



## UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DISCIPLINA DE SELEÇÃO DE MATERIAIS NOS CURSOS DE ENGENHARIA

**Odney C. Brondino** – odneybrondino@utfpr.edu.br

**Filippe de C. Bernardino** – bernardino\_cps@hotmail.com

**Renan P. de Godoi** – renangodoi@yahoo.com.br

**Sandro J. V. Torres** – sandrovtorres@gmail.com

**Renata V. Goncalves** - revendra2407@hotmail.com

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais

Avenida dos Pioneiros, 3131

CEP 86036-370, Londrina, PR

**Nair C. M. Brondino** – brondino@fc.unesp.br

UNESP – Faculdade de Ciências – Departamento de Matemática

Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01

CEP 17033-360 – Bauru – SP

***Resumo:** Este trabalho apresenta uma alternativa para o ensino da disciplina de Seleção de Materiais através da proposta de projetos. Ao contrário de boa parte dos trabalhos que relatam experiências de docência nesta matéria, onde os projetos envolvem o desenvolvimento de produtos, a metodologia proposta aqui consiste em analisar os materiais envolvidos na fabricação de um objeto já acabado, de uso cotidiano e de fácil acesso aos estudantes. Este tipo de abordagem permite a escolha de produtos mais elaborados para análise, uma vez que não será necessário fabricá-los. Desta forma, abre-se a possibilidade de explorar vários tipos de materiais, de processos e de normas técnicas e de segurança, o que vem a agregar conhecimentos que vão além daqueles que fazem parte do conteúdo ministrado na disciplina. Como resultado, observou-se que os projetos contribuíram de maneira significativa no aprendizado dos alunos, uma vez que trouxeram informações muito ricas em detalhes, que provavelmente não seriam tratadas de maneira tão específica no decorrer da disciplina de seleção de materiais.*

***Palavras-chave:** Ensino, Seleção de Materiais, Relato de Experiência.*

### 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da História, o conhecimento de novos materiais e tecnologias foram a motivação para os humanos iniciarem a criação de um novo projeto. A complexidade no processo de escolha de materiais torna-se cada vez maior, à medida que surgem novas opções de materiais no mercado, obtidos a partir de combinações entre elementos básicos, aditivação, tratamentos térmicos e químicos, entre outros. Segundo Manzini (1993) *apud* Ferrolli (2004),



para um produto “... já não há apenas um material que se mostre como uma escolha óbvia, quase obrigatória; existem agora muitos materiais diferentes que podem atender as necessidades esperadas...”. Ramalhete *et. al.* (2010) acrescentam ainda que, além da disponibilidade e diversidade de materiais, o processo de seleção tem se tornado mais complexo, devido às conseqüências desta escolha em todo o ciclo de vida do produto.

Dentro desta nova problemática, a seleção de materiais no processo de fabricação de produtos tem despertado o interesse de pesquisadores, tanto do ponto de vista do *design* quanto da engenharia. Somente para exemplificar, o trabalho de Ramalhete *et. al.* (2010) realizou o levantamento de aproximadamente 300 referências no assunto, entre *softwares*, bases de dados e páginas *Web*. Com essa profusão de dados disponível e frente a um mercado cada vez mais exigente, a escolha do material tem se tornado uma tarefa complexa, em virtude do seu aspecto multifatorial.

Todo projeto demanda materiais com algumas propriedades e características específicas e, portanto, é importante que o processo de seleção inicie por uma lista completa de possibilidades. A lista de possibilidades é reduzida através da triagem e eliminação dos materiais que não atendem às características mínimas requeridas. A escolha dos materiais ou classe de materiais, que mais se enquadram às necessidades, pode ser determinada por diagramas que correlacionam propriedades de interesse, onde pode ser necessário abrir mão do ótimo ou sacrificar uma propriedade em virtude da melhor otimização/cominação de propriedades, por meio da filosofia de compromisso. A correlação de propriedades sugere a construção de gráficos de uma propriedade em relação à outra, mapeando assim as classes ou subclasses de materiais, gerando um acervo compacto de informações. Por sua vez, os bancos de dados presentes em livros e *Handbooks* sugerem as mais diferentes relações entre as propriedades e alguns trazem até informações sobre o custo, que é um fator determinante para produção de componentes.

Uma segunda forma de selecionar os materiais que passaram pela triagem é por meio do índice de mérito, ou índice de material, onde se mede o quão satisfatória é a relação de propriedade de um dado material. Existem diversos índices, dependendo da correlação que se busca, cada qual relacionado a algum desempenho específico. Tais índices remetem a critérios de excelência que permitem selecionar os materiais que melhor desempenham determinada função (ASHBY, 2012).

Outro fator que deve ser levado em consideração é a capacidade de analisar o histórico de mercado e de produção de um dado componente, peça ou equipamento, atribuindo pontuação quanto ao seu desempenho na sua experiência de mercado. Nesta situação, podem ser utilizados dados de até vinte anos passados para casos de produtos com longa história de mercado, pois é na experiência que se elimina a possibilidade de reproduzir um mesmo erro (DORNELES & PIMENTA, 2005).

Partindo destes conceitos, pode-se inferir que o processo de seleção de materiais apresenta um alto nível de complexidade. Em virtude disso, a disciplina de Seleção de Materiais tem se apresentado como um grande desafio aos docentes da área. Dentre os trabalhos publicados na área de ensino relativos ao assunto, muitos relatam experiências de projetos propostos aos alunos cujo foco é a concepção de algum produto. Nestes trabalhos, o aluno atua como projetista, sendo que no processo ele deve escolher qual o melhor material a ser utilizado com base no produto a ser concebido (Cândido & Klindein, 2009; Botelho, 2003; Pinotti *et. al.*, 2003).

O presente trabalho propõe um caminho inverso, uma vez que em lugar de projetar um produto e determinar qual o material a ser utilizado, a ideia foi escolher um produto acabado e

propor aos alunos que investigassem sobre a composição dos materiais envolvidos, pesquisassem as possibilidades de utilização de materiais similares e averiguassem normas envolvidas no projeto.

A seção 2, a seguir, apresenta a metodologia utilizada. Na sequência, relatos confeccionados por alunos da disciplina Seleção de Materiais, do curso de Engenharia de Materiais da UTFPR – Campus Londrina, são apresentados na seção 3. A última seção apresenta as discussões e considerações acerca da experiência didática relatada neste trabalho.

## 2. METODOLOGIA

Alguns produtos de uso cotidiano, de fácil acesso aos estudantes e cujas ilustrações são mostradas na Figura 1, foram escolhidos como objetos de estudo pelo docente da disciplina, a saber: **BEBEDOURO** de coluna, **EXTINTOR** automotivo, **LANTERNA** de emissão de luz por um diodo emissor de luz (**LED - Light Emitting Diode**) de uso profissional e **SKATE**.

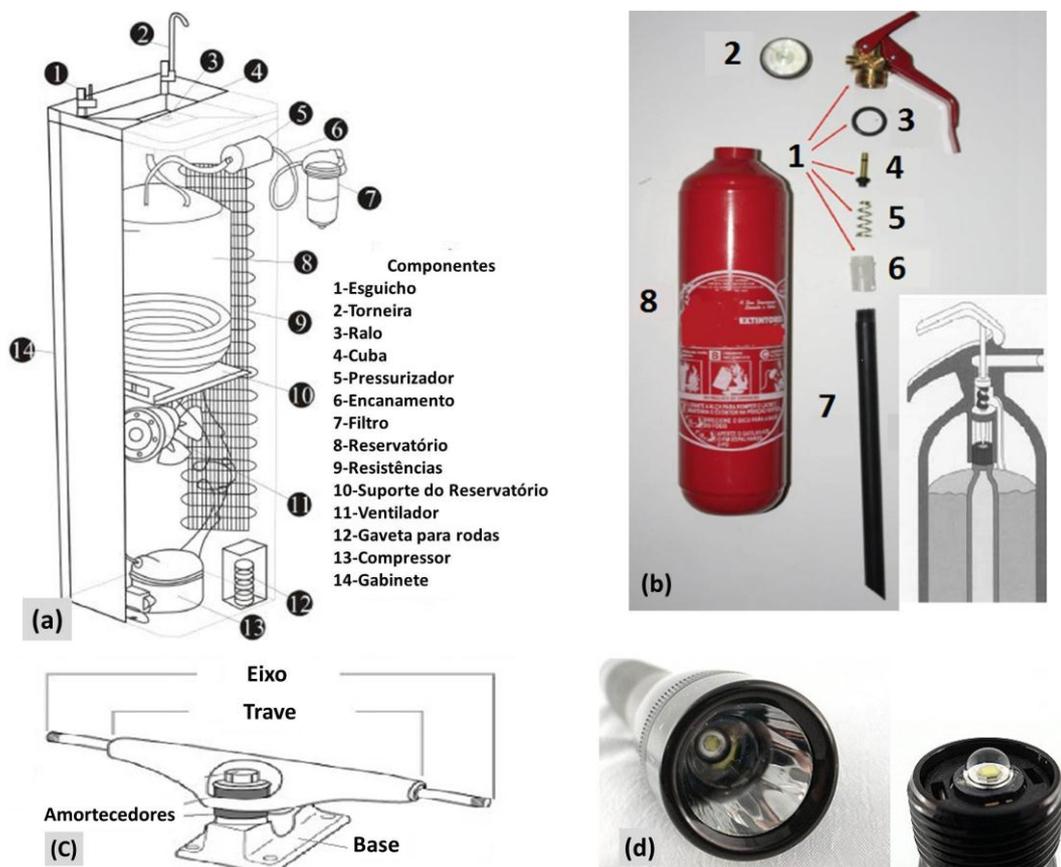


Figura 1. **a)** – Principais componentes de um bebedouro do tipo coluna. Fonte: (SILVA e D’FARIA, 2010); **b)** Componentes de um extintor automotivo e esquema da seção transversal do extintor montado, Fonte: Adaptado de Madehow, 2014 e Extintores Mocelin, 2013 respectivamente; **c)** Ilustração dos componentes do Truck Fonte: Adaptado de Monster Sports, 2014 e **d)** Ilustração da Lanterna **LED** de aplicação comercial.

De acordo com a proposta, cada aluno tinha como responsabilidade pesquisar e propor alternativas exequíveis para a fabricação de um produto sob sua responsabilidade e também



deveria participar como membro integrante das equipes dos demais projetos. Através dessa dinâmica, cada aluno deveria pesquisar profundamente sobre seu tema, apresentando-o para os demais colegas e também participar de discussões acerca dos demais projetos. Desta forma, as discussões promovidas possibilitariam aos discentes uma visão geral de todos os projetos, num trabalho colaborativo. Além de propostas de inovações do ponto de vista técnico, também foram sugerida a inclusão de discussões sobre as possibilidades de sucesso, caso o produto fosse lançado comercialmente. Com esta experiência, buscou-se despertar nos alunos a ideia de que, em um trabalho em equipe, o sucesso do projeto irá depender do envolvimento e do comprometimento profissional, dedicados ao projeto.

Em adição, buscou-se desenvolver apelos significativos com relação à racionalização energética, desde a concepção do produto até formas mais econômicas de se produzir determinados componentes, com vistas à melhor eficiência energética funcional do produto final. Como características adicionais, sugeriu-se que fossem levados em consideração a ergonomia, as variações de temperatura durante a utilização do produto, o perfil do consumidor final, a possibilidade de atrativos diferenciados e a substituição por materiais de menor custo e/ou esteticamente mais atrativos. Em todas as investigações, deveria ser discutida a possibilidade de utilização de novos materiais, ainda não usados, levando-se em consideração a competitividade de produtos similares do mercado para o qual o produto é destinado.

### **3. RELATOS APRESENTADOS**

Esta seção apresenta cópias de trechos dos relatórios e das análises elaborados pelos alunos responsáveis pelos projetos mencionados na seção anterior. Através dos relatos apresentados pelos alunos, pode-se observar que, além da pesquisa com relação à escolha de melhores alternativas para os materiais a serem empregados, os trabalhos apresentam informações acerca dos processos de fabricação e de alternativas mais viáveis dos pontos de vista ecológico e ambiental. Alguns relatos fazem referência às normas técnicas e de segurança, conteúdos que não comumente abordados na disciplina.

#### **3.1 Aluno 1: Projeto “Bebedouro tipo coluna”**

Devido à necessidade de consumir água potável em ambientes públicos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu uma normalização (NBR 13972) que padroniza a construção de bebedouros com refrigeração, em que define materiais, métodos e meios de construção de cada componente utilizado na montagem de um bebedouro público comum.

O exemplo utilizado para este trabalho é o bebedouro do tipo coluna por pressão conectado à rede hidráulica, encontrado em ambientes públicos como escolas, repartições públicas e na maioria de estabelecimentos com ambientes abertos (INMETRO, 2011).

Este tipo de bebedouros possui aproximadamente 20 a 35 componentes em sua construção e são feitos dos mais variados materiais, como é possível observar resumidamente na figura 1(a). Contudo, o aço inoxidável 304 e aços zincados são os materiais preferidos, pois possuem boas características para este tipo de aplicação, como capacidade de resistir a corrosão, suportar cargas compressivas, e solicitações de impacto (TÉCNICAS, 1997).

Seu funcionamento é bastante simples e separado em algumas partes distintas como os de refrigeração e armazenamento de água, em que compressores proporcionam a refrigeração de



fluidos que ao passarem por serpentinas de cobre, retiram calor da água armazenada em uma câmara construída também de aço inox e revestida externamente de poliestireno expandido; o sistema de purificação é composto por filtros de carvão ativado próximos a entrada de água da rede alimentadora; as torneiras proporcionam o fluxo de água potável formando um jato de água para consumo do usuário; a cuba acoplada a um ralo serve para conduzir o restante de água à saída através de uma rede de tubos e conectores internos que direcionam o fluxo de água descartada.

A torneira, na maioria dos casos, é feita de material metálico como latão ou aço inox, pois estes são resistentes à corrosão e à compressão. São peças relativamente de baixo custo, com a única função de permitir o envio de água com o acionamento de uma válvula, podendo ser processadas por forjamento e usinagem. Dentro destas peças, arruelas feitas de polímeros com elastômeros são utilizadas como vedação. O ralo pode ser construído tanto em aço inox como em polipropileno para reduzir custos, pois não exige grandes esforços mecânicos durante o uso. A cuba é feita de aço inox 304 ou aço galvanizado, exige o mínimo de resistência mecânica para não se deformar com o apoio do usuário e principalmente deve suportar a corrosão e ser resistente a riscos de possíveis atritos com objetos que caem sobre a superfície da cuba. Esta é processada por estampagem, devido às condições dimensionais, que propiciam esse processamento (SILVA e D'FARIA, 2010).

O maior custo na construção deste tipo de bebedouro está sobre os mecanismos de refrigeração e troca de calor, como o compressor, serpentinas de cobre e principalmente o reservatório. O gabinete, que protege todos esses dispositivos internos é menos custoso, pois sua produção é bastante simples, como laminação e dobramento de uma chapa de aço. Para a junção de outras partes internas e do gabinete, faz-se o uso de elementos de união como rebites ou parafusos.

A serpentina feita de uma liga de cobre, de acordo com os mapas de propriedades de ASHBY, possui a melhor condutividade térmica comparada com qualquer outro material. Abaixo desta, observa-se as ligas de alumínio, com valores próximos, que possuem melhor facilidade de processamento e menores custos e portanto podem ser uma excelente alternativa para substituição (ASHBY, 2012).

Para que haja alguma substituição da cuba por materiais com preços mais atrativos, estes devem, no mínimo, apresentar boas propriedades de resistência química e às intempéries. Devido à sua boa resistência à corrosão, os plásticos e compósitos com matriz polimérica têm substituído os metais em muitas aplicações (GENTIL, 2011). O teflon (poli-tetra-fluor-etileno), uma das substâncias mais inertes que se conhece, além de ser antiaderente, pode ser processado por meios que gastem menos energia, comparado com a estampagem atual da cuba, como injeção de termoplásticos. Seu preço é relativamente mais barato do que o aço inox e pode ser feito com uma gama de cores, viabilizando novas aplicações.

### **3.2 Aluno 2: Projeto “Extintor automotivo”**

Visto a quantidade de materiais inflamáveis que constituem um automóvel, desde óleos e combustíveis até seus estofados, observando também os incidentes ocorridos e a possibilidade de estancar um pequeno princípio de incêndio com facilidade, o CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), determinou em 1997 a obrigatoriedade do extintor portátil automotivo como item de segurança nos veículos automotores e ônibus elétricos (CONTRAN, 1997).

Até 2004 a legislação de trânsito apenas determinava a utilização de extintores, onde o equipamento atendia às necessidades do fogo de classe B e C, que consistem em líquidos inflamáveis e equipamentos energizados. Mas como a classe A, que abrange os materiais sólidos não inflamáveis, não deixa de estar presente em um automóvel, o CONTRAN, com a resolução nº. 157 de 2004, determinou que, a partir de 2005 nenhum veículo automotor, elétrico, reboque ou semirreboque pode sair de fábrica, ser licenciado ou circular em vias públicas sem que esteja equipado com extintor de incêndio (CONTRAN, 2004).

Na categoria de portáteis, tem-se a Norma Brasileira ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15808/2010, a qual reúne todas as exigências referentes a extintores de incêndio portáteis. Em geral, os extintores utilizados nos carros brasileiros comportam 900-1000g de agente extingüível.

Dado à legislação e normalização vigente, é sabido que um extintor é composto por vários componentes de diversos materiais e para uma maior compreensão a Figura 1(b) expande os componentes básicos de maior relevância em um extintor, listados em numeração crescente, a saber: 1-conjunto de válvula, 2-indicador de pressão, 3-anel, 4-pino da válvula, 5-mola, 6-bucha plástica, 7-tubo sifão e 8-cilindro.

A seleção de materiais que suportem as exigências para fabricação de extintores portáteis automotivos será abordada usando como referência a produção do vaso de pressão, já que o estudo para os demais componentes segue a mesma linha de raciocínio.

Segundo a empresa Kidde United Technologies, os vasos de pressão para esta aplicação, ficam sob pressão de 0,7 MPa. Assim, a NBR 15808 determina como processo de segurança, que tais vasos de pressão sejam submetidos a ensaios de pressurização, onde para serem aprovados, devem resistir a duas vezes e meia a pressão normal de carregamento ou ao menos 2 MPa. Podendo ser fabricado em liga de alumínio (classes 1100, 1170, 3003, 6061 T6 e 6351 T6), aço inoxidável austenítico 304L ou aço carbono com baixo teor de carbono, laminado a frio (ABNT - 2010).

Levando em consideração do custo por quilo dos materiais metálicos (ASHBY, 2012), foi possível definir o aço carbono como material base para produção dos cilindros, já que a diferença de preço por Kg de metal é muito grande quando comparado às ligas de alumínio e ao aço inoxidável. Fazendo um levantamento no mercado brasileiro, produtor de vaso de pressão para extintores, encontra-se a utilização do aço carbono SAE 1541, o que viabiliza ainda mais a sua seleção. No MATWEB (2014), verificou-se que o aço SAE 1541 apresenta propriedades que satisfazem os requisitos para a fabricação do cilindro. Como a norma NBR 15808 determina que a utilização de solda deve ser a mínima necessária para vedar o cilindro, a calandragem de chapas é um processo que se torna desvantajoso devido à quantidade de cordão de solda que é demandado. Dessa forma, a estampagem profunda é o processamento que mais viabiliza a produção de cilindro através da união de duas partes estampadas, resultando em alta resistência à pressão e estanqueidade (KIDDE U. T., 2014).

Seguindo o mesmo raciocínio, o material dos outros componentes também foi proposto por esse estudo, sendo eles: zamac (liga de Al-Zn) para o indicador de pressão, latão para pinos e arruelas, borracha nitrílica para o anel *O-ring*, polipropileno para bucha e tubo sifão.

Ainda é válido ressaltar que foi feita uma busca do tema no panorama internacional e observou-se que o pó químico à base de fosfato de monoamônio empregado no extintor ABC brasileiro é o mesmo amplamente empregado na Europa e Estados Unidos. Constatou-se também a dificuldade em abordar este tema “Extintor Automotivo” no âmbito nacional, posto que poucos trabalhos científicos abordam o tema. Ainda no contexto internacional, a ISO



(International Organization for Standardization) especifica, por meio da norma vigente ISO 7165:2009, os principais requisitos de segurança, confiabilidade e desempenhos dos extintores portáteis, com carga de até 20 kg, englobando desde extintores automotivos até industriais (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2009).

### 3.3 Aluno 3: Projeto “Skate”

Inicialmente os *skates*, que foram projetados de forma a resolver o problema dos surfistas na época da seca na Califórnia, consistiam de um *shape* e quatro rodinhas. Em 1965 iniciou-se a fabricação industrial dos primeiros *skates*. Com o passar dos anos, o *skate* foi dividindo-se em modalidades, demandando por componentes mais eficientes em termos de propriedades mecânicas. De modo a facilitar o entendimento, o *skate* moderno será dividido nos seguintes componentes: *Shape*, *truck*, rodas e rolamentos.

Inicialmente, os *shapes* eram fabricados em madeiras sólidas, geralmente de carvalho, o que gerava um peso excessivo ao *skatista*. A partir da década de 70 foram introduzidas as madeiras laminadas, permanecendo até os tempos atuais. A fabricação do *shape* de madeira se divide em: preparação das laminas de madeira, aplicação da cola, prensagem, recorte, acabamento e pintura. Esse processo pode demorar de 3 a 5 dias (MARTINES e SILVA, 2012).

Os *shapes* em material compósito podem solucionar problemas de quebra, devido à baixa resistência mecânica da madeira, maior leveza quando comparado a outros materiais, porém esbarram no quesito escala de produção, que está ligada diretamente ao valor do produto (ALMEIDA, BASSETTI, *et al.*, 2012).

Um material que consegue reunir algumas dessas condições é o policarbonato, que possui praticamente a mesma resistência mecânica que os feitos em madeira, com as seguintes vantagens: controle dimensional mais rigoroso e produção em larga escala, visto que os *shapes* devem ser conformados a quente (GUERRERO e OROSCO, 2009).

Os *trucks* têm por função permitir a realização de curvas com o *skate* através da inclinação do corpo do *skatista* para o lado que se deseja. Pode ser entendido como um eixo, onde são acopladas as rodas e rolamentos. (AGUIAR, 2008). Dentre os elementos que compõem o *truck* estão a base, o eixo, a trave e um par de amortecedores cilíndricos. Esses componentes são ilustrados na Figura 1 (c). O alumínio é o material mais abundante nos *trucks* para *skate*, devido ao fato de associar alta resistência e baixa densidade, características almejadas no projeto desse componente. Outra propriedade que chama atenção é a resistência à corrosão, fato muito importante no projeto da vida útil do componente, assim como na segurança do *skatista*. Devido a esses fatores, esse material é utilizado na base e na trave dos *trucks* mais recorrentes no mercado. Os *trucks* em alumínio podem ser fabricados por fundição convencional ou fundição sob pressão (PETRUSO, 2000).

Visando atender às restrições de leveza e boa resistência mecânica, *trucks* de titânio já são encontrados no mercado, porém seu processamento envolve certa complexidade, o que acarreta um aumento no custo do produto. O aço tem seu uso restrito apenas ao eixo, pois esse componente requer boa resistência mecânica. Seu uso não se estende ao restante do *truck*, devido à sua alta densidade comparado aos demais metais (YNDYO, 2009).

De modo a permitir que o *skatista* realize as curvas em seu *skate*, existem alguns amortecedores que são acoplados ao *truck*. O material mais utilizado para a fabricação dos amortecedores do *skate* é o poliuretano, devido às suas boas propriedades de elasticidade e recuperação da forma. (MARTINES e SILVA, 2012)

Atualmente, as rodas mais usadas têm formas parecidas, mas com diâmetros e larguras que variam de acordo com a modalidade. O tamanho e a dureza das rodas podem influenciar tanto na velocidade, quanto no desenvolvimento das manobras (AGUIAR, 2008).

Alguns candidatos para material ideal para as rodas são o Poliuretano, Polietileno e o Policloreto de Vinila (PVC). De acordo com o fabricante de rodas de *skate* (MOSKA, 2012), as rodas de polietileno e PVC não são recomendadas para uso, devido às suas péssimas propriedades quanto à resistência à abrasão e aderência.

O material que possui as melhores características para as rodas é o poliuretano, que podem ser produzidas por dois métodos: por injeção, ou *casting*, que consiste na deposição do poliuretano líquido dentro de um molde, que nesse trabalho denominaremos fundição.

As propriedades da roda injetada são inferiores quando comparados à roda fundida, e a diferença se dá no modo como esta foi processada. Na roda fundida, temos a adição de agentes reticulantes, o que confere ao produto maior resistência ao desgaste, enquanto que na roda injetada, temos apenas a adição dos *pellets* (granulado do produto) na injetora, a entrada do polímero fluido no molde e sua solidificação (MOSKA, 2012).

Devido à sua aplicação, os rolamentos devem apresentar alta resistência mecânica e alta resistência ao impacto. A precisão dimensional também é importante e suas tolerâncias são muito estreitas. O atrito é muito elevado nos componentes devido ao seu funcionamento, logo, os elementos deslizantes devem ser resistentes ao atrito e também resistentes à corrosão, que pode deteriorar o material, prejudicando seu funcionamento.

O aço, devido ao seu baixo custo e boas propriedades mecânicas, é uma boa opção na seleção do material para rolamentos. Produzindo peças com alta resistência, tenacidade e elevada dureza superficial e também pelas variadas maneiras de conformação mecânica.

Uma alternativa já existente no mercado são alguns tipos especiais de rolamentos fabricados com cerâmicas duras, como o nitreto de silício, devido às melhores características dessa classe de materiais quanto à resistência ao desgaste, menor densidade e baixo coeficiente de atrito, porém a dificuldade no seu processamento faz com que seu custo seja superior aos demais.

### **3.4 Aluno 4: Projeto “Lanterna ‘LED’ de uso profissional”**

É de conhecimento geral que a lanterna é uma fonte de luz portátil elétrica, podendo esta ser obtida por meio de uma lâmpada incandescente, fluorescente ou por um diodo emissor de luz (LED - Light Emitting Diode). É composta por sete elementos principais: uma caixa ou tubo que mantém unido todos os outros componentes da lanterna; um contato, isto é, tira de metal, normalmente feita de cobre ou latão, o qual serve de ligação entre a bateria, a lâmpada e o interruptor que liga ou desliga a lanterna; o refletor, um plástico revestido com uma camada de alumínio cujo principal objetivo é tornar eficiente a iluminação promovida pela fonte de luz; fonte de luz; lente, ou seja, tampa de plástico que serve para proteger a fonte de luz e bateria que fornece energia elétrica para a lanterna. Estes componentes contemplam a lanterna ilustrada na figura 1(d). (TRYENGINEERING, 20XX).

Em termos de inovação tecnológica, os LEDs são a melhor opção no mercado, pois este tipo de lâmpada tende a ser muito mais eficiente do que as lâmpadas incandescentes, funcionando 5-10 vezes mais tempo com um mesmo conjunto de baterias e também é mais resistente a impactos. A sua autonomia é muito longa, durando milhares de horas de uso, ao contrário de lâmpadas incandescentes, que geralmente tendem a falhar depois de 5-20 horas



de uso. No entanto, os LEDs não são tão brilhantes como lâmpadas incandescentes, mas isso está mudando (FLASHLIGHT REVIEWS ARCHIVE, 2007).

Por esses e muitos outros motivos, o diodo foi selecionado como a fonte de luz no projeto de seleção de material de um componente eletrônico como a lanterna. Uma vez que ele apresenta características e propriedades superiores às demais lâmpadas encontradas no mercado para tal aplicação.

Para a determinação do componente caixa ou tubo da lanterna de acordo com as suas condições de serviço, ou seja, uso doméstico ou profissional (*camping*, armamento etc), temos que estabelecer o objetivo principal da caixa da lanterna que é proteger os demais componentes da mesma. Assim, fica claro que o material deste componente deve ser impermeável, não sofrer grandes deformações após impactos e resistir à oxidação de sua estrutura dependendo do meio de serviço. Portanto, os materiais empregados devem apresentar boa resistência mecânica, ao impacto, à corrosão e à água e, além disso, ter baixa densidade, uma vez que seu uso é manual. Essas características são as restrições de projeto durante a seleção de um material para compor a caixa ou tubo da lanterna.

Dessa forma, foi feita uma triagem/classificação dos materiais que melhor desempenharão a função estabelecida no projeto da caixa da lanterna. Assim, temos duas opções gerais, polímeros ou metais. Entre os polímeros, variam os de baixo custo como o poliestireno e o polietileno quando comparados com outros materiais com combinações mais complexas como as de ABS ou epóxi reforçado com vidro. As propriedades almejadas na seleção de um material plástico para produção de uma lanterna são facilidade de moldagem do polímero e propriedades mecânicas satisfatórias ao uso (ASHBY, M.F., 2012).

Quanto aos materiais metálicos, o alumínio e suas ligas possuem melhores propriedades mecânicas, porém sua densidade e preços são mais elevados quando comparados com os plásticos alternativos. Seus atributos como textura, usinabilidade e possibilidades de tratamentos de superfície interferem na escolha popular. Outra propriedade significativa é por ele ser um bom condutor elétrico e dissipador térmico. Esta última característica é de grande valia em lanternas de LED, já que o diodo emissor de luz tem a sua vida reduzida com a elevação da temperatura. Outros metais também amplamente empregados, porém com preços menos atrativos quando comparados com o alumínio, são: aço inoxidável, titânio e magnésio (ACTION-LIGHTS, 2006; ASHBY, M.F., 2012).

Quanto ao processamento, as lanternas de plástico normalmente são moldadas por injeção em sua forma final, necessitando apenas de alguns ajustes para completar a sua montagem. Elas têm como vantagem o fato de resistirem à corrosão e ao desgaste em relação aos metais de aplicação comercial. Já os metais podem ser extrudados na forma tubular e posteriormente usinados de forma a obter um melhor acabamento superficial e as formas necessárias à montagem da lanterna.

Por ser a lanterna de uso profissional, tem-se que a liga de alumínio é o material que mais se adapta às condições de serviço estabelecidas pelo projeto e portanto selecionada para este caso.

Cabe ressaltar que as premissas do projeto de uma lanterna têm que estar de acordo com a norma ANSI/NEMA FL1 (2009). Trata-se de uma norma voluntária e que define os procedimentos de teste e as condições para a produção total de luz, a intensidade do feixe, a distância de trabalho, o impacto, a resistência à água e o tempo de funcionamento da bateria.



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seleção de materiais é de extrema importância na otimização da fabricação de bens de consumo industriais, uma vez que promove impacto direto nos resultados de produção, no tocante aos aspectos econômicos e de qualidade. Devido à importância do assunto na profissão do engenheiro, a tarefa de transmitir essa temática da melhor forma demanda um trabalho árduo por parte do docente.

Ao contrário de boa parte dos trabalhos que relatam experiências da docência nesta matéria, onde o assunto é tratado a partir do desenvolvimento de produtos, a metodologia proposta aqui consiste em analisar os materiais envolvidos na fabricação de um produto já acabado. A ideia é promover a fixação de conceitos teóricos acerca do assunto, de modo que os alunos consigam atrelar conhecimento teórico e aplicações práticas, com vistas a promover uma base sólida que os ajudará a solucionar problemas em sua futura vida profissional.

Na experiência relatada aqui, observou-se que os projetos contribuíram de maneira significativa no aprendizado dos alunos, uma vez que trouxeram informações muito ricas em detalhes, que provavelmente não seriam tratadas de maneira tão específica no decorrer da disciplina de seleção de materiais. Este tipo de abordagem permite a escolha de produtos mais elaborados para análise, uma vez que não será necessário fabricar o objeto. Desta forma, abre-se a possibilidade de explorar vários tipos de materiais, de processos e de normas técnicas e de segurança, o que vem a agregar conhecimentos que vão além daqueles que fazem parte do conteúdo ministrado na disciplina.

As discussões promovidas em sala de aula constituíram-se em um grande laboratório, no qual as equipes podiam compartilhar informações e assim conhecer não só sobre os materiais e processos envolvidos em seus próprios projetos, mas também opinar e discutir sobre os trabalhos dos colegas num processo colaborativo.

Em adição, essa proposta visou a promover a autonomia do aluno no processo, uma vez que este deveria buscar as informações referentes às propriedades de relevância do projeto e dos ensaios que são exigidos na especificação dos materiais para aquela aplicação específica e assim decidir pela melhor escolha. Com isso, os futuros engenheiros puderam ter contato com as dificuldades encontradas ao se adequar o produto em função das adversidades do ambiente e ao perfil da sociedade onde este será empregado.

#### *Agradecimentos*

Os autores agradecem à Fundação Araucária e ao Departamento de Matemática da UNESP-Bauru pelo apoio financeiro concedido.

#### REFERÊNCIAS

ACTION-LIGHTS (2006). Disponível em:

<[http://www.flashlightreviews.com/reviews/maglite\\_minimagled.htm](http://www.flashlightreviews.com/reviews/maglite_minimagled.htm)> Acesso em: 05 de junho de 2014.

AGUIAR, T. C. O design gráfico que encontramos nos diferentes produtos da indústria do Skate, Rio de Janeiro, 2008. 26.



ALMEIDA, D. R. D. et al. Shape de Policarbonato para Skate. Faculdade Araucária. Araucária, p. 16. 2012.

ANSI/NEMA FL 1-2009: Flashlight Basic Performance Standard; Published by National Electrical Manufacturers Association 1300 North 17<sup>th</sup> Street, Suite 1752 Rosslyn, Virginia 22209.

ASHBY, M. F. Seleção de materiais no projeto mecânico. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15808 - Extintores de incêndio portáteis. Rio de Janeiro, p. 56. 2010.

CONTRAN. Resolução do Contran n.157/2004. DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito, 2004. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>.

CONTRAN. Resoluções do Contran n. 14/98. DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito, 1997. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em: 31 maio 2014.

DORNELES, A. M. L. F.; PIMENTA, M. M. Critério na seleção de plásticos de engenharia para aplicações em veículos populares no Brasil. USP - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FERREIRA, R. Comma Skateboard, São Paulo, p. 76, 2010.

FLASHLIGHT REVIEWS ARCHIVE: GUIA LANTERNA DO COMPRADOR (2007). Disponível em: <[http://www.flashlightreviews.com/features/buyers\\_guide.htm](http://www.flashlightreviews.com/features/buyers_guide.htm)> Acesso em: 05 de junho de 2014.

GENTIL, V.; NEVES, A. Corrosão, Rio de Janeiro, 6 ed., Editora LTC (Grupo GEN) 2011.

GUERRERO, C. A.; OROSCO, M. D. S. Shape para Skate em Policarbonato. MU8901373-5U2, Julho 13 2009.

HOW PRODUCTS ARE MADE: FLASHLIGHT. Disponível em: <<http://www.madehow.com/Volume-6/Flashlight.html>> Acesso em: 05 de junho de 2014.

INMETRO. Procedimento de Fiscalização de bebedouros elétricos. INMETRO. [S.l.]. 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7165:2009 - Fire fighting - Portable fire extinguishers - Performance and construction, 2009. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=44094](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=44094)>. Acesso em: 01 Jun 2014.



KIDDE UNITED TECHNOLOGIES. Extintores portáteis automotivos com carga de pó ABC. Disponível em: <[http://www.kidde.com.br/Documents/datasheet\\_Automotiva.pdf](http://www.kidde.com.br/Documents/datasheet_Automotiva.pdf)>. Acesso em: 28 abril 2014.

Lanternas e Baterias: TRYENGINEERING (20XX). Disponível em: <<http://www.tryengineering.org/lessons/flashlight.pdf>> Acesso em: 05 de junho de 2014.

MARTINES, E.; SILVA, E. F. Fabricação de Shapes de Skate. Instituto de Tecnologia do Paraná. [S.l.], p. 23. 2012.

MATWEB. Material Property Data, 2014. Disponível em: <<http://www.matweb.com/>>. Acesso em: 10 Mai 2014.

MOSKA Wheels. Site da Moska Wheels. Disponível em: <<http://moska.com.br/default.asp?id=tecnologia>>. Acesso em: 04 maio 2014.

NETO, M. L. F. Perspectiva da sustentabilidade ambiental diante da contaminação química da água: desafios normativos. InterfacEHS, Rio de Janeiro, p. 15, 2006.

PETRUSO, A. How Products are Made. Skateboard, 2000. Disponível em: <<http://www.madehow.com/Volume-6/Skateboard.html>>. Acesso em: 01 abr. 2014.

SILVA, D. L. S. D.; D'FARIA, L. H. D. G. Preocupações projetuais de conservação e uso para bebedouros públicos do tipo coluna. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Paulo, Outubro 2010. 6.

TÉCNICAS, A. B. D. N. Bebedouros com refrigeração mecânica incorporada - Requisitos de qualidade, desempenho e instalação. ABNT. Rio de Janeiro, p. 64. 1997. YNDYO,. Skate Curiosidade, 2009. Disponível em: <<http://www.skatecuriosidade.com/trucks/truck-de-titanium>>. Acesso em: 30 abr. 2014.

## AN ALTERNATIVE METHOD TO TEACHING THE MATERIALS SELECTION SUBJECT IN ENGINEERING COURSES

**Abstract:** *The aim of this work is to present an experience in teaching the Materials Selection course. In this proposal, a project was submitted to the students where a manufactured object must be investigated with respect to the material selection, manufacturing process and technical and security norms. This kind of project permits the use of elaborate products once their fabrication is not necessary. By this way, the students can learn about several kinds of materials and technical norms that are contents not commonly treated in a Materials Selection course. As result, we concluded that the experience had a large contribution to the learning of this subject.*

**Keywords:** *Teaching, Materials Selection, Experience Report.*