



ETEC JORGE STREET

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA

Hec Economic

**Artur Alfonsetti Moderoso
Julia Silva Queiros
Leonardo Vinicius Forão
Lucas Ishihara Binotto
Maria Luiza de Souza Novackz
Rafael de Mello Fascina
Yago Ferreira Decordi**

**Professores Orientadores:
Eduardo Cesar Alves Cruz
Ivo Moreira de Castro Neto**

HEC ECONOMIC

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como pré-requisito para
obtenção do Diploma de Técnico em

_____.

RESUMO

O HEC Economic tem como objetivo principal desenvolver e analisar um sistema alternativo para a economia de combustível em veículos, usando hidrogênio gerado pela eletrólise da água. Diminuindo, dessa forma, o consumo de gasolina através da utilização do hidrogênio como combustível auxiliar, contribuindo para a melhoria da eficiência energética de motores de combustão interna.

Este trabalho também analisa as questões técnicas e econômicas que estão relacionadas à implementação do sistema. Os cálculos confirmam a eficiência da célula de eletrólise como forma de armazenamento e comunicação entre o motor e o hidrogênio, que possui a capacidade de diminuir o consumo de gasolina, tornando-se uma opção viável para a economia de combustível e, conseqüentemente, constituindo caminhos para futuras pesquisas e aperfeiçoamentos em sistemas de energia renovável para a indústria automotiva, de acordo com as demandas globais por soluções energéticas mais limpas e sustentáveis.

Palavras chaves: Economia, Eletrólise , Consumo , Combustível;

ABSTRACT

The HEC Economic's main objective is to develop and analyze an alternative system for fuel economy in vehicles, using hydrogen generated by the electrolysis of water. Reducing gasoline consumption through the use of hydrogen as an auxiliary fuel, contributing to the improvement of the energy efficiency of internal combustion engines.

This work also analyzes the technical and economic issues that are related to the implementation of the system. The calculations confirm the efficiency of the electrolysis cell as a form of storage and communication between the engine and hydrogen, which has the ability to reduce gasoline consumption, becoming a viable option for fuel economy and, consequently, constituting avenues for future research and improvements in renewable energy systems for the automotive industry, in line with global demands for cleaner and more sustainable energy solutions.

Keywords: Economy, Electrolysis, Consumption, Fuel;

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Gráfico sobre a emissão de CO2 em transportes</i>	9
<i>Figura 2 - Imagem do pistão em admissão no motor 4 tempos</i>	11
<i>Figura 3 - Imagem do pistão em compressão no motor 4 tempos</i>	11
<i>Figura 4- Imagem do pistão em explosão no motor 4 tempos</i>	12
<i>Figura 5- Imagem do pistão em exaustão no motor 4 tempos</i>	13
<i>Figura 6 - Diagrama em Blocos</i>	14
<i>Figura 7 - Componentes utilizados</i>	14
<i>Figura 8 - Valor dos componentes utilizados</i>	14
<i>Figura 9 - Fluxograma do processo</i>	16
<i>Figura 10 - Croqui 1</i>	17
<i>Figura 11 - Croqui 2</i>	17
<i>Figura 12 - Desenho técnico do reservatório.</i>	18
<i>Figura 13 - Desenho técnico das hastes metálicas.</i>	19
<i>Figura 14 - Desenho técnico da mangueira</i>	20
<i>Figura 15 - Perfurações</i>	21
<i>Figura 16 - Tamanho dos furos</i>	22
<i>Figura 17 - Inserção e ajuste das hastes</i>	23
<i>Figura 18 - Colagem</i>	24
<i>Figura 19 - Secagem</i>	25
<i>Figura 20 - Preparação do cabo condutor</i>	26

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Tema e delimitação	7
1.2 Objetivo geral:	7
1.3 Objetivos específicos:.....	7
1.4 Justificativa.....	8
1.5 Metodologia.....	8
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1 Pesquisas.....	9
2.2 Os 4 tempos do motor a combustão.....	10
2.3 Agenda 2030	13
3 PLANEJAMENTO DO PROJETO	13
3.1 Diagrama em Blocos	14
3.2 Componentes	14
3.3 Fluxograma do Processo.....	15
3.4 Folhas de Processo (mecânica e mecatrônica): manual do projeto, execução do grupo	18
4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	21
5 RESULTADOS OBTIDOS	27
5.1 Conclusão	28
REFERÊNCIAS	29
ANEXO	30

1. Introdução

A sociedade contemporânea vem enfrentando diversos problemas com o meio ambiente, com a degradação de rios, florestas, praias, ecossistemas e etc.

Com o passar dos anos esse tema ganhou força e se tornou uma preocupação mundial, com reuniões e tratados entre países a fim de reduzir esses problemas, diversas soluções foram criadas e implementadas, como a agenda 2030, um acordo global, liderado pela Organização das Nações Unidas (ONU), que busca promover o bem-estar de todos os seres humanos, erradicar a pobreza, reduzir as desigualdades, proteger o meio ambiente e estimular o crescimento econômico inclusivo, representa um compromisso global para construir um futuro mais justo, equitativo e sustentável para as presentes e futuras gerações.

Dessa forma, o projeto Hec Economic foi criado para auxiliar na redução de gases poluentes na queima de combustível dos veículos automotores.

1.1 Tema e delimitação

Hec Economic é um projeto da área de mecânica, é um dispositivo que foi desenvolvido para economizar combustível e reduzir emissões de gases poluentes, que podem ser utilizados por todos os usuários de automóveis a combustão. O reservatório utilizado foi o de arrefecimento do Chery QQ 1.1 (modelo 2010 a 2015) que possui uma capacidade aproximada de 3,5 a 4 litros.

1.2 Objetivo geral:

O projeto tem como escopo usar a eletrólise para minimizar a emissão de gases poluentes.

1.3 Objetivos específicos:

- Recipiente para mistura da solução.
- Testar o motor com a mistura de eletrólise.
- Modelar o recipiente 3D

1.4 Justificativa

Identificamos que nossa sociedade enfrenta diariamente alta quantidade de emissão de gases poluentes a partir da queima de combustíveis de veículos automotores, a partir disso, decidimos criar um dispositivo que reduza esse problema, atrelado a isso, temos também, os altos custos e reajustes que os combustíveis fósseis sofrem diariamente por ser um commodities, desse modo, decidimos realizar esse projeto para minimizar esses problemas.

1.5 Metodologia

O objetivo desse estudo consistiu em identificar um problema em nossa sociedade, a emissão excessiva de gases poluentes de veículos automotores, trata-se de uma pesquisa bibliográfica de caráter descritivo de uma pesquisa longitudinal.

Sabendo que as tendências atuais apontam para um crescimento de 50% até 2030 e 80% até 2050, o que o torna insustentável. Em todo o mundo, o aumento da população e dos rendimentos está fortemente relacionado com o setor dos transportes. Enquanto o setor dos transportes continua a depender principalmente do petróleo (Babo, 2016, p 19).

Dessa maneira, foi desenvolvido um projeto que minimiza esse problema, utilizando a eletrólise na combustão.

2.Fundamentação Teórica

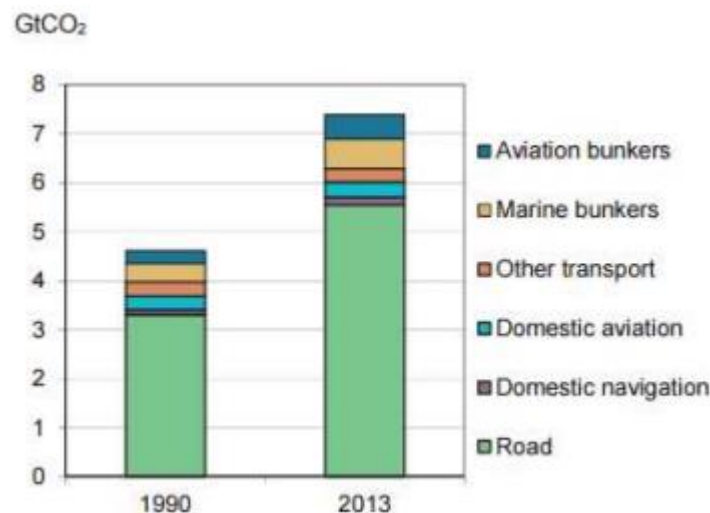
Neste capítulo estarão dispostos as pesquisas relacionadas ao projeto Hec Economic e as explicações elaboradas de alguns dos mecanismos envolvidos no desenvolvimento dele.

2.1 Pesquisas

A necessidade de energia limpa nos transportes, a busca por novas alternativas de combustíveis é motivada pelas tendências dos preços do petróleo e problemas ambientais causados pela utilização deles. A introdução de combustíveis alternativos tem que combinar viabilidade técnica, impacto ambiental e viabilidade económica.

O transporte é responsável por 25% das emissões globais de CO₂ e é um dos poucos setores industriais em que as emissões continuam a aumentar. As tendências atuais apontam para um crescimento de 50% até 2030 e 80% até 2050, o que o torna insustentável. Em todo o mundo, o aumento da população e dos rendimentos está fortemente relacionado com o setor dos transportes, em matéria de energia e CO₂, enquanto o setor dos transportes continua a depender principalmente do petróleo.

Figura 1 - Gráfico sobre a emissão de CO₂ em transportes



Fonte: Simulation and Optimization of a Hydrogen Internal Combustion Engine

Olhando para a evolução das emissões de CO₂ de 1990 até 2013, aumentou em 68% na estrada setor e representou três quartos das emissões de transporte em 2013. Para o transporte internacional, o crescimento das pessoas que viajam e o crescimento na importação e exportação de bens feitos a partir do mar e a aviação

criarem ainda mais, em 2013 do que em 1990, passando de 64% para 90% segundo (Babo, 2016, p 19), tecnologias atuais e emergentes que têm o potencial de reduzir emissões substanciais de CO₂ deve ser rapidamente introduzido.

Como solução, encontramos a eletrólise, etimologicamente, eletrólise significa “decomposição pela eletricidade”. A eletrólise, sendo assim, um processo que utiliza corrente elétrica para promover uma reação química não espontânea. Para isso, um gerador de corrente elétrica contínua é ligado aos elétrodos de uma célula eletrolítica forçando os elétrons a participar em reações provocadas pela oxidação num dos elétrodos (o ânodo) e de redução no outro eletrodo (o cátodo). Segundo (Fernandes, 2015, p 1).

O resultado da eletrólise é o hidrogênio que possui a maior quantidade de energia por unidade de massa de todos os combustíveis, o que significa que 1 g de H possui a mesma quantidade de energia que 2,8 g de gasolina. Quando resfriado até atingir seu estado líquido, esse combustível de baixa massa molecular ocupa um volume 700 vezes menor do que o que ocupa no estado gasoso. Sua densidade (0,08967 kg/m³) é 14,4 vezes menor que a do ar (1,2928 kg/m³)

A chama de hidrogênio tem um gradiente térmico muito alto, com uma densidade energética (38 kWh/kg) muito maior em comparação à gasolina (14 kWh/kg). Como a energia necessária para inflamar uma mistura de ar/hidrogênio é de apenas 0,04 mJ, enquanto a dos hidrocarbonetos é de 0,25 mJ, o H₂ é extremamente inflamável no ar (entre 4% e 75% por volume de ar) e, em algumas condições, pode ocorrer combustão espontânea.

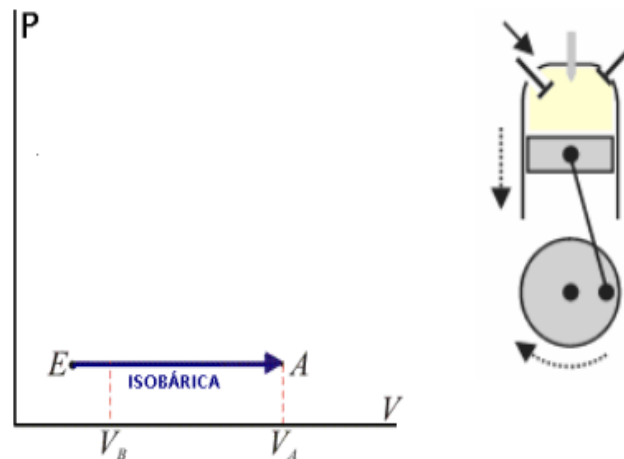
De acordo com um relatório da AIE (Agência Internacional de Energia) de 2017, houve um rápido desenvolvimento na utilização de fontes de energia renováveis devido à redução do custo da energia eólica e solar. Devido a esse crescimento, no ano de 2022, estima-se que o custo da geração de energia renovável aumente em quase 33% [14]. Em comparação com os combustíveis fósseis, a eletricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis causa quase 90–99% menos gases de efeito estufa e 70–90% menos poluição.

2.2 Os 4 tempos do motor a combustão

1ª Fase: Admissão.

A válvula de admissão está aberta e o movimento do pistão aspira a mistura de ar e combustível para o interior do cilindro. É uma transformação (EA) praticamente isobárica.

Figura 2 - Imagem do pistão em admissão no motor 4 tempos

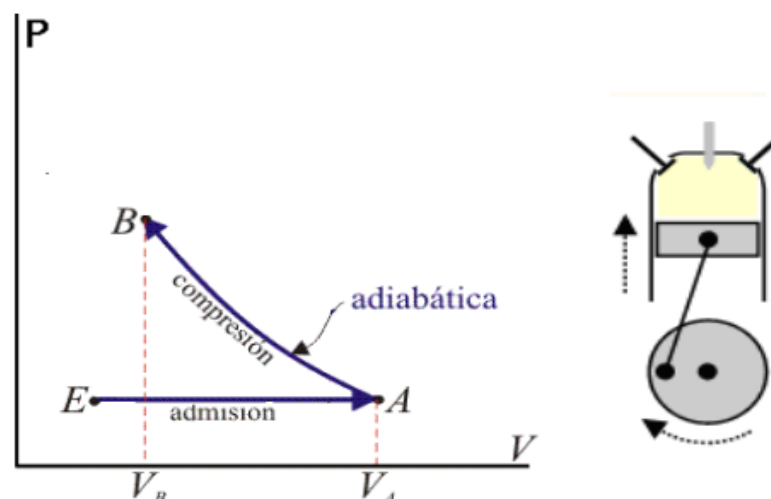


Fonte: Ciclo de Otto: aplicação teórica e utilidade prática

2ª Fase: Compressão

Ao atingir a posição mais inferior (ponto morto inferior), a válvula de admissão é fechada e o movimento ascendente comprime a mistura. Esse processo (AB) é aproximadamente adiabático, porque a velocidade do pistão é alta, havendo pouco tempo para a troca de calor.

Figura 3 - Imagem do pistão em compressão no motor 4 tempos

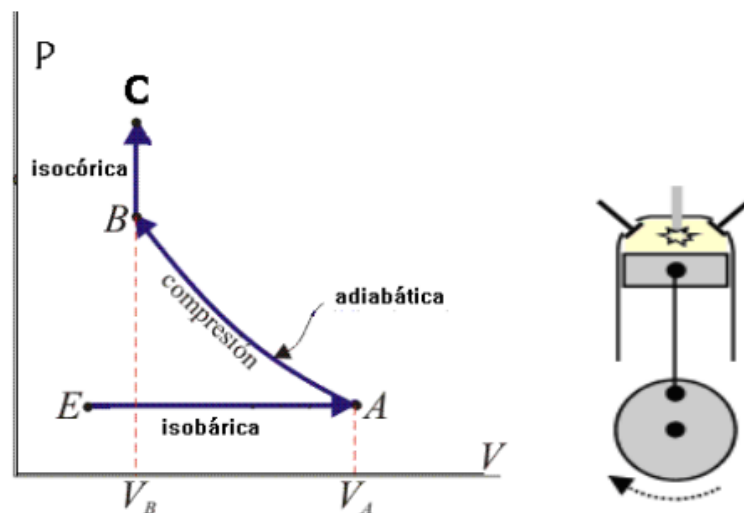


Fonte: Ciclo de Otto: aplicação teórica e utilidade prática

3ª Fase: Explosão

Ao atingir a posição mais superior (ponto morto superior), tem-se o final do movimento ascendente do êmbolo que comprime ao máximo mistura. Nesse instante a ignição emite a centelha que provoca a combustão da mistura. O processo é praticamente isocórico.

Figura 4- Imagem do pistão em explosão no motor 4 tempos

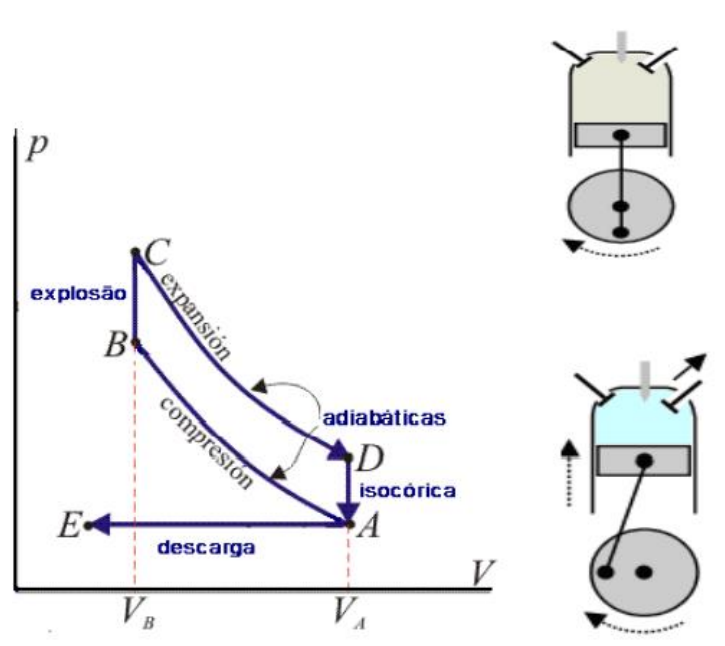


Fonte: Ciclo de Otto: aplicação teórica e utilidade prática

4ª Fase: Exaustão

O pistão atinge o ponto morto inferior, quando a válvula de escape é aberta, reduzindo rapidamente a pressão do gás. Pode-se supor um processo sob volume constante, durante o qual o ciclo cede calor ao ambiente. O movimento ascendente com a válvula de escape aberta remove a maior parte dos gases da combustão e o ciclo é reiniciado quando o pistão chega ao ponto morto superior.

Figura 5- Imagem do pistão em exaustão no motor 4 tempos



Fonte: Ciclo de Otto: aplicação teórica e utilidade prática

2.3 Agenda 2030

A Agenda 2030 é um compromisso assumido por todos os países que compuseram a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em 2015 – os 193 Estados-membros da ONU, incluindo o Brasil – e tornou-se a principal referência na formulação e implementação de políticas públicas para governos em todo o mundo. É um apanhado de metas, norteadores e perspectivas definidos pela ONU para atingirmos a dignidade e a qualidade de vida para todos os seres humanos do planeta, sem comprometer o meio ambiente, e, conseqüentemente, as gerações futuras.

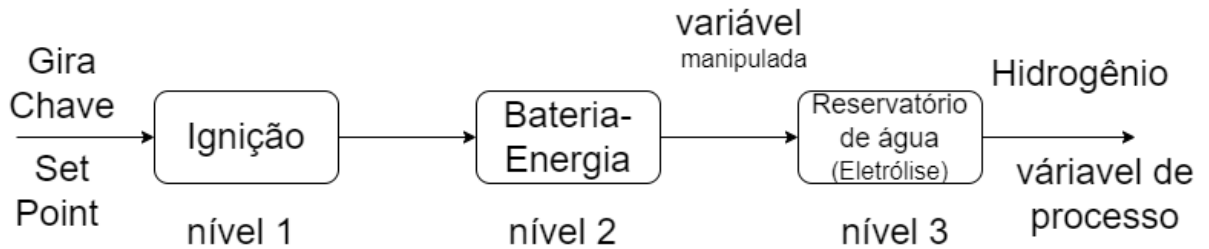
3 Planejamento do Projeto

Um projeto é constituído por diversas partes, e, neste capítulo, serão abordadas as etapas relacionadas aos componentes empregados na elaboração física do projeto, bem como sua representação por meio de diagramas, fluxogramas e croquis. O Hec Economic tem como principal meio de operação a chave de ignição, que serve como mecanismo de ativação ao ligar o veículo. Quanto à saída, ou produto final, destacam-se tanto o processo de eletrólise quanto o funcionamento do motor propriamente dito.

3.1 Diagrama em Blocos

Neste diagrama são representados os processos pelos quais a água (H₂O), o sal de cozinha (NaCl) e o Hidrôgeno (H) juntos passam para que ocorra a eletrólise.

Figura 6 - Diagrama em Blocos



Fonte: Os autores

3.2 Componentes

Os materiais utilizados para a confecção do projeto Hec Economic foram listados abaixo:

Figura 7 - Componentes utilizados

Especificações dos materiais utilizados		
Reservatório Arrefecimento Chery Qq 1.1 2010 A 2015		
Bateria 12V		
Mangueira Alifer 3/8 x 1.5		
Hastes Metálicas		
Fios de cobre		
Adesivo Araldite Hobby com 16g Blister - TEKBOND-10828500900		

Fonte: Os autores

Adicionalmente, há uma lista detalhada dos preços de cada material utilizado, bem como o cálculo do custo total necessário para a elaboração física do projeto.

Figura 8 - Valor dos componentes utilizados

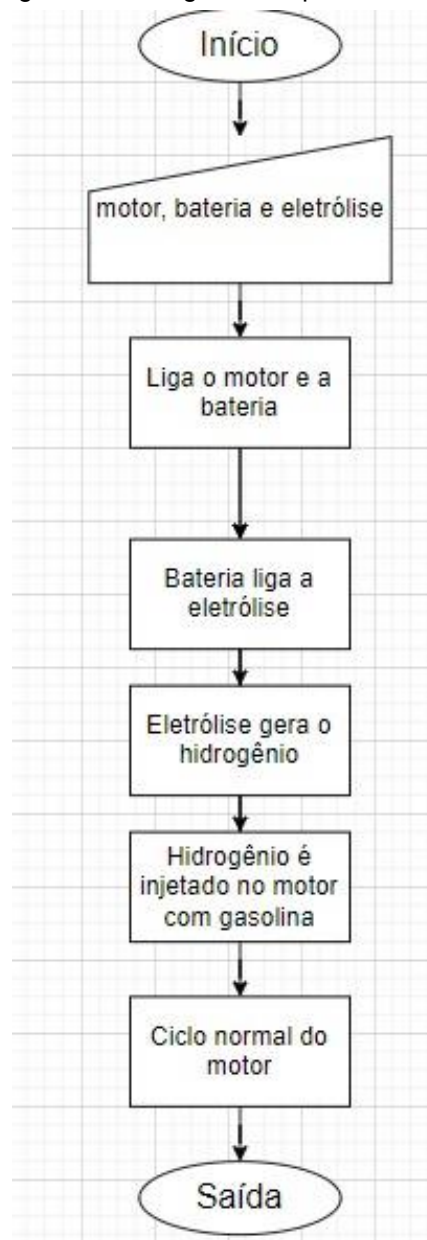
GASTOS PARA O TCC	\$\$	
Reservatório de água	R\$ 100	
Bateria	R\$ 130	
Hastes de carbono	R\$ 60	
Fios de cobre	R\$ 15	
mangueira transparente	R\$ 10	
Adesivo Araldite Profissional	R\$ 24	
Total	R\$ 339	

Fonte: Os autores

3.3 Fluxograma do Processo

O processo de eletrólise é novamente destacado como um elemento central do projeto, sendo representado de forma detalhada por meio de um fluxograma. Este recurso visual é utilizado como uma ferramenta fundamental para proporcionar uma compreensão mais clara e acessível do funcionamento do projeto. Sua aplicação é especialmente relevante diante da necessidade de esclarecer aspectos técnicos, garantindo que tanto a estrutura quanto os objetivos do processo sejam devidamente compreendidos.

Figura 9 - Fluxograma do processo

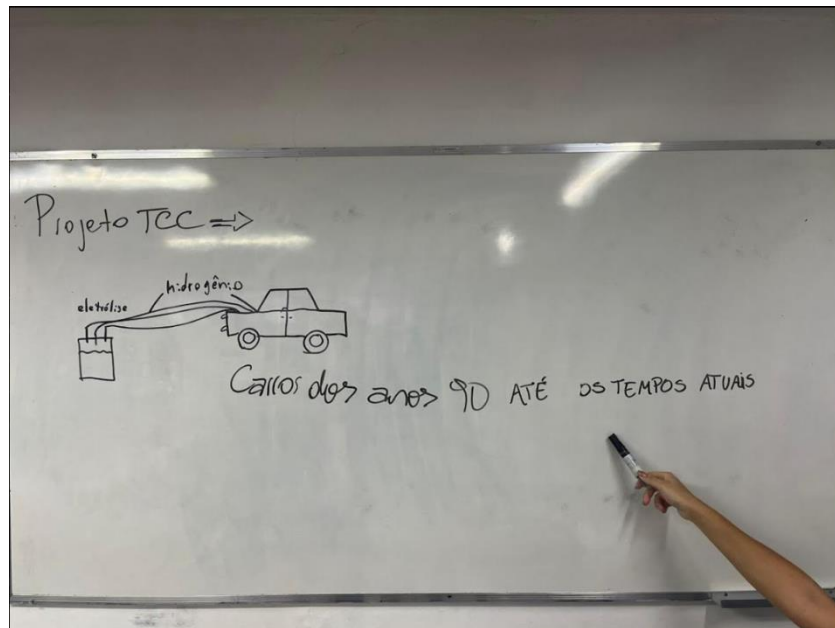


Fonte: Os autores

3.4 Croquis

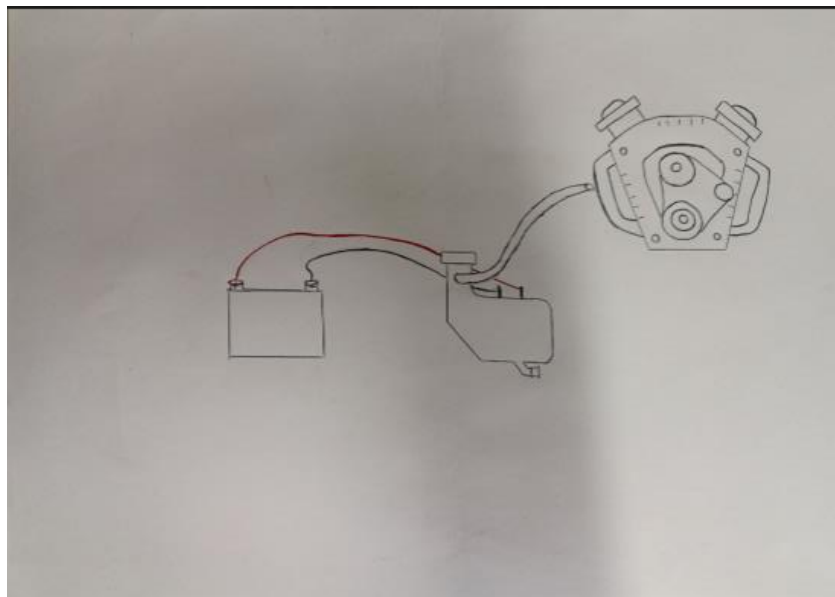
Neste tópico há o levantamento de esboços relacionados ao processo e ao projeto em si de forma teórica e abrangente, mostrando o funcionamento do processo de forma implícita.

Figura 10 - Croqui 1



Fonte: Os autores

Figura 11 - Croqui 2

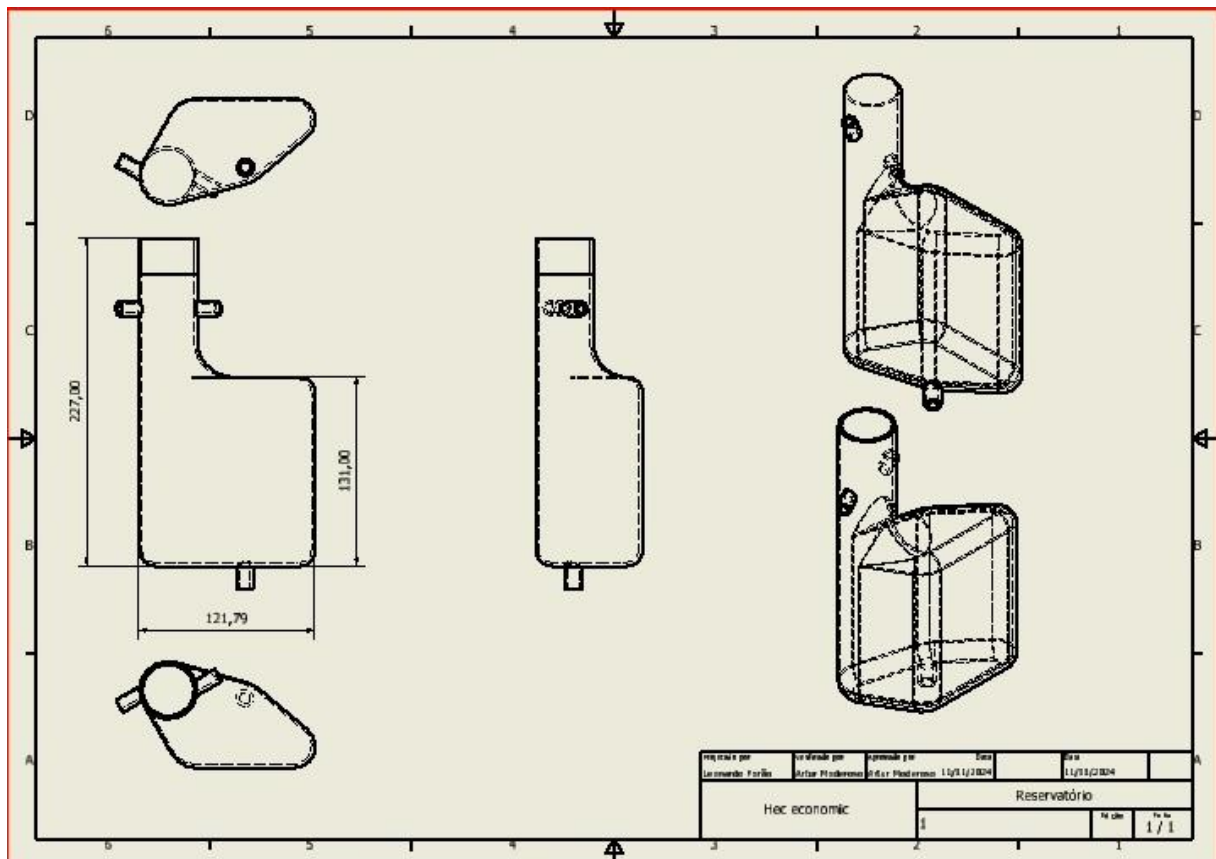


Fonte: Os autores

3.4 Folhas de Processo (mecânica e mecatrônica): manual do projeto, execução do grupo

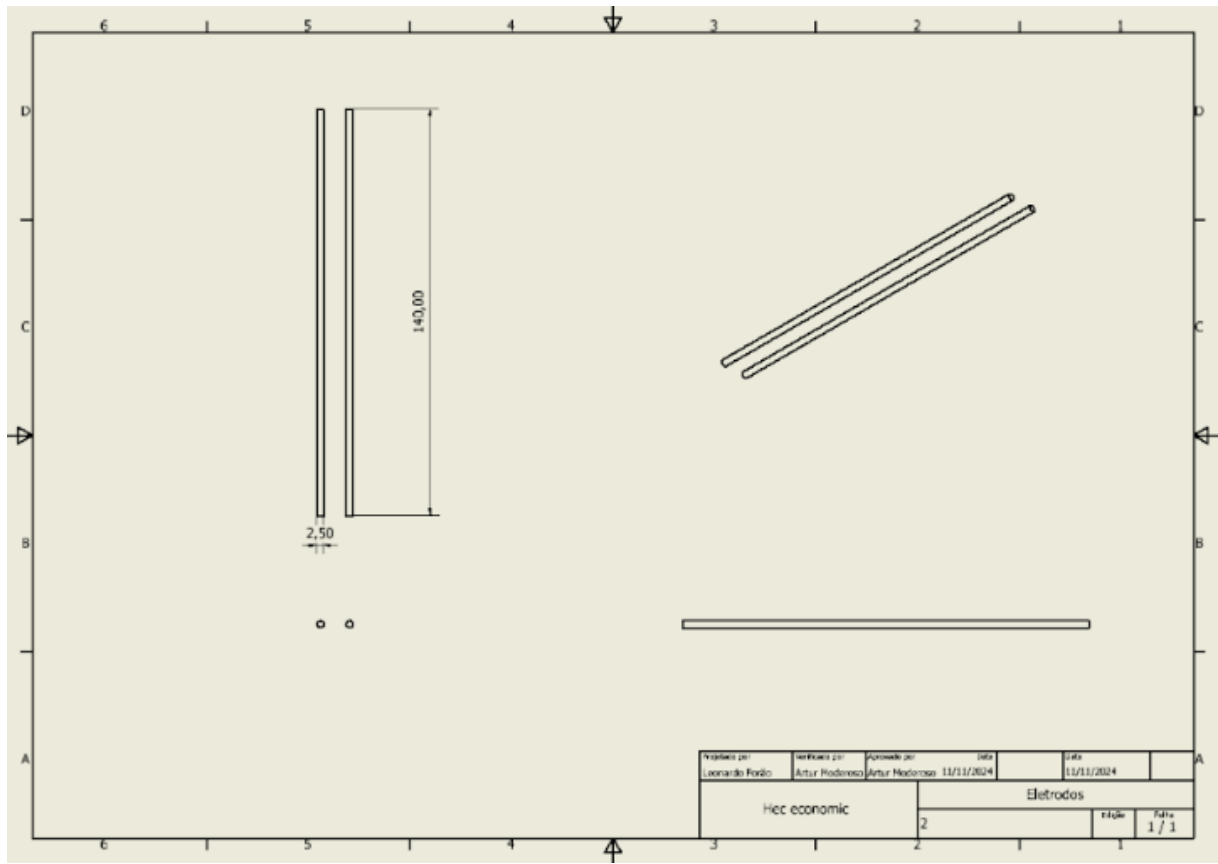
Cada componente desenhado e listado a partir daqui, pertencem ao projeto e a sua elaboração, utilizados, dessa forma, para explicar às pessoas exatamente o processo de elaboração de cada peça.

Figura 12 - Desenho técnico do reservatório.



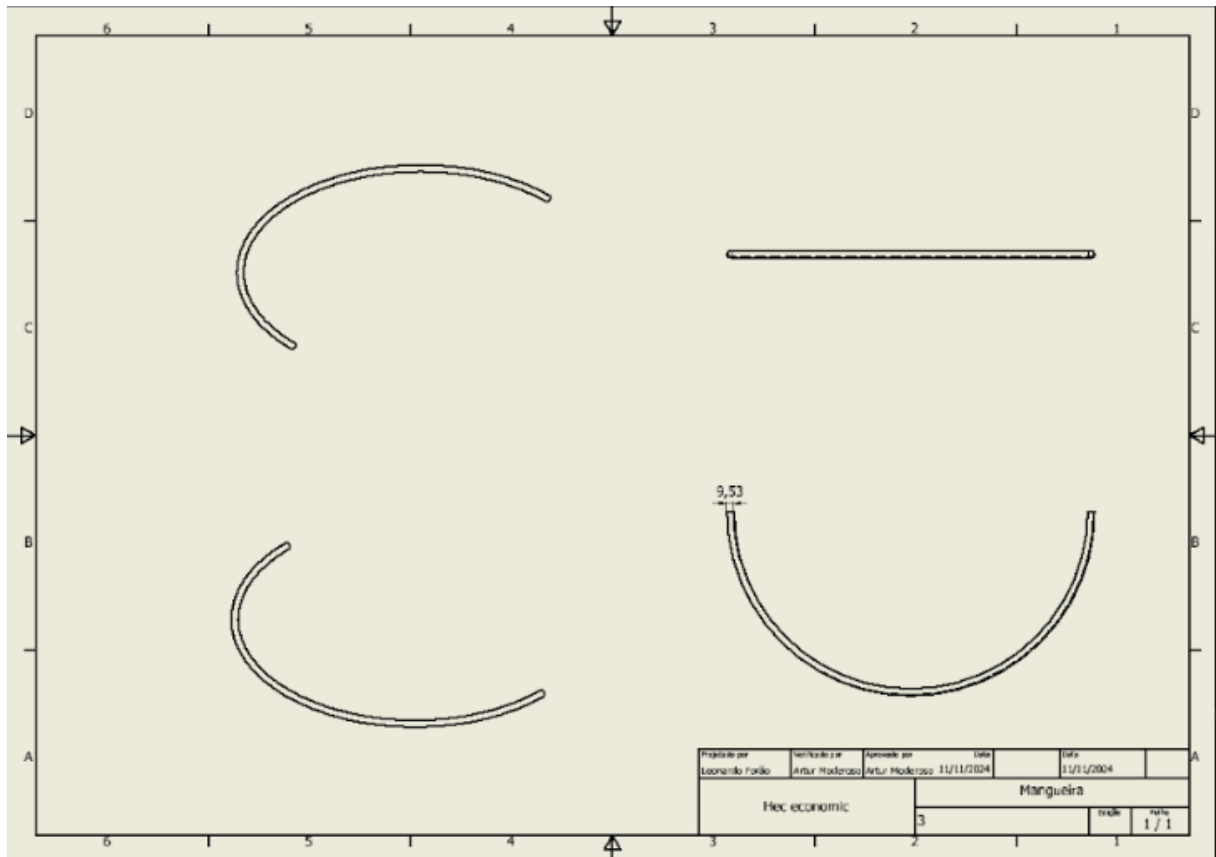
Fonte: Os autores

Figura 13 - Desenho técnico das hastas metálicas.



Fonte: Os autores

Figura 14 - Desenho técnico da mangueira



Fonte: Os autores

4 Desenvolvimento do Projeto

Figura 15 - Perfurações



Fonte: Os autores

Realização das Perfurações: Depois de realizar as medições requeridas, começa a fase de perfuração para posicionar as hastes metálicas no local estipulado

Figura 16 - Tamanho dos furos



Fonte: Os autores

Tamanho dos Furos: Os furos são realizados com um diâmetro um pouco menor que o das hastes, 2,5 ml, para assegurar um ajuste exato e prevenir fugas de gases durante a operação do sistema.

Figura 17 - Inserção e ajuste das hastes



Fonte: Os autores

Inserção e Ajuste das Hastes: As hastes metálicas são meticulosamente inseridas nos orifícios e, posteriormente, ajustadas para um encaixe perfeito.

Figura 18 - Colagem



Fonte: Os autores

Processo de Colagem: Em seguida, começa a colagem das hastes no interior dos furos, visando vedar completamente as extremidades e evitar qualquer tipo de fuga de gases.

Figura 19 - Secagem



Fonte: Os autores

Secagem das Hastes: Após a colagem, as hastes são colocadas para descansar até que o adesivo seque completamente, assegurando uma fixação firme e uma vedação eficaz.

Figura 20 - Preparação do cabo condutor



Fonte: Os autores

Preparação do Cabo Condutor: Finalmente, um cabo condutor é elaborado para conectar a bateria do carro ao aparelho de eletrólise, garantindo a transferência de energia necessária para o procedimento.

5 Resultados obtidos

Durante a realização do projeto Hec Economic, foi mostrado que a eletrólise da água é uma opção sustentável viável para produzir hidrogênio. Usando um recipiente de água automotiva e eletrodos conectados à bateria do veículo como reagente, conseguimos eficientemente gerar hidrogênio.

Principais conclusões alcançadas incluem:

A produção de hidrogênio foi mostrada em medições como consistente, variando de acordo com a corrente elétrica utilizada. O sistema mostrou ser capaz de produzir uma quantidade adequada de hidrogênio para abastecer o motor do veículo, auxiliando na melhoria da eficiência energética.

Diminuição das Emissões: Utilizar hidrogênio como combustível alternativo resultou em uma redução significativa das emissões de gases poluentes, demonstrando o potencial do Hec Economic como uma solução ecológica.

Eficiência Energética: A avaliação do uso de energia mostrou que a transformação de energia elétrica em hidrogênio é possível, com um saldo energético favorável comparado ao combustível fóssil.

Sustentabilidade: O sistema provou ser sustentável, usando água como recurso principal e tirando o máximo proveito da eletricidade já existente no veículo, ajudando a promover uma mobilidade mais ecologicamente correta.

Desafios e Aperfeiçoamentos: Mesmo com os resultados positivos, encontramos obstáculos como aprimorar o sistema de eletrodos e aumentar a eficiência da eletrólise. Isso indica que estudos futuros poderiam se concentrar em melhorar a durabilidade e a produtividade do dispositivo.

Finalmente, o Hec Economic é uma novidade no âmbito das energias renováveis, com uma enorme capacidade de revolucionar a indústria automotiva, atendendo aos objetivos de sustentabilidade e eficiência energética. As próximas fases envolvem testes em situações reais de funcionamento.

5.1 Conclusão

Foi feita uma análise que no decorrer do projeto tivemos dificuldades interpessoais em relação a experiência e habilidades de cada integrante do grupo, também no manuseio do hidrogênio que é algo novo para todos, em relação a isso tivemos auxílio dos professores Etec Jorge Street.

Outra dificuldade crucial encontrada foi decidir o tipo de cola ideal para a vedação da mangueira com o reservatório, decidimos então, por usar a cola adesiva Araldite, que foi a melhor solução para a vedação do reservatório.

Por fim, o escopo foi atingido com êxito, reduzindo a emissão de gases poluentes e alcançando uma economia de combustível a longo prazo, como melhoria, pode-se escolher um carro com um compartimento maior e assim, poder aumentar o reservatório de hidrogênio, conseqüentemente o substituindo pela gasolina.

Conclui-se então que nosso projeto foi uma solução acessível a grande parte da população, solucionando o problema crônico enfrentado em nossa sociedade contemporânea, a emissão de gases poluentes através da combustão de veículos.

REFERÊNCIAS

AGENDA 2030: objetivos do desenvolvimento sustentável. 11 maio 2021. Atualizado em: 15 mar. 2022. Disponível em: <https://www.internacional.df.gov.br/agenda-2030-objetivos-do-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 29 out. 2024.

BABO, Leonor Ferreira Bessa. *Simulação e otimização de um motor de combustão interna a hidrogênio.* 2016. Dissertação (Mestrado) – FEUP (Faculdade de Engenharia Universidade do Porto), Porto, 2016.

DIAZ, Jorge Luiz Gomes. *Ciclo de Otto: aplicação teórica e utilidade prática.* 2009. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

FARIAS, Charles Bronzo Barbosa; BARREIROS, Robson Carmelo Santos; SILVA, Milena Fernandes da; CASAZZA, Alessandro Alberto; CONVERTI, Attilio; SARUBBO, Leonie Asfora. *Use of hydrogen as fuel: a trend of the 21st century.* *Energies*, v. 15, n. 1, p. 311, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/1/311>. Acesso em: 26 out. 2024.

FERNANDES, Ricardo Ferreira. *Eletrólise.* 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade do Porto, Porto, 2016.

SEVERINO, Antonio Joaquim. *Metodologia do Trabalho Científico.* São Paulo: Ed. Cortez, 2000.

SHARMA, Shashi; AGARWAL, Shivani; JAIN, Ankur. *Importância do hidrogênio como combustível econômico e ecologicamente correto.* 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) – Universidade JECRC, Jaipur, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/21/7389>. Acesso em: 19 out. 2024.

ANEXO

Cronograma

January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Desenvolvimento do projeto. Passamos o mês pensando e desenvolvendo a ideia do projeto.	Ideia escolhida: eletrólise. Levantamento de peças que iríamos utilizar.	Primeiros testes com a eletrólise. Começamos a manusear o hidrogênio e a procurar um reservatório para o mesmo.	Análise de possíveis materiais.	Protótipo com um reservatório de vidro.	Testes com o Hidrogênio.	Começo da monografia e compra dos materiais em definitivo.	Desenvolvimento do projeto junto a monografia	Desenvolvimento do projeto	Termino do projeto e testes.	Termino da monografia completa. Entrega do projeto e conclusão do curso.	
Artur, redator acadêmico, projetista e designer		Maria Luiza, designer e redatora acadêmica		Julia, designer	Yago, designer e projetista		Lucas, designer, projetista e redator acadêmico		Leonardo, projetista	Rafael, projetista	