

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

ARTHUR DUCATI VAZQUEZ

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ECO-DESIGN EM UM PROJETO DE  
SISTEMA MECÂNICO: caixa redutora de velocidade**

São Bernardo do Campo

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

ARTHUR DUCATI VAZQUEZ

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ECO-DESIGN EM UM PROJETO DE  
SISTEMA MECÂNICO: caixa redutora de velocidade**

Projeto de Iniciação Científica,  
apresentado ao Centro Universitário  
FEI, como parte dos requisitos do  
Programa PBIC-FEI. Orientado pelo  
Prof. Dr. Júlio César Dutra.

Coordenador do projeto: Prof. Dr. Júlio César Dutra

Centro: Departamento de Materiais

Equipe Executora: Arthur Ducati Vazquez

Júlio César Dutra

Financiador do projeto: Centro Universitário da FEI

Data de início: 1 de março de 2017

Data de provável conclusão: 28 de fevereiro de 2018

São Bernardo do Campo

2017

## RESUMO

O presente trabalho investigará os aspectos de sustentabilidade no projeto de um sistema mecânico completo, nominalmente uma caixa redutora de velocidade. A caixa redutora de velocidade foi projetada preliminarmente e os materiais foram escolhidos a priori sem levar em conta os aspectos ambientais. Em seguida, cada componente desse sistema mecânico será avaliado no software CES Edupack no que diz respeito às suas propriedades mecânicas, físicas e químicas, procurando analisar se essa escolha atende às especificações do projeto. Em seguida, esses materiais que constituem os componentes da caixa redutora serão avaliados no que diz respeito à sustentabilidade por meio da ferramenta ECO Design. A substituição por outros materiais mais leves e que atendam às exigências será feita em seguida enquanto sua análise pela ferramenta ECO Design culmina com a comparação no que diz respeito aos aspectos ambientais com os materiais escolhidos a priori. Finalmente, serão estimados os custos das duas escolhas e avaliados de modo que se saiba de antemão se a segunda escolha leva a um projeto sustentável e com preço competitivo.

Palavras-chave: Eco Design. Seleção de materiais. Caixa redutora de velocidade.

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das preocupações mais comuns nos dias atuais é o quanto uma indústria fabricante de equipamentos, ao selecionar os materiais para a sua fabricação, impacta o meio ambiente e como essa seleção sofrerá com as novas regulamentações ambientais (GRANTA, 2017). O receio repousa no aumento dos custos relacionados aos novos materiais que serão selecionados ou decisões judiciais.

Há diversos itens geralmente envolvidos na seleção dos materiais, um deles sendo o custo do material propriamente dito, a fabricação, risco nos negócios e o impacto ambiental.

Entende-se que no custo do material tenha de se levar em conta quais locais serão explorados, seu impacto social e ambiental. Como exemplo, ao escolher o metal lítio, esbarra-se eventualmente em problemas sociais como no caso da Argentina (AL JAZEERA, 2017) cujo local de exploração da empresa mineradora é justamente um local de reserva indígena, uma comunidade que tem como sustento a exploração de sal.

Por custo de fabricação, entende-se todos aqueles envolvidos no processamento para se chegar ao perfil exigido pelo projeto.

Quando se trata de risco nos negócios, pode-se pensar nos problemas de natureza ética como aquele mencionado anteriormente na seleção de materiais, mas também na mudança de uma fábrica completa para um país com mão de obra mais barata como tem ocorrido na China ou uso de mão de obra de países vizinhos, como o Vietnam.

O impacto ambiental deve ser mensurado frequentemente no intuito de conscientizar a minimizar o efeito negativo de certas atividades humanas.

O panorama atual é, portanto, muito desafiante para a área de engenharia brasileira já que a complexidade da seleção de materiais e o projeto e desenvolvimento de equipamentos são estratégicos no mundo globalizado e o sucesso das empresas. O fato de nosso país não possuir uma legislação tão sofisticada na área ambiental sugere que os alunos dos cursos de engenharia têm uma oportunidade ímpar de se situarem à frente do mercado, com uma preparação muito mais consciente no aspecto ambiental.

## 2 OBJETIVOS

Classifica-se os objetivos em duas qualidades, objetivos gerais e específicos como descrito a seguir.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O projeto visa proporcionar o aprendizado das etapas de desenvolvimento de um sistema mecânico com ênfase na seleção dos materiais empregados, isso deve ser desenvolvido de forma eficaz e eficiente com a ferramenta Eco Audit ® do programa de seleção de materiais CES Edupack ®.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

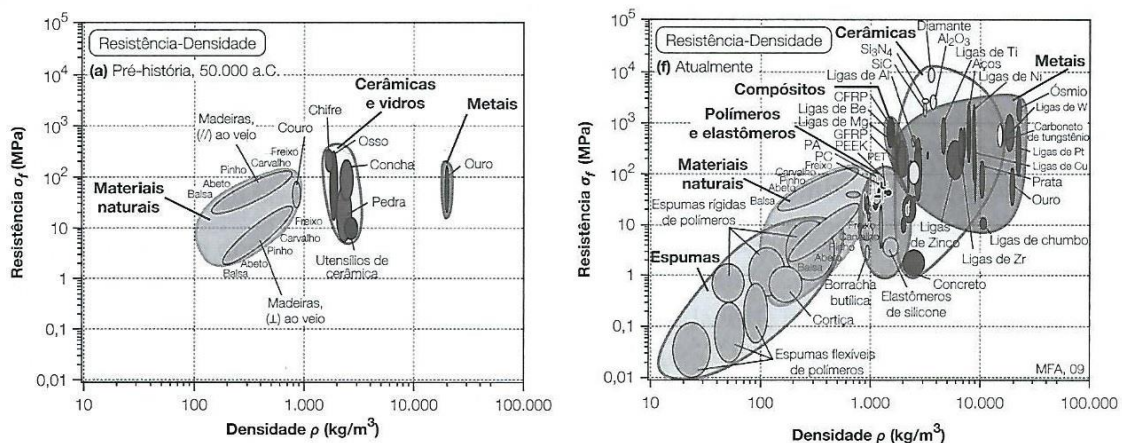
Os objetivos específicos são divididos com base na área de atuação do executor do projeto de iniciação científica, visto isso os objetivos abrangem os domínios:

- Por meio do sistema mecânico desenvolver as competências e habilidades necessárias para aplicação do conceito de ecodesign em projetos de manufatura e utilização nacional, visto que estes critérios não são amplamente utilizados no Brasil;
- Desenvolver as competências requeridas em trabalhos de nível acadêmico e de caráter científico com foco em resultados a serem divulgados para a comunidade acadêmica brasileira, em congressos ou simpósios de iniciação científica;
- Desenvolvimento de perícia no programa CES Edupack ® assim como a ferramenta Eco Audit ® na escolha de matérias;
- Implementação dos conhecimentos obtidos no que diz respeito a processos e idealização de geometrias para os elementos mecânicos;
- Conhecimento das características importantes para atingir grandes demandas de sistemas conhecendo a indústria local.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seleção de materiais ocorre em todo projeto, seja em projetos simples de uma mesa até complexos sistemas de transmissão para carros, em todos eles o projetista deve saber quais propriedades importam ou não para a execução ideal do sistema acabado. Diferentemente da idade antiga, onde poucos materiais eram verdadeiramente conhecidos e utilizados, hoje a gama de materiais é muito mais ampla, como demonstra a Figura 1. Pela esquerda temos o período da pré-história 50.000 a.C. onde tem-se o registro de apenas os materiais listados, já o lado direito demonstra a vasta quantidade de materiais novos e suas variantes no período atual.

Figura 1 - Quantidade de materiais utilizados em períodos distintos (50.000 a.C. e atualmente)



Fonte: Autor “adaptado de” Ashby, 2012.

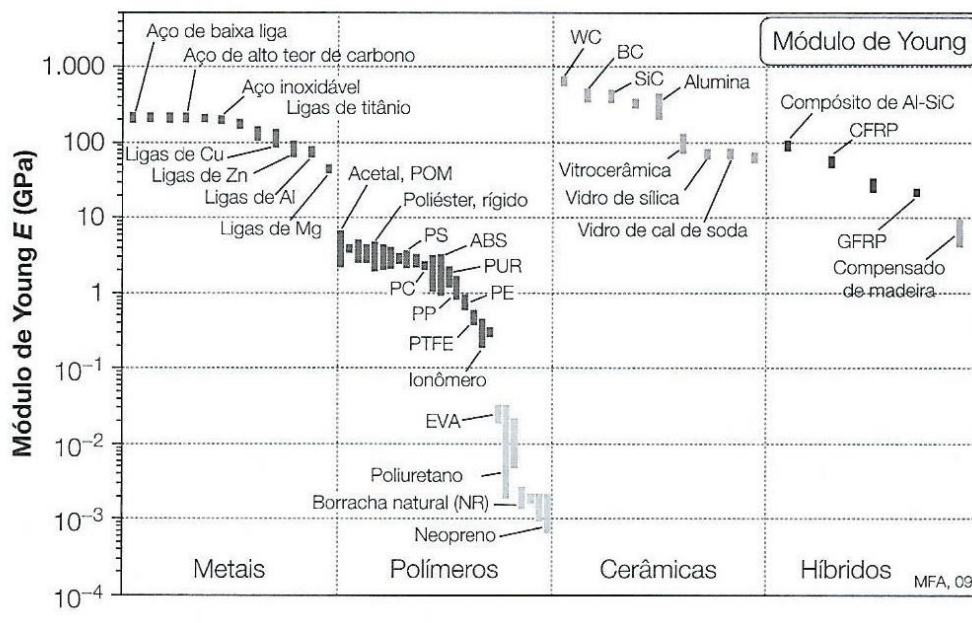
Para a realização de um projeto deve-se analisar detalhadamente as necessidades que se deseja suprir, de modo que o sistema final seja capaz de atingir os objetivos iniciais. Uma variável importante que deve ser considerada é a propriedade dos materiais utilizados, com ela é possível reduzir custo e o tempo de produção, elevar a capacidade de carga, diminuir o peso e inclusive diminuir a pegada ecológica do sistema.

O programa a ser utilizado é o CES Edupack ® criado pela empresa Granta Design fundada em 1994 (GRANTA DESIGN, 2015) que é referência mundial no campo da tecnologia da informação no campo de materiais. O software foi desenvolvido com base no trabalho de Michael Ashby em parceria com David Cebon (GRANTA DESIGN, 2015)

que busca disponibilizar o acesso das propriedades dos materiais para os profissionais da área. Ele fornece diagramas (mapas) que relacionam uma determinada gama de materiais com uma maior facilidade de leitura das propriedades, o que propiciou a contemplação de três aspectos. O primeiro diz respeito a aderir uma seleção de materiais sistemática que não dependesse dos critérios utilizados até então, sejam eles contratar um consultor, utilizar materiais por tradição ou consultar o fornecedor do material. Sem a adoção dessa seleção de materiais sistemática não seria possível avançar na otimização do sistema, dependente da experiência do contratado, estagnando na seleção por tradição e tornando-se subordinado do mercado dos fornecedores e suas estratégias.

O segundo aspecto é a observação dos limites das propriedades de cada material, propriedades estas físicas ou químicas, a publicação Ashby (2014) fornece a Figura 2 com os limites do módulo de Young ( $E$  em GPa) para cada tipo de material.

Figura 2 - Limites do módulo de Young para diferentes materiais



Fonte: Ashby, 2014.

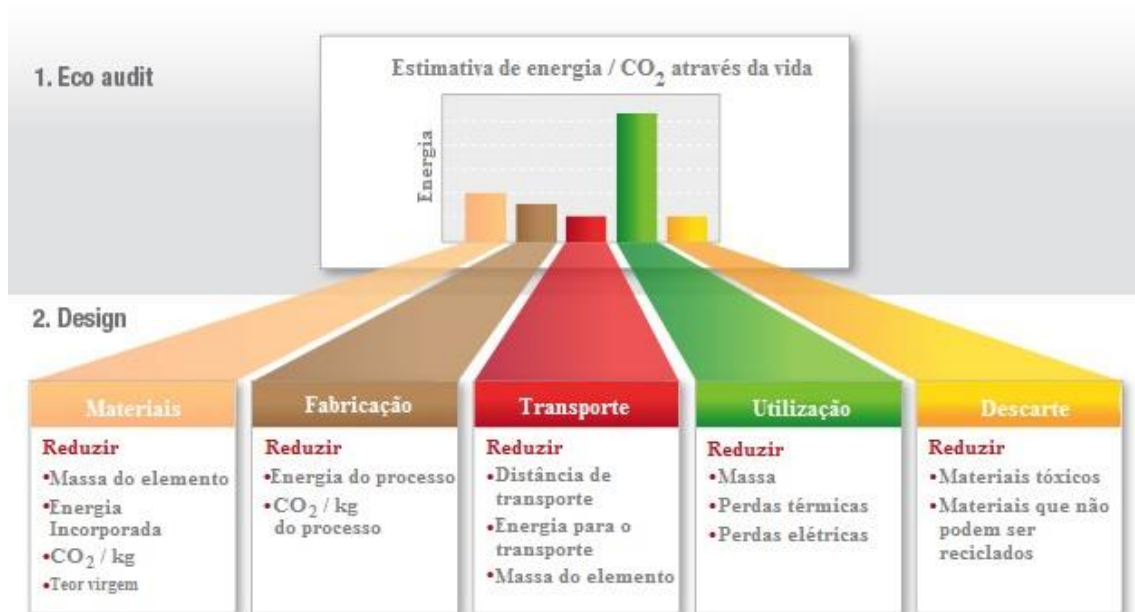
O terceiro aspecto trata do resultado da procura por materiais, esse acaba gerando o desenvolvimento de novos materiais visto que os diagramas podem não mostrar materiais de engenharia que atendam às necessidades do projeto.

## 4 METODOLOGIA

Os objetivos pré-determinam que deve ser concebido um entendimento da utilização do ramo ecodesign na seleção de materiais para projetos mecânicos. O Centro Universitário da FEI dispõe da licença do software CES Edupack® (GRANTA DESIGN, 2016) e será utilizado durante o desenvolvimento da iniciação científica.

O programa dispõe da ferramenta Eco Audit Tool® (GRANTA DESIGN, 2016), que auxilia na quantificação do impacto ecológico causado pelo sistema, mensurando a emissão de CO<sub>2</sub> e a energia empregada desde a extração do material, fabricação, o transporte, sua utilização e enfim o seu descarte, como é possível observar na Figura 3.

Figura 3 - Análise da ferramenta Eco Audit®



Fonte: Autor “adaptado de” Granta, 2017.

O projeto foi iniciado, de fato, com a escolha do sistema mecânico a ser estudado e desenvolvido, no caso uma caixa redutora de velocidade. Tornou-se necessário efetuar uma pesquisa de mercado, visto que existia uma vasta gama de modelos para determinar o mais requisitado. Após essa etapa preliminar, o presente projeto está sendo submetido à apreciação do Centro Universitário com vistas à análise propriamente dita da ferramenta do Eco Audit Tool®.



## 5 CRONOGRAMA

O cronograma deverá basear-se no desenvolvimento das seguintes tarefas, denotadas na Tabela 1, apresentada a seguir. Parte dessas atividades já foram realizadas.

1. Assistir aos seminários desenvolvidos pela plataforma virtual (Webinars) oferecidos pela empresa Granta Design;
2. Leitura da metodologia de seleção de materiais segundo Michael F. Ashby;
3. Utilização do programa CES Edupack ® e sua ferramenta Eco Audit ®;
4. Investigação da demanda e necessidades do sistema mecânico pela região dos entornos do centro educacional FEI;
5. Estudar e projetar o sistema mecânico;
6. Utilização do programa CES Edupack ® para seleção de novos materiais de acordo com o conceito de ecodesign;
7. Análise dos resultados obtidos ocasionando na formalização do projeto pela documentação.

Tabela 1 - Cronograma das atividades a serem desenvolvidas pelo candidato à bolsa de iniciação científica do centro universitário da FEI

Atividade	Mês											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

Fonte: Autor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL JAZEERA. **Lithium exploration threatens Argentina's indigenous.** Business & Economy. Disponível em < <http://video.aljazeera.com/channels/eng/videos/lithium-exploration-threatens-argentin-as-indigenous/5286423375001;jsessionid=380C7FF1A692957394F44003C337B783>> Acesso em 1 fev. 2017.

ASHBY, Michael F.. Materiais e o ambiente. In: ASHBY, Michael F. [tradução de Arlete Simille]. **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.** Cap. 1. p. 7.

ASHBY, Michael F.. Materiais e o ambiente. In: ASHBY, Michael F. [tradução de Arlete Simille]. **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.** Cap. 4. p. 54.

GRANTA DESIGN. **Eco Audit Tool.** Disponível em: < <https://www.grantadesign.com/products/ecoaudit/>>. Acesso em 31 jan. 2017.

GRANTA DESIGN. **Supporting varied levels of teaching.** Disponível em: <<http://www.grantadesign.com/images/edu/2016/levels.png>> Acesso em 31 de jan. 2017.

GRANTA DESIGN. **What's the value of materials data management?** Disponível em: < <https://www.grantadesign.com/solutions/index.htm>> Acesso em 1 fev. 2017.

GRANTA DESIGN (Cambridge). **Granta CES2016 Selector.** 2015b. Disponível em: <<http://www.grantadesign.com/products/ces/index.htm>>. Acesso em 8 dez. 2015.

GRANTA INDUSTRIAL INTELLIGENCE. **Eco Audit Tool.** 2016. Disponível em: <<https://www.grantadesign.com/products/ecoaudit/>>. Acesso em 31 jan. 2017.

GRANTA INDUSTRIAL INTELLIGENCE. **What is CES EduPack?** 2017. Disponível em: <<http://www.grantadesign.com/education/edupack/>>. Acesso em 31 jan. 2017.

RAMOS, F.M.; DUTRA, J. C. Estudo de caso envolvendo a ferramenta Eco Design na metodologia de seleção de materiais. **Relatório parcial.** 2016. 62 p.