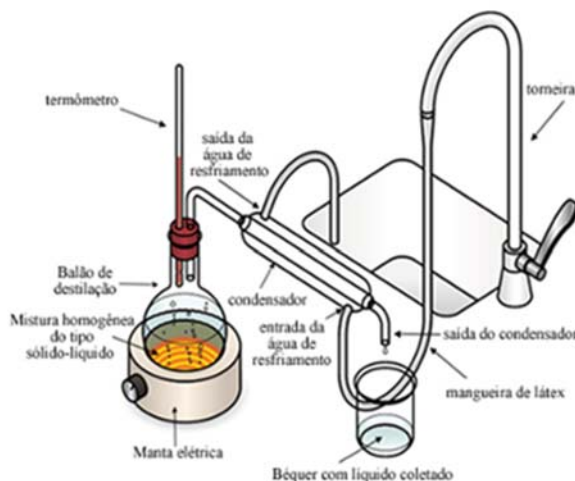


Figura 6: Sistema de destilação simples. Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/destilacao.htm>.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

Fermentação:

- Filtre 400 mL de caldo de cana em filtro de pano a fim de remover as impurezas sólidas presentes no caldo;
- Ferva esse caldo por aproximadamente 5 min para que os microorganismos presentes não interfiram no processo de fermentação;
- Resfrie com choque térmico em banho de gelo e espere chegar à temperatura ambiente.
- Filtre esse caldo direto para um Kitassato;
- Pese 10 g do fermento seco biológico (ou use um sachê disponível comercialmente) e dissolva em um béquer com aproximadamente 10 mL de água, com ajuda de um bastão de vidro;
- Transfira esse fermento em pó dissolvido para o kitassato que já está com o caldo de cana;

- Acople ao kitassato uma mangueira e a conecte em um tubo de ensaio contendo água destilada;

- Tampe o kitassato com uma rolha, deixando-o bem fechada e deixe o sistema em repouso por pelo menos 20 horas;

Destilação:

- Filtre o caldo com ajuda de um filtro de pano, diretamente para uma proveta e transfira 150 mL desse caldo coado para o balão de destilação;

- Monte o sistema de destilação simples, de acordo com a Figura 6;

- Aqueça a manta aquecedora em baixa temperatura, aumentando-a gradativamente ao longo da destilação;

- Ao começar a destilação, anote a temperatura inicial colete frações a cada 10 mL aproximadamente, anotando a faixa de temperatura para cada fração;

- Ao final da destilação, transfira a 1ª fração para uma capsula de porcelana faça o teste da chama a fim de detectar a presença do etanol;

- Repita esse teste de chama para cada fração e anote o que se observa;

- Meça o volume restante após a combustão para cada fração e discuta os dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após otimização dos experimentos e elaborado um procedimento metodológico, os mesmos foram aplicados nas aulas práticas da disciplina optativa de Biocombustíveis e da disciplina obrigatória de Química L2 ofertada do curso de licenciatura em química da UFRPE Sede nos semestres 2019.1 e 2019.2, respectivamente, pela professora Claudia Cardoso, sob meu auxílio e de uma monitora da disciplina.

A turma de Biocombustíveis tinha 27 alunos e a de Química L2 tinha 37 alunos. A turma de Química L2 era composta por alunos do curso de licenciatura e química em sua

totalidade, enquanto que no curso de Biocombustíveis havia um aluno do curso de Engenharia de Pesca e outro de Biologia.

4.1 EXPERIMENTO SOBRE AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA

4.1.1 – Montagem em laboratório

Para construção desse experimento foi utilizado como base o vídeo intitulado “Experimento - Efeito Estufa/Aquecimento Global <https://www.youtube.com/watch?v=7JSWmQP2uQs>. No vídeo o professor replica o que ocorre na nossa atmosfera terrestre evidenciando na prática que o CO₂ retém quantidades significativas de calor. A partir do vídeo foi possível adaptar os materiais e simplificar o experimento.

A prática intitulada “Experimento 1: efeito estufa / aquecimento global”, foi idealizada para ser realizada na aula da disciplina de Biocombustível e apresentava como objetivo o de mostrar como os gases do efeito estufa, especificamente o CO₂, tem um poder de aquecimento do ar atmosférico. Para tanto comparou-se dois ambientes gasosos, sendo um deles rico em CO₂, tendo-se como principal parâmetro a variação de temperatura. Esse experimento foi primeiramente testado e otimizado em laboratório, antes de sua aplicação em sala de aula

A primeira alteração do procedimento do vídeo base foi quanto a obtenção do CO₂. O vídeo propõe a produção e aprisionamento do CO₂ a partir de uma reação química com ácido acético (vinagre) e bicarbonato de sódio. A fim de simplificar o experimento, uma vez que o foco da aula não era a reação química de produção de CO₂, e sim apenas de seu estudo, aprisionamos o gás CO₂ liberado na nossa expiração através de uma mangueira direto para o sistema de coleta de gás, utilizando o sistema evidenciado na Figura 7. Observe que o sistema apresenta 2 provetas vertidas de cabeça para baixo dentro de um béquer cheio de água, sendo que uma delas (provetas “A”) ficou completamente cheia de água, sem a presença de ar algum enquanto a outra proveta (provetas “B”) já teve propositalmente um certo volume de ar atmosférico. Foi inserido cautelosamente um termômetro analógico de etanol dentro de cada proveta. Ao soprarmos o CO₂ para dentro da proveta “A”, saturamos ela com um ar rico em CO₂ no mesmo volume que a proveta “B” que tem o ar atmosférico. Sabe-se que ambos os sistemas tem CO₂, mas a proveta “B” tem muito mais devido ao produto da expiração.

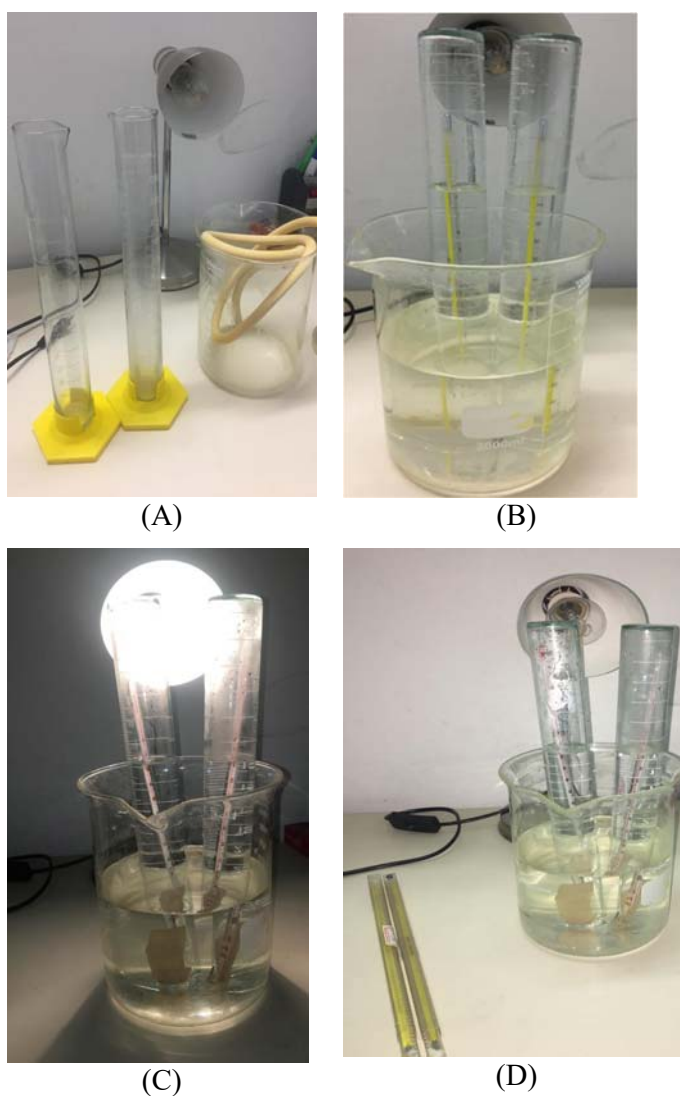


Figura 7: Sequência do experimento sobre Aquecimento global e efeito estufa. Fonte: Autora

Após montado o sistema, tendo uma proveta cheia com o ar atmosférico e outra saturada com CO_2 (Figura 7), colocado, de modo equidistante, uma lâmpada que tivesse um rápido poder de aquecimento de modo a aquecer ambos os sistemas nas mesmas condições. Uma lupa foi usada para melhor se observar a variação de temperatura dos termômetros. Ao longo de 1 h a variação de temperatura em ambos os sistemas foi medida e anotada, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Variação da temperatura em relação ao tempo durante construção do experimento.

TEMPO (min)	Proveta A: CO_2	Proveta B: ar atmosférico
10	26 °C	24 °C
20	28 °C	25 °C
30	30 °C	27 °C
40	31 °C	28 °C

60	33°C	29 °C
----	------	-------

Fonte: Autora

Após o fim do experimento foi possível evidenciar que o ar rico em CO₂ apresentou um maior aumento de temperatura comparada com o ar atmosférico. Sabemos o grande risco que o aumento excessivo do aquecimento global e o efeito estufa trazem ao nosso planeta, e muitas vezes esse assunto não é abordado nas salas de aula, talvez por falta de materiais que abordem esse tema. O experimento, apesar de simples, consegue abordar e trazer à tona o objetivo do processo, mostrando a influência do CO₂ no aquecimento global e no efeito estufa, fazendo com que o docente consiga trabalhar uma discussão elaborada em sala de aula e ainda conscientizar os estudantes sobre sua emissão e ainda propor maneiras para sanar e ou minimizar esse problema.

4.1.2 – Aplicação em sala de aula

Durante a aula da Profa. Claudia Cardoso no curso de Biocombustíveis sobre o “efeito estufa e aquecimento global”, montamos, em plena sala de aula, o procedimento proposto e os alunos puderam vivenciar o experimento, da mesma forma que a descrita acima. Novos dados foram coletados e uma tabela similar a Tabela 02 foi preenchida ao longo da aula. Durante os 60 min de observação do experimento, a professora continuava sua aula com abordagens teóricas e ao término desse tempo, os dados coletados foram discutidos na sala apresentados como segue na Tabela 3.

Tabela 3: Variação de temperatura em relação ao tempo observados durante a aula.

TEMPO (min)	Proveta A: CO ₂	Proveta B: ar atmosférico
10	26°C	24°C
20	29° C	31°C
30	34°C	31°C
40	36°C	33°C
60	38°C	34°C

Fonte: Autora

Ao compararmos a Tabela 2, que contou com a realização do experimento ainda no laboratório, com a Tabela 3, que contou com o acompanhamento do experimento em sala de aula, podemos observar que não houveram alterações significativas nos primeiros 30 min, após isso houve uma alteração em relação a temperatura, isso pode ter ocorrido devido à distância da luminária para as provetas, na sala de aula a luminária ficou bem próxima do

sistema, diferente de quando realizamos o experimento no laboratório, entretanto, as relações de temperatura em relação a variação permaneceu seguindo os valores de 1 °C a 4 °C, indicando ainda a eficácia do experimento.

A aplicação em sala de aula levou a alguns questionamentos dos estudantes sobre a prática. Segue abaixo alguns deles:

~ A pressão influencia na temperatura?

~ O tipo da lâmpada influencia no resultado?

~ Por que a variação de temperatura ocorre dentro da proveta se a lâmpada utilizada é a mesma para as duas provetas?

~ Como é possível comparar o que ocorre dentro da proveta com o efeito estufa e o aquecimento global?

~ Não seria melhor fazer o experimento usando a luz do sol?

Esses questionamentos foram levantados enquanto a professora dava aula e a prática ocorria. A professora respondeu a maioria das perguntas e outras deixou para que os próprios estudantes debatessem entre eles. Ao fim da aplicação da prática foi perceptível que ela atingiu o objetivo de abordar o tema central e ainda levantar outros questionamentos relacionados à química, como velocidade de reação, etc. Tal fato demonstra que o experimento cumpriu seu papel de forma eficiente e influenciou diretamente de forma positiva no processo de ensino aprendizagem sobre o tema proposto.

4.2 EXPERIMENTO DO BIODIGESTOR

4.2.1 – Montagem do experimento em laboratório

Esse experimento foi um dos mais elaborados do trabalho. A construção do biodigestor artesanal foi baseada no artigo “Construção de um biodigestor didático para a Estação Ciências do Parque Tecnológico de Itaipu” (FREITAS, F. F.; FURTADO, A. C.; CUEVAS, A. L. Y.). Tentou-se replicar o biodigestor proposto nesse artigo, utilizando itens tais como torneira de registro, canos de pvc, etc. O resultado da construção desse protótipo está ilustrado na **Error! Reference source not found.**



Figura 8: Primeiro protótipo do biodigestor. Fonte: Autora

Devido a diversos fatores, talvez de má execução do projeto, a coleta do gás não foi bem-sucedida e então esse protótipo foi abortado. Tentou-se, a partir dessa ideia, fazer um outro sistema de biodigestor com algumas adaptações da primeira proposta. Esse novo sistema de biodigestor artesanal foi construído, como mostra na Figura 9. A maior alteração do roteiro foi a proposta de se ter dois coletores em paralelo, sendo que no primeiro o biogás produzido era coletado de modo a medir o volume do biogás (coletor B), enquanto que no outro sistema, seguindo a proposta original, era de comprovar a obtenção ou não do biogás, queimando então o gás gerado (coletor A). Perceba que no sistema A, a gás sairia pela torneira de jardim e nela acenderíamos um isqueiro para observar a alimentação da chama. No sistema B, o gás produzido seria coletado no sistema de coleta de gases podendo seu volume ser lido pela proveta e depois liberado com cautela em lugar arejado. Isso nos daria tanto uma análise quantitativa da geração do biogás, como qualitativa ao se observar sua combustão. Vale salientar que esse tipo de comparação somente seria válida ao se introduzir em ambos os coletores as mesmas amostras, tanto em qualidade como em quantidade e momento.

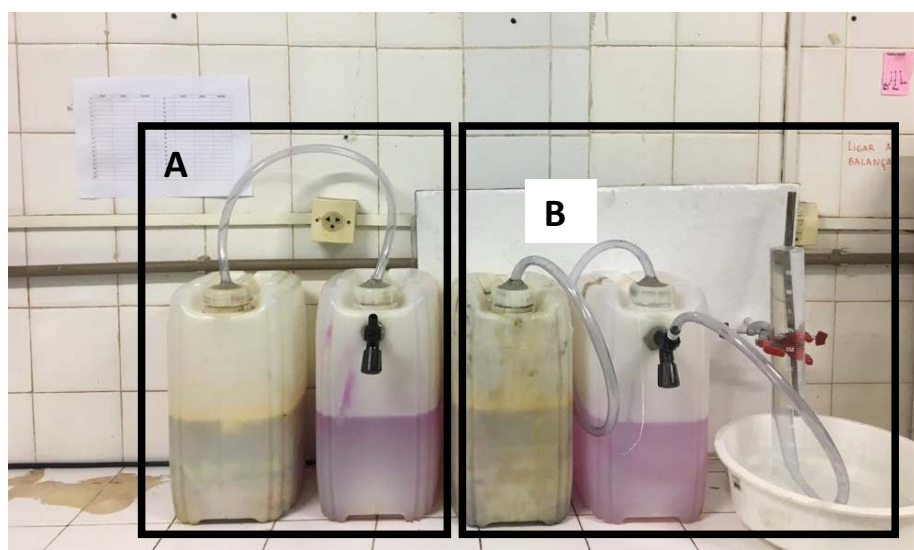


Figura 9: Biodigestor qualitativo (A) e quantitativo (B). Fonte: Autora

As matérias orgânicas utilizadas no experimento foram restos de alimentos recolhidos no restaurante universitário da própria UFRPE sede. Misturamos 1 kg de desse resíduo com 2 L de água de torneira e transferimos a mesma quantidade dessa mistura para cada biodigestor. Em seguida eles foram vedados com durepox e cola de silicone para impedir o contato da matéria orgânica com o ar atmosférico, uma vez que o processo precisa se dar em meio anaeróbico, além de impedir o vazamento do biogás. Sabe-se que os principais constituintes do biogás são o metano (CH_4) de 50% a 75% e o dióxido de carbono (CO_2) de 25% a 40%. Outros gases, como o sulfeto de hidrogênio (H_2S), o nitrogênio (N_2), o hidrogênio (H_2) e o monóxido de carbono (CO), estão também presentes na mistura, embora em quantidades bastante reduzidas. Por isso o biogás gerado no coletor é borbulhado em uma segunda bombona contendo uma solução alcalina de NaOH e fenolftaleína. O NaOH tem a função de neutralizar os gases ácidos, tal qual o H_2S e dissolver o CO_2 . A presença da fenolftaleína serve como um “termômetro” a fim de identificar a neutralidade da solução decorrente da reação química com esses gases gerados no processo da biodigestão. Cesse modo, o gás recolhido é essencialmente o biometano CH_4 .

A montagem dos biodigestores foi feita, para os dois sistemas. Uma tabela (Tabela 4) de acompanhamento do volume de formação do biogás contendo data, hora e o volume da proveta na hora da observação foi feita.

Tabela 4: Acompanhamento da coleta do biogás produzido durante o experimento.

DATA	HORA	VOLUME (mL)
05	14:00	0
07	14:00	0

28	13:35	0
29	12:00	1
29	18:00	158
29	19:20	180
29	21:10	250

Fonte: autora

O teste durou 22 dias, com acompanhamento diário, exceto nos fins de semana. A vantagem de se fazer o sistema de coleta de gases é o de se observar a velocidade de produção do gás e assim determinar quando seria o tempo ideal de digestão da biomassa. Como podemos observar nessa Tabela 4, apenas após 21 dias do teste, o sistema de coleta do gás deu os primeiros sinais de alteração. Foi interessante observar que após esse início de biodigestão, a produção de biogás assumiu uma velocidade acelerada, passando de 1 mL para 158 mL em um intervalo de apenas 6 h. Após mais 40 min esse volume subiu para 180 mL, depois de mais 1 h o volume já chegava a 250 mL (Figura 10).

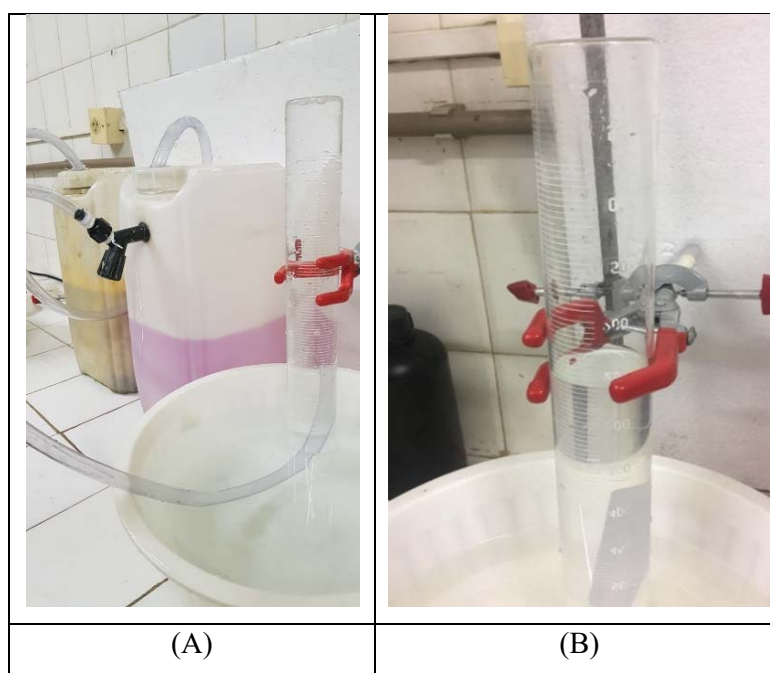


Figura 10: Sistema de coleta de biogás. (A) antes de começar a produzir o biogás; (B) biogás coletado. Fonte: Autora.

Ou seja, após 21 dias sem produção alguma de biogás, o processo de biodigestão passou de zero para 250 mL num intervalo de 9 h. Como já era noite e nossa proveta tinha uma capacidade de 500 mL, fomos obrigados a interromper a reação. Como se tratava de um combustível altamente inflamável, foi preciso levar todo o sistema para o jardim do DQ, em

um local a céu aberto, para liberar o gás aprisionado na proveta e no biodigestor a fim de evitar acidentes com possíveis explosões.

Nesse mesmo momento, o outro biodigestor que somente aprisionava o gás, apresentava o sistema bastante estufado e por isso também foi levado ao jardim de modo a promover a queima do gás utilizando um isqueiro ao abrimos lentamente a torneira do sistema. Após o fim dessa etapa, foi possível observar a dificuldade com o sistema de coleta de gás, já que o experimento é de certa forma, extenso e apresenta perigo de explosão. Felizmente essa produção repentina não se deu em um final de semana quando o DQ encontra-se fechado.

4.2.2 – Aplicação do experimento em laboratório

Apesar dos transtornos observados durante a elaboração do experimento, decidimos realizar esse experimento também em sala de aula na turma de Biocombustíveis. Entretanto algumas mudanças foram propostas, entre elas fizemos uma alteração quanto ao volume do sistema, passando de 15 para 5 litros (Figura 11A). Esses 2 novos biodigestores foram construídos pelos próprios alunos, sendo que esses mesmos alunos também escolheram diferentes biomassas para cada biodigestor. Em um dos biodigestores foi colocado uma biomassa seca, a base de palha de cana de açúcar e resto de côco ralado (Figura 11B). Enquanto isso, no outro biodigestor foi utilizada uma biomassa úmida a base de fezes de galinha, boi e cachorro (Figura 11C). Após isso foi adicionado água aos biodigestores até completar a metade do volume do galão e depois eles foram vedados também com a torneira de jardim, durepox e cola de silicone. Em nenhum dos dois casos a matéria orgânica foi pesada. Também foi decidido não fazer o biodigestor conectado a coleta do gás, sendo que ambos os biodigestores tiveram como propósito apenas o teste qualitativo de chamas. Após 16 dias eles foram abertos e o teste de chama foi realizado.

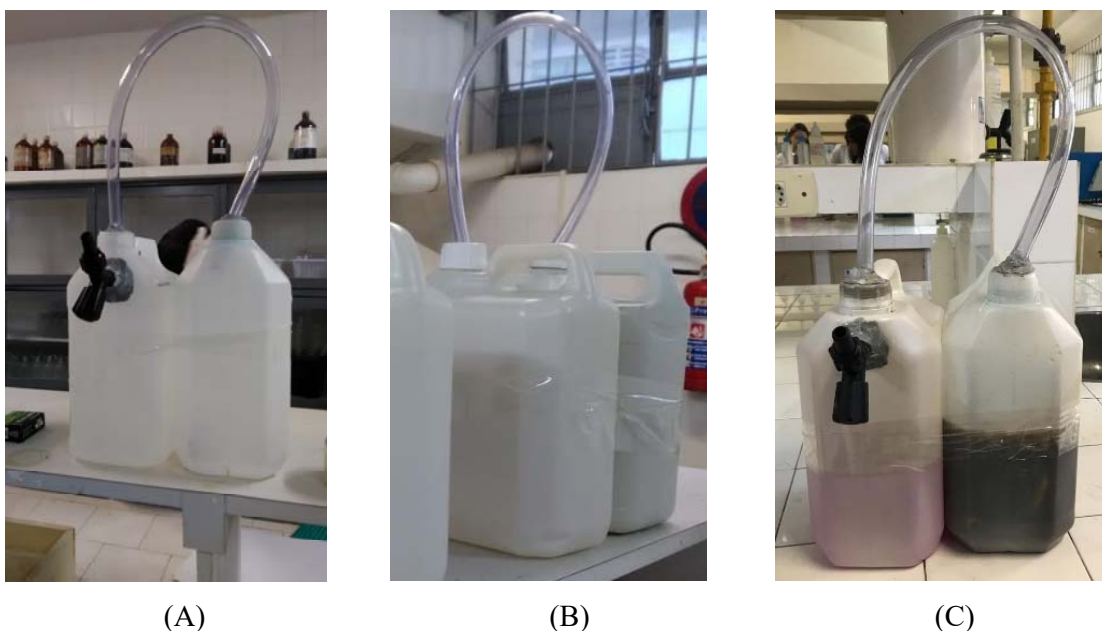


Figura 11: (A) Protótipo vazio utilizado na aula; (B) Protótipo cheio com a massa seca; (C) Protótipo cheio com a massa úmida. Fonte: Autora.

Após o término da parte experimental os discentes levantaram alguns questionamentos quanto o objetivo da prática:

- ~ Dá para produzir o biogás em casa?
- ~ Com quantos dias se produz o biogás?
- ~ Se houver entrada de ar, o gás é produzido, ou há alguma alteração na sua produção?
- ~ Tem como reutilizar o biodigestor no fim da produção?
- ~ Como o biogás se transforma em energia elétrica?

4.2 EXPERIMENTO DO ETANOL

4.2.1 – Montagem do experimento em laboratório

Nesse experimento usamos o caldo de cana comprado nos arredores da UFRPE e 10 g do fermento biológico seco granulado da marca Fermix[®]. A boca do kitassato foi vedada com o auxílio de uma rolha. Na oliva do kitassato foi acoplada uma mangueira de silicone e essa foi conectada a um tubo de ensaio contendo $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e o indicador fenolftaleína que em meio básico assume uma coloração lilás (Figura 12).

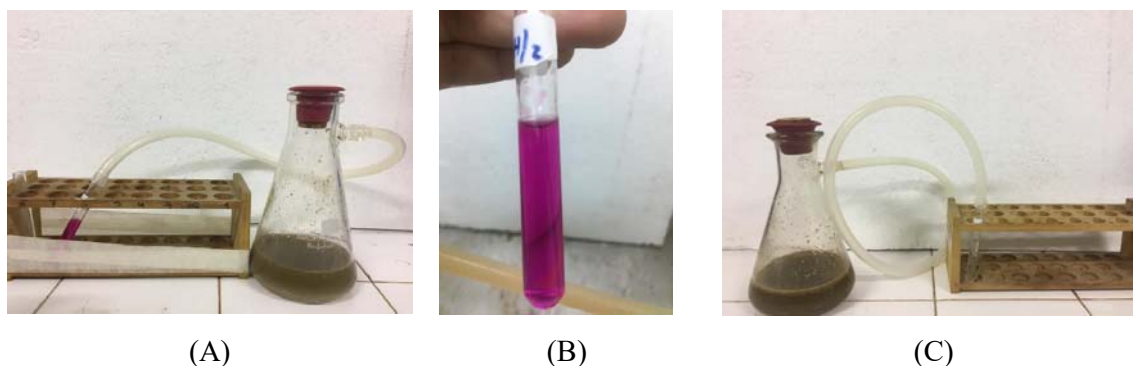


Figura 12: (A) Momento inicial da fermentação; (B) Detalhe do tubo de ensaio contendo a solução alcalina e a fenolftaleína onde será borbulhado o gás da digestão da cana de açúcar; (C) Momento final da fermentação. Fonte: Autora

Essa montagem tem dois principais objetivos. O primeiro deles é permitir que o sistema de fermentação do caldo seja anaeróbico facilitando o processo enzimático de produção do etanol. O segundo motivo se dá para evidenciar a produção do CO_2 ao longo da reação de fermentação. Esse CO_2 irá borbulhar na solução de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ onde será neutralizado formando o CaCO_3 . Nesse momento a solução fica neutra e por isso a solução no tubo de ensaio fica incolor, com a presença de uma turbidez devido à natureza insolúvel do CaCO_3 . No nosso caso, essa observação se deu após transcorrido 4 dias de reação. Nesse momento, assumimos que a reação já havia acontecido e o etanol já estivesse sido produzido.

Dessa forma, a segunda etapa do experimento se deu a fim de purificar o etanol produzido. Esse processo se faz necessário para separar o etanol da grande quantidade de água que também está presente na mistura e forma uma mistura azeotrópica de difícil separação ao se tentar realizar através de uma destilação simples. A fim de se evidenciar isso, dividimos esse produto final em duas partes iguais e realizamos com uma delas a destilação simples e com a outra fizemos uma destilação fracionada utilizando uma coluna de vigreux (Figura 13).



Figura 13: Sistema de destilação fracionada. Fonte: Autora

A destilação simples deu início com a coleta de uma fração que destilava de 96 °C a 99 °C, entretanto a variação da temperatura na destilação simples ocorreu de forma acelerada. Cerca de 7 mL dessa fração foi coletada em uma proveta e separada para posterior teste de chamas. A destilação foi continuada coletando as demais frações em outro recipiente sendo que essa nova fração foi coletada da destilação a 100 °C.

Enquanto isso, na destilação fracionada (Figura 13), deu início com a coleta de uma fração que destilava também de 96°C a 98 °C e cerca de 5mL dessa fração foi coletada também em uma proveta e separada para posterior teste de chamas.

A fim de evidenciar a diferença nas frações coletadas em ambos os processos de destilação, as primeiras frações de cada destilação foram transferidas para uma cápsula de porcelana, cada. Em cada uma delas, um teste de chama foi realizado na esperança de evidenciar a pureza do etanol obtido. Em ambos os sistemas foi observado a queima do combustível destilado através de uma chama azulada e sem formação de fuligem, evidenciando o sucesso da reação de produção do etanol. Entretanto, na cápsula que continha a fração obtida pela destilação simples, o fogo se manteve constante por pouco tempo resultando num líquido incolor ainda na cápsula, provavelmente água. Enquanto isso, na fração obtida pela destilação fracionada a queima do material foi completa (Figura 14).

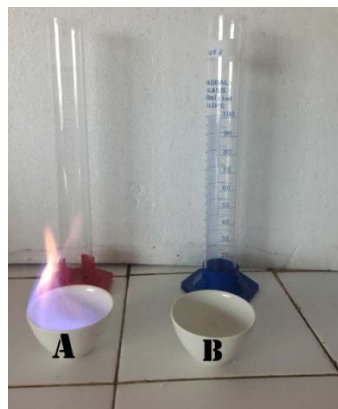


Figura 14: Teste de chamas. (A) produto de combustão do etanol obtido através da destilação fracionada; (B) produto de combustão do etanol obtido através da destilação simples. Fonte: Autora

Isso evidencia que na destilação simples o produto obtido é uma mistura de água e álcool, ao passo que na destilação fracionada pôde-se observar e comprovar que o produto obtido foi o etanol mais puro, por isso a sua combustão foi completa.

4.2.2 – Aplicação do experimento em laboratório

Apesar do sucesso da elaboração do experimento proposto, esse experimento não foi realizado ao longo das aulas de biocombustíveis mediante um contratempo quanto à disponibilidade de laboratório. Entretanto esse experimento foi realizado pela professora em uma aula da disciplina de Química L2 quando abordava o assunto de soluções binárias e destilação azeotrópica. Nessa ocasião a Professora Claudia realizou em aula apenas a parte da destilação, tendo feito a parte da fermentação em um momento separado em seu laboratório já que o foco da aula não era a produção do biocombustível, e sim a destilação azeotrópica. O diferencial nessa aula foi que a professora conseguiu separar as fases usando apenas a destilação simples, sem o uso da coluna de vigreux, mas com uma taxa de aquecimento menor. Foram coletadas 03 (três) frações que destilaram a 78-79 °C, 90-97 °C e outra a 98-100 °C. A professora procedeu com a combustão das frações separadamente, como evidenciado na Figura 14. A 1ª fração foi consumida no processo de combustão, restando apenas algumas gotas de água na cápsula. A 2ª fração começava a queimar, mas a chama se apagava em seguida. Nova tentativa de queima aconteceu sucessivas vezes, sendo iniciada e logo em seguida a chama se apagava. Isso evidenciou que havia uma mistura entre o etanol e

água, sendo essa última em maior quantidade. A 3ª fração não teve êxito na reação de combustão indicando que seria basicamente composto por água.

Com isso podemos concluir que também podemos fazer a destilação azeotrópica usando de destilação simples, sem coluna de fracionamento, desde que a taxa de aquecimento da manta seja baixa e um maior cuidado ao coletar as diferentes frações seja tomado. Isso simplifica o processo, quando se vislumbra usar em laboratórios com estrutura mais deficitária, uma vez que uma coluna de vigreux apresenta um custo razoavelmente elevado.

4 CONCLUSÃO

Ao fim da sequência de experimentos foi possível obter alguns conceitos. O primeiro é de que foi possível provar que é possível abordar os temas aquecimento global e efeito estufa, e os biocombustíveis etanol e biogás de forma experimental, e interativa, utilizando materiais de baixo custo e de fácil acesso. A construção dessa sequência de experimentos é uma proposta de auxiliar professores e estudantes no ensino e aprendizado de química através de práticas experimentais, e ainda de democratizar o ensino de química. A partir desses procedimentos experimentais se abre a possibilidade de que mais e mais profissionais abordem e realizem experimentos relacionados aos biocombustíveis e a educação ambiental.

REFERÊNCIAS

- AFFONSO, A. **Experiências de Química**, São Paulo: Didática Irradiante, 1970.
- AMARAL, L. **Trabalhos Práticos de Química**. São Paulo. Livraria Nobel, 1966; Volume 2.
- ARANDA, D. A. G., ANTUNES, O. A. C. WO2004096962, 2004. Patente: D. A. G. Aranda e O. A. C. Antunes; PI0301103-8, 2003.
- AULER, D. **Interações entre ciência – tecnologia – sociedade no contexto da formação de professores de ciências. 2002**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BARNWAL, B. K.; Sharma, M. P.; **Renew Sustain Energy**, 9, 363, 2005.
- CENBIO. CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. **Banco de dados de biomassa no Brasil**. Acesso 28/03/2019.
- CHERNICHARO, C. A. de L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Segrac, 1997, v. 5. 245 p.
- CONCEIÇÃO, M. M.; Candeia, R. A.; Silva, F. C.; Bezerra, A. F.; Fernandes, V. J.; Souza, A. Z. **Renew able and Sustainable Energy Reviews**, 11, 964, 2007.
- EVANGELISTA, O. **Imagens e reflexões: na formação de professores**. Disponível em http://www.sepex.ufsc.br/anais_5/trabalhos155.html. Acesso em 10.06.2019.
- FREITAS, F. F.; FURTADO, A. C.; CUEVAS, A. L. Y. Construção de um Biodigestor Didático para a Estação Ciências do Parque Tecnológico de Itaipu. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 9, n. 2, p. 65-74, 2018. Disponível em: < <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RBEU/article/view/7689/pdf> >
- KELLEHER, B. P.; LEAHY, J. J.; HENIHAN, A. M.; O'DWYER, T.F.; SUTTON, D.; LEAHY, M.J. Advances in poultry litter disposal technology – a review **Bioresource Technology**. v.83, p. 27-36, 2002.
- LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos-CEBRAP**, n.78, p. 15-21, 2007.
- LIMA, D.G.; SOARES, V.C.D.; RIBEIRO, E.B.; CARVALHO, D.A.; CARDOSO, E.C.V.; RASSI, F.C.; MUNDIM, K.C.; RUBIM, J.C. e SUAREZ, P.A.Z. Diesel-like fuel obtained by pyrolysis of vegetable oils. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 71, p. 987-996, 2004.
- MARTINS, Wendel; **Biodiesel, Biomassa**. São Paulo. UNG.2009.
- OLIVEIRA, M. M. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Unigráfica, 2003
- SOLOMONS G.; FRYHLE, C. **Química orgânica**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- THEREZA, C.; Rochelle, P.; **Etanol**. São Paulo. ESALQ/USP.2009.