

RELATÓRIO FINAL
1800318 - LABORATÓRIO DE PROJETO DE ENGENHARIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - EESC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

Prototipagem de placas de circuito impresso por método
térmico e fotossensível

PROPONENTES:

André Hiroki Morishita
Daniel Eiji Martins Chiyo
Vinícius Jerez Costa

ORIENTADORA:

Prof^a. Dr^a. Vilma Alves de Oliveira

São Carlos
Julho - 2018

1. Software Eagle

O Eagle é um *Software* utilizado para realizar o *design* eletrônico de placas de circuito impresso. Algumas de suas principais ferramentas são:

- Editor de esquemáticos com verificador de regras básicas de eletrônica, sincronização em tempo real com o editor de *layout* da placa e simulador SPICE;
- Editor de *layout* com ferramentas de alinhamento intuitivas e roteador automático de trilhas;
- Vasta biblioteca de componentes eletrônicos com os fabricantes mais famosos e possibilidade de expansão via *downloads*.



A versão utilizada neste trabalho será a 8.7.1, embora a versão mais atual (no momento deste relatório) seja a 9.0.0.

É possível obter o Eagle gratuitamente caso o usuário seja estudante filiado a uma instituição de ensino técnico ou superior através do link <https://www.autodesk.com/education/free-software/eagle> e criando uma conta com o email institucional. Feito isso, será disponibilizado um link para o *download* do *software*. Ao clicar no executável, o usuário será levado aos procedimentos de instalação. Deve-se simplesmente seguir o descrito nas janelas do instalador e o usuário terá o *software* instalado em seu computador.

1.1. Básicos de utilização

Projetando um esquemático de um circuito eletrônico simples para o aprendizado dos básicos de utilização do *software*, temos:

- “File” - > “New” - > “Schematic”. Com isso, será aberta uma nova janela em branco.

- Clique no ícone  a esquerda. Com isso será aberta uma janela com várias opções de bibliotecas.
- Na barra “Search” digite “led” (sem aspas) e pressione Enter, note que obteve-se uma grande lista de elementos.
- Coloque asteriscos em torno da palavra “led” de modo que fique “*led*” e pressione Enter, note que a lista de elementos cresceu.
- Ao colocar asteriscos na palavra de busca, será procurado quaisquer componentes que possuem “led” em sua descrição. Sem asteriscos será buscado componentes que possuem “led” apenas em seu nome.
- Desça a barra de rolagem até achar uma biblioteca chamada “led” (sem aspas), dentro dela verá uma chamada “LED”, clique duas vezes no componente “LED5MM”
- Pode-se rotacionar o componente com o botão direito do mouse, clique uma vez para inserir o componente num local. Clique novamente ao lado do primeiro LED inserido para inserir outro.
- Ao terminar, pressione Esc para voltar à janela dos componentes.
- Pesquise, usando asteriscos “resistor”.
- Vá até a biblioteca “rcl” - > “R-EU_” - > “R-EU_0204/7”. Insira dois resistores no esquemático.
- Pressione Esc, pesquise por “mm”, com asterisco. Vá até a biblioteca “con-molex” - > “22-23-2031”. Insira um conector.
- Pressione Esc, clique Cancel na janela de componentes
- Ligue os componentes utilizando a ferramenta “Net”, ícone  a esquerda. O circuito final deve ficar conforme a imagem abaixo:

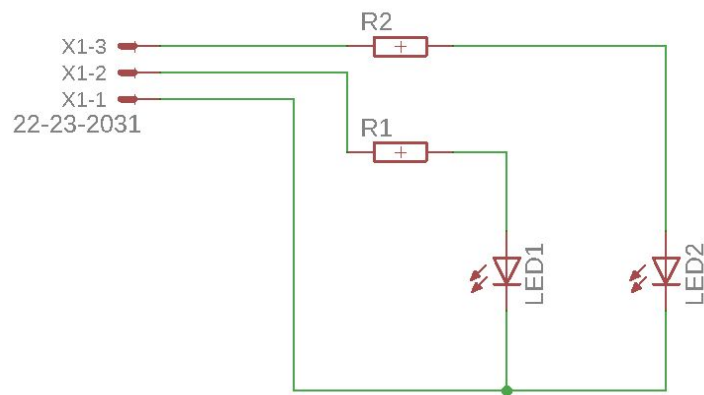


Figura 1: Exemplo de esquemático no Eagle

Para informações mais detalhadas a respeito da utilização do Eagle, recomenda-se assistir aos vídeos dos *links* abaixo:

- Como desenhar circuito EAGLE - Vídeo Aula parte 1:
<https://www.youtube.com/watch?v=JCxMJOUOPdk>
- Como desenhar circuito EAGLE - Vídeo Aula parte 2:
<https://www.youtube.com/watch?v=VD0-wn2RkWs>

2. Confeção de trilhas

Trata-se do passo a passo para a confecção de trilhas em placas de circuito impresso (PCB).

2.1. Método Térmico

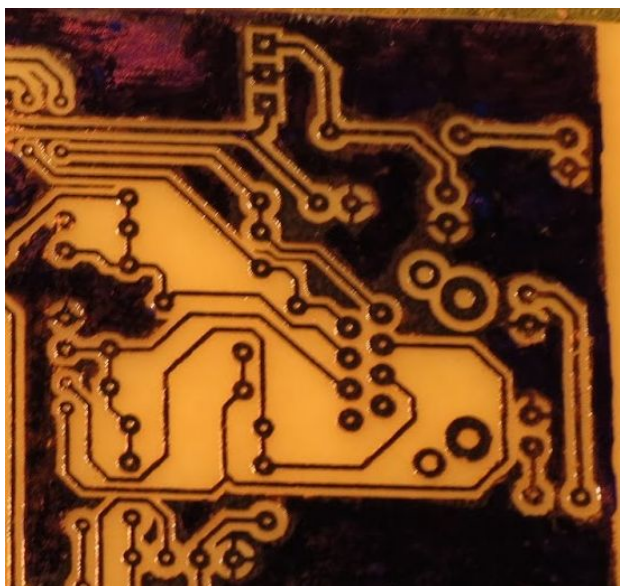


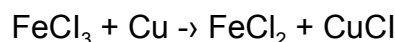
Figura 2: Trilhas fixadas com o método térmico

Esse método tem como característica a transferência do desenho de um circuito para uma placa cobreada. As vantagens dele são sua simplicidade assim como a facilidade em encontrar a maioria dos materiais necessários. Para realizar esse método são necessários os seguintes materiais:

- Placa de fibra ou de fenolite coberta por uma camada de cobre;
- Papel Transfer;
- Ferro de passar roupa ou prensa térmica;
- Equipamentos de proteção individual (EPI's) como Luvas e óculos;
- 1 vasilha de plástico;
- Fita isolante;
- Caneta marcadora permanente;
- Esponja de aço;
- Percloroeto de ferro;
- Impressora a LASER;

Com esses materiais em mãos os seguintes passos devem ser seguidos:

- Imprimir em papel transfer, usando uma impressora a LASER, as trilhas do circuito, essa imagem será transferida para a placa;
- Limpar a placa de cobre com esponja de aço e sabão para retirar gordura e cobre oxidado;
- Em seguida deve-se fixar o papel transfer sobre a placa cobreada, com a tinta em contato com o cobre;
- O ferro de passar deve ser posicionado sobre o papel transfer de forma que aqueça toda a extensão do desenho das trilhas. Caso o ferro não cubra toda a extensão do desenho, movimentar o ferro de forma que aqueça toda a área a ser transferida;
- Após 5 minutos, retirar cuidadosamente o papel, o desenho deve ter sido integralmente transferido para a placa com cobre. Caso ainda não tenha ocorrido, repetir passo anterior;
- Cobrir possíveis falhas de transferência com marcador permanente;
- Agora, para o processo de corrosão, deve-se despejar a solução de percloroeto de ferro no recipiente de plástico (que não reage com o percloroeto). Ao manusear o percloroeto de ferro, use luvas e óculos de proteção;
- Deve-se também colar a fita adesiva ao lado da placa onde não há tinta para que se possa movimentar a placa quando imersa no percloroeto de ferro e para que ela possa ser retirada com facilidade;
- Mergulhe a placa de cobre no percloroeto de ferro e movimente-a, através da fita adesiva, para acelerar o processo. O percloroeto de ferro irá corroer o cobre exposto da placa, deixando apenas o cobre coberto pela tinta, conforme a reação abaixo:



- Após a corrosão, lavar a placa com água corrente e secá-la;
- Retirar a tinta do cobre usando a esponja de aço.

Desta forma finda-se o processo de transferência térmica de trilhas na PCB.

Para uma melhor compreensão assista o vídeo pelo seguinte link:

<https://www.youtube.com/watch?v=ytJSle-Bbb0>

Vale ressaltar que o papel transfer não é o único capaz de transferir a impressão para a placa de cobre, no entanto, dentre os tipos de papel testados (fotográfico, sulfite, pvc transparente e transfer) foi o que apresentou maior eficácia de transferência. Também é importante que a solução de perclorato de ferro seja armazenada sempre em recipiente de plástico e que não seja descartado no meio ambiente. A dissolução do perclorato de ferro em água é um processo exotérmico e de alta velocidade, portanto, para fazer a solução desse sal, deve-se vertê-lo lentamente em água, sob agitação, e nunca o contrário.

2.2. Método Fotossensível

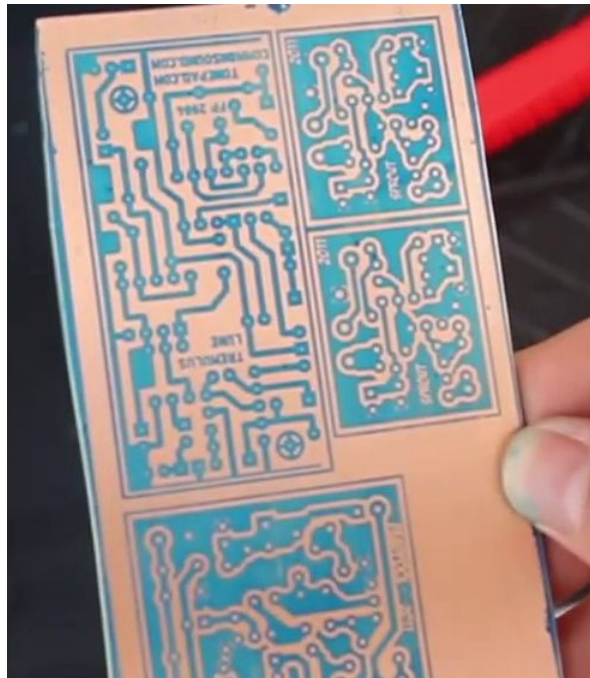


Figura 3: Trilhas fixadas com o método fotossensível

Esse método tem como característica a transferência do desenho de um circuito para uma placa cobreada utilizando tinta fotossensível e luz ultravioleta. Possui como vantagem a grande precisão nas transferências, o que dispensa a necessidades de grandes retoques com a caneta permanente após a corrosão. Porém, necessita de materiais específicos e de custo mais elevado quando comparado ao Método Térmico.

Segue abaixo a lista de materiais:

- Placa de fibra ou de fenolite coberta por uma camada de cobre;
- Papel transparente;
- Lâmpada ultravioleta (“luz negra”);
- Tinta fotossensível;
- Centrifugador (pode ser improvisado utilizando uma micro retífica, furadeiras, *coolers* de computadores, etc.)
- Secador de cabelo com temperaturas quente e frio;
- Barrilha ou bicarbonato de sódio;
- Rolo de tinta pequeno;
- Soda Cáustica;
- Equipamentos de proteção individual (EPIs) como Luvas e óculos;
- 1 vasilha de plástico;
- Fita isolante;
- Caneta marcadora permanente;
- Esponja de aço;
- Percloreto de ferro;
- Impressora a LASER;

Com esses materiais em mãos os seguintes passos devem ser seguidos:

- Imprimir em papel transparente, usando uma impressora a LASER, o circuito com inversão de cores (pois a parte impressa será corroída) em que as trilhas não serão impressas, mas sim os vãos entre elas;
- Limpar a placa de cobre com esponja de aço e sabão para retirar gordura e cobre oxidado;
- Em seguida deve-se pintar toda a parte de cobre com tinta fotossensível, deixando um acúmulo no centro (cuidado para não exagerar na quantidade de tinta, pois assim demora mais para secar);
- Centrifugue a placa no centrifugador até a tinta ficar homogênea;

- Utilizar, por 15 minutos, o secador de cabelo na temperatura quente na placa para secar. Após isso, utilizar na temperatura fria por mais 2 minutos;
- Deixar o papel transparente com o circuito impresso em cima da placa (cuidado para não espelhar o circuito). Iluminar diretamente com a lâmpada ultravioleta por aproximadamente 3 minutos (pode-se colocar um pedaço de vidro ou acrílico para fixar melhor o papel transparente);
- Após isso, misturando 200ml de água e meia colher de barrilha na vasilha de plástico, deixar a placa na solução e usar o rolo de tinta para retirar a tinta não-curada;
- Conferir se há defeitos e/ou falhas nas trilhas. Se houver, colocar a placa em solução de 200ml água quente com 2 colheres de sopa de soda cáustica para remover a tinta (mover a placa com a colher, utilizar EPIs durante este procedimento) e repetir todos os procedimentos acima até que as trilhas estejam em um estado satisfatório;
- Mergulhe a placa cobreada no perclorato de ferro e movimente-a, através da fita adesiva, para acelerar o processo. O perclorato de ferro irá corroer o cobre exposto da placa, deixando apenas o cobre coberto pela tinta, conforme a reação citada no tópico 2.1;
- Após a corrosão, lavar a placa com água corrente e secá-la;
- Colocar a placa em solução de 200ml água fervente com 2 colheres de sopa de soda cáustica. Mover a placa com a colher para a retirar a tinta. Utilizar os EPIs durante este procedimento;

Para uma melhor compreensão assista o vídeo pelo seguinte link:

<https://www.youtube.com/watch?v=NtVEvFsT46I>

3. Máscara de componentes e de solda

3.1. Máscara de componentes

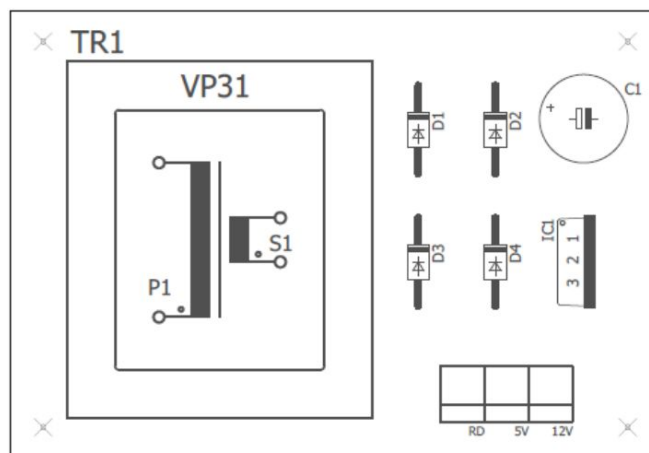


Figura 4: Máscara de componentes

A máscara de componentes ajuda a ter referência durante a soldagem, além de poder auxiliar durante todo o período de utilização da placa manufaturada. Na máscara de componentes podem ser incluídas (através do próprio software antes de gerar a impressão), por exemplo, referências à tensão de entrada, ao terra e à tensão de saída de cada ponto do conector (exemplo de possibilidade para a placa retificadora criada).

Ela é aplicada sobre na parte superior da placa (onde não há o cobre) e é feita de forma semelhante ao método térmico para passar a impressão a laser. No caso utilizamos ferro de passar e deixou-se entre 5 e 10 minutos.

Para o processo de fixação da máscara de componentes primeiramente é necessária a verificação da posição (baseada nas trilhas e pontos de cobre que estão do outro lado) na qual a impressão deve ser posta para ficar corretamente fixada. Também é importante verificar corretamente a posição da máscara antes de imprimir. Então prende-se ela de alguma forma para não sair da posição (no caso utilizou-se fita crepe) e inicia-se o processo de fixação com o ferro de passar por volta de 5 minutos e verificar abrindo uma pequena ponta do papel, caso ainda não esteja bom continuar o processo. A temperatura utilizadas nos testes era média-alta.

3.2. Máscara de solda

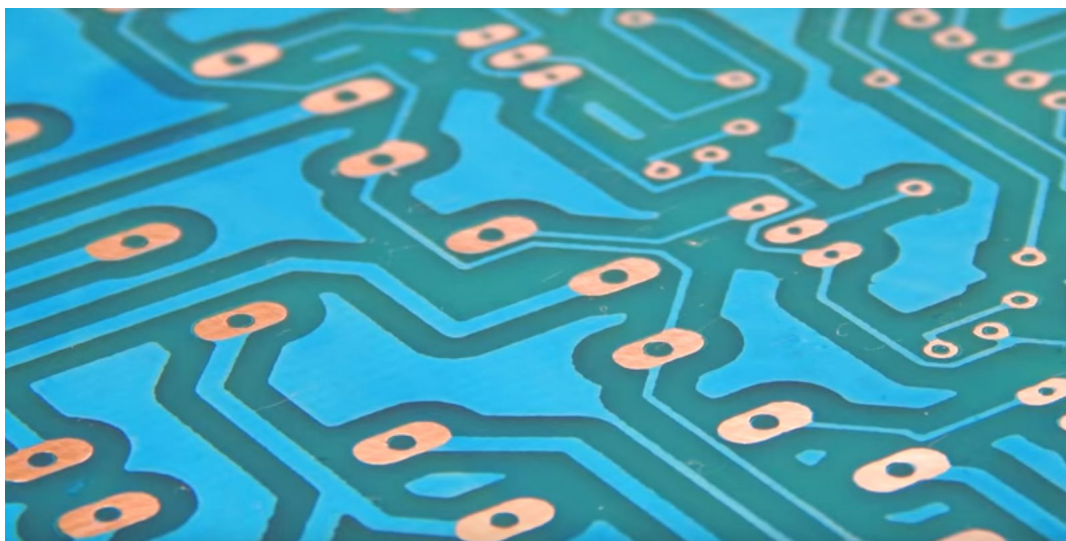


Figura 5: Máscara de solda

A máscara de solda, além de proteger o cobre das trilhas contra a oxidação, atua como um isolante elétrico, pois o excesso do estanho de solda que ficar em cima de uma trilha protegida pela máscara não irá gerar um ramo curto-circuitado. Por isso, ela ajuda no momento de soldar, já que apenas as ilhas de cobre dos furos é que estarão sujeitas a “se conectarem” com o estanho da solda.

Ela é aplicada no lado onde se localizam as trilhas de cobre. O processo para se fazer uma máscara de solda é análogo ao método fotossensível da confecção de trilhas, conforme descrito a seguir:

- Imprimir em papel transparente, usando uma impressora a LASER, apenas as ilhas de cobre que ficam em volta dos furos;
- Limpar a placa já corroída com esponja de aço e sabão para retirar gordura e evitar que o cobre oxida dentro da máscara;
- Pintar toda a parte de cobre com tinta fotossensível, deixando um acúmulo no centro (cuidado para não exagerar na quantidade de tinta, pois assim demora mais para secar);
- Centrifugue a placa no centrifugador até a tinta ficar homogênea;

- Utilizar, por 15 minutos, o secador de cabelo na temperatura quente na placa para secar. Após isso, utilizar na temperatura fria por mais 2 minutos;
- Deixar o papel transparente com as ilhas de cobre em cima da placa (lado com a tinta). Iluminar diretamente com a lâmpada ultravioleta por aproximadamente 3 minutos (pode-se colocar um pedaço de vidro ou acrílico para fixar melhor o papel transparente). Note que apenas as ilhas de cobre não receberão a luz ultravioleta;
- Agora, misturando 200ml de água e meia colher de barrilha na vasilha de plástico, deixar a placa na solução e usar o rolo de tinta para retirar a tinta não-curada das ilhas de cobre;

Para uma melhor compreensão assista o vídeo pelo seguinte link:
<https://www.youtube.com/watch?v=NtVEvFsT46I>

Nota: deve-se fazer a máscara de solda sempre depois da máscara de componentes, pois altas temperaturas podem danificar a tinta da máscara de solda.

4. Furação e solda dos componentes de um retificador

Projetando-se no Eagle o projeto de um retificador simples, como demonstrado nas figuras abaixo, realizou-se a confecção das trilhas por ambos os métodos descritos acima. Com isso, resta a furação e a solda os componentes.

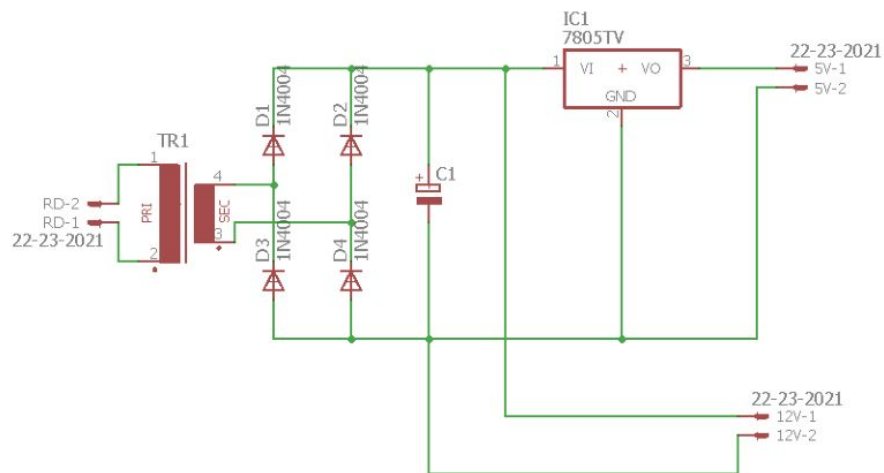


Figura 6: Esquemático do retificador

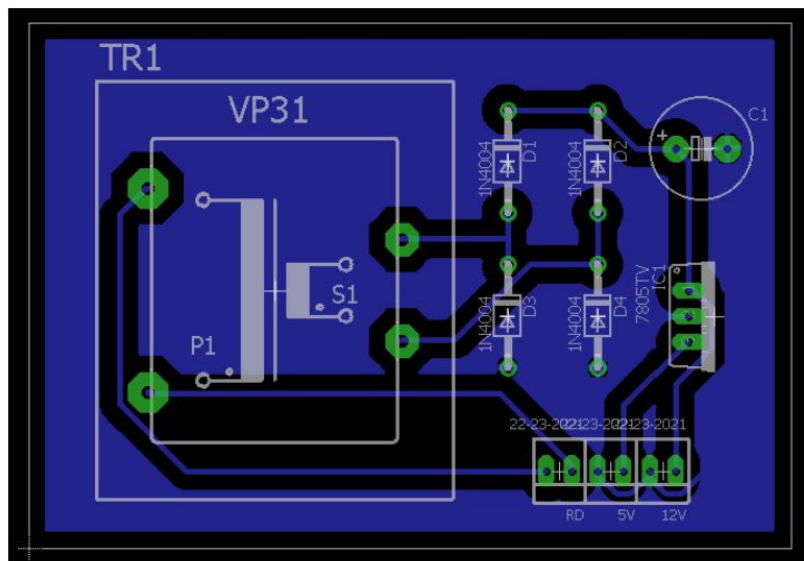


Figura 7: Layout do retificador

A furação deve ser feita da forma usual, utilizando uma furadeira de bancada com o tamanho de broca adequado e segurando firmemente a placa no momento da furação. O tamanho da broca pode variar de furo para furo em uma mesma placa dependendo do componente que será inserido. Ao mesmo tempo deve-se tomar cuidado para que o furo não seja tão grande que danifique a cobertura de cobre do outro lado, que é necessária para, quando soldado, a corrente flua corretamente e não haja complicações no funcionamento do circuito montado.

Deve-se tomar cuidado para a solda não conectar trilhas ou componentes que não devam estar conectados.

Após soldar é importante fazer o teste de continuidade utilizando o multímetro no modo continuidade e verificar se tudo se tudo está conectado corretamente (a solda pode ter causado algum curto-circuito, ou pode não ter ficado bem fixa).

5. Teste de funcionamento

Os testes foram realizados conectando um dos fios da tomada no terra e o outro no positivo do conector do circuito retificador e os fios de saída do conector numa protoboard com um LED e outro com um motor. Foram feitos testes em tomadas de 127V e de 220V e verificou-se um aumento no brilho do LED e na rotação do motor aumentando a tensão para 220V.

6. Considerações finais

Após o desenvolvimento das atividades que deram origem a este relatório, notou-se que muitos dos conhecimentos essenciais para o êxito de um projeto não fazem parte de uma ciência considerada no ensino “formal” e, portanto, não estão presentes em muitas grades curriculares que formam engenheiros.

Com este relatório, espera-se que os próximos alunos que fizerem a disciplina 1800318 - Laboratório de Projeto de Engenharia tenham maior facilidade de aprender aspectos voltados aos conhecimentos práticos que todo projeto em engenharia necessita e também de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da graduação.

Trabalhos futuros poderão aperfeiçoar o trabalho desenvolvido até aqui, permitindo um ciclo de melhoria contínua para as próximas gerações de engenheiros.