



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA



---

David Maykon Krepsky Silva

## Filtros LC

Data de realização do experimento:

09 de abril de 2015

Série/Turma:

1000/1011

Prof. Dr. Jaime Laelson Jacob

23 de abril de 2015

---



## Resumo

Deve conter uma descrição do problema, a motivação e o método empregado e os resultados obtidos. O resumo deve, portanto, ser o último item a ser escrito em um trabalho, embora seja normalmente apresentado no início. O resumo deve ter uma estrutura independente do resto do trabalho, isto é, o leitor deve ser capaz, ao lê-lo, de ter uma ideia geral do trabalho, sem necessidade de consulta ao restante do trabalho.

Neste trabalho foi realizado o estudo teórico de filtros passivos compostos indutores e capacitores (filtros LC) de forma a analisar a resposta em frequência para filtros FPB, FPA, FPF e FPF em cascata. A metodologia utilizada consiste em realizar o projeto do filtro normalizado, transformar para o tipo de filtro requerido e simular o circuito no software Orcad. Durante o laboratório foi possível observar as diferentes respostas em frequência para cada tipo de filtro estudado. Também foi visualizado a melhora no fator  $Q$  de filtros em cascata em relação a um filtro FPF comum.



# Sumário

<b>Resumo</b>	<b>1</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2 Teoria</b>	<b>4</b>
2.1 Filtros Passivos . . . . .	4
2.2 Frequência de Corte e Largura de Banda . . . . .	4
<b>3 Metodologia Experimental</b>	<b>5</b>
3.1 FPB . . . . .	5
3.2 FPA . . . . .	5
3.3 FPF em cascata . . . . .	6
3.4 FPF . . . . .	6
<b>4 Resultados</b>	<b>8</b>
4.1 FPB . . . . .	8
4.2 FPA . . . . .	8
4.3 FPF Cascata . . . . .	9
4.4 FPF . . . . .	10
<b>5 Discussão e Conclusão</b>	<b>12</b>
<b>6 Referências</b>	<b>13</b>



# 1 Introdução

O experimento tem como objetivo desenvolver o conhecimento dos alunos sobre filtros passivos, em específico, filtros do tipo LC. Tais filtros são fundamentais para a área de engenharia elétrica sendo amplamente utilizados nos campos de telecomunicações, instrumentação, controle e etc.

## 2 Teoria

### 2.1 Filtros Passivos

Filtros passivos são circuitos que removem uma porção indesejada do sinal sem inserir energia no mesmo. São compostos por resistores, capacitores e indutores que utilizam as propriedades de armazenamento de energia (em forma de campo elétrico nos capacitores e campo magnético nos indutores) para alterar a amplitude do sinal de acordo com a frequência. Os filtros ativos diferem dos passivos pois possuem eletrônica de modo a amplificar (aumentar a energia) do sinal, porém, para frequências muito altas o uso de filtros ativos se torna inviável, dado a grande quantidade de capacitância parasita nos dispositivos semi-condutores.

Os filtros passivos são classificados de acordo com a faixa de frequências a qual o filtro atenua, sendo elas:

- **Passa-Baixas (FPB)** o qual permite a passagem das frequências abaixo de  $f_c$  (frequência de corte);
- **Passa-Altas (FPA)** o qual permite a passagem das frequências acima de  $f_c$ ;
- **Passa-Faixa (FPF)** que atenua frequências abaixo de  $f_1$  e frequências acima de  $f_2$ ;
- **Rejeita-Faixa (FRF)** que permite a passagem de frequências entre  $f_1$  e  $f_2$ .

Uma segunda classificação para os filtros é relacionada ao *ripple* e a defasagem da resposta em frequência. Os tipos mais comuns empregados na prática são:

- **Butterworth**;
- **Chebyshev (tipo I ou II)**;
- **Bessel**.

### 2.2 Frequência de Corte e Largura de Banda

A frequência de corte ( $f_c$  é a frequência para qual o filtro apresentará uma atenuação de 3dB e é o parâmetro fundamental para o projeto de filtros. Outro parâmetro importante para os filtros do tipo passa-faixa e rejeita-faixa é a largura da banda de passagem, a qual é composta por uma frequência de corte inferior (denominada  $f_1$ ) e uma superior ( $f_2$ ).



### 3 Metodologia Experimental

Este experimento foi dividido em 4 circuitos, o qual foram projetados utilizando a tabela de coeficientes normalizados provida pelo professor e, em seguida, foram simulados no programa computacional Cadence Orcad. Abaixo segue a descrição de cada circuito.

#### 3.1 FPB

O primeiro filtro projetado foi um filtro passa-baixas de terceira ordem, com resposta do tipo Butterworth utilizando apenas 1 indutor. A frequência de corte dada é de 4,8 kHz, o resistor da fonte  $R_s = 50 \Omega$  e a carga  $R_l = 470 \Omega$ .

Foram analisadas a frequência de corte, atenuação fora da faixa de passagem, atenuação na faixa de passagem e a defasagem ao longo de toda a faixa de frequências.

A figura 3.1 mostra o circuito utilizado.

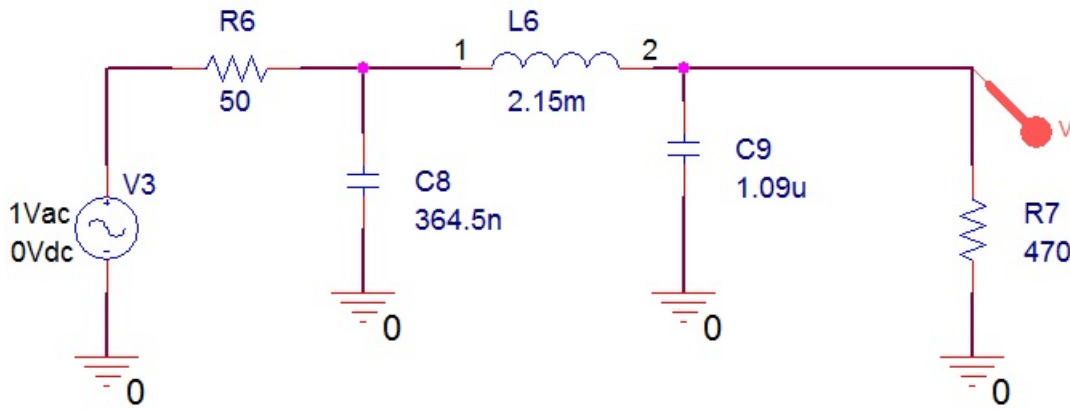


Figura 1: Filtro desnormalizado passa-baixas.

#### 3.2 FPA

O segundo filtro projetado foi um filtro passa-altas de terceira ordem, com resposta do tipo Butterworth utilizando apenas 1 indutor. A frequência de corte dada é de 4,2 kHz, o resistor da fonte  $R_s = 470\Omega$  e a carga  $R_l = 50\Omega$ .

Foram analisadas a frequência de corte, atenuação fora da faixa de passagem, atenuação na faixa de passagem e a defasagem ao longo de toda a faixa de frequências.

A figura 3.2 mostra o circuito utilizado.

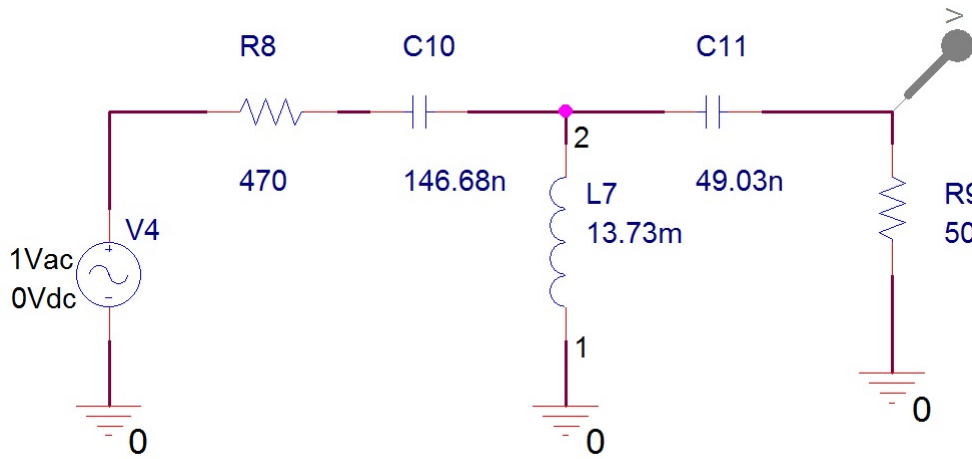


Figura 2: Filtro desnormalizado passa-altas.

### 3.3 FPF em cascata

No terceiro circuito o filtro FPB e o FPA desenvolvidos anteriormente foram conectados em cascata de forma a formar um filtro passa-faixa, onde foi também analisado a largura de banda passante do filtro.

Na figura 3.3 é apresentado o circuito resultante da conexão dos filtro FPA e FPB, na topologia cascata.

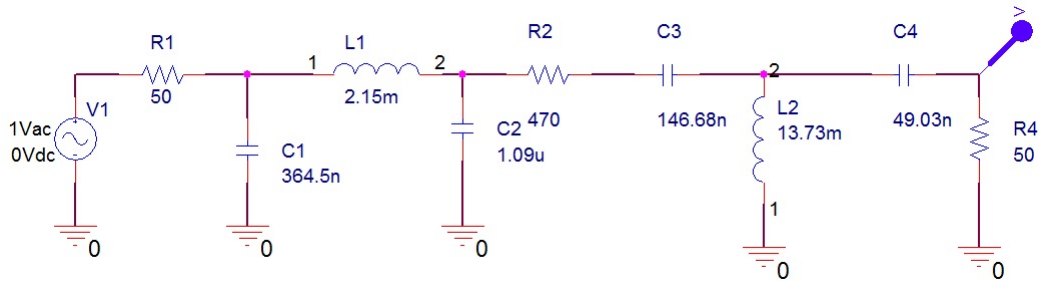


Figura 3: Filtro passa-faixa em cascata.

### 3.4 FPF

O quarto e ultimo filtro foi projetado para ter uma resposta em frequência semelhante a do filtro FPF em cascata. O objetivo foi de analisar as diferenças em se utilizar um filtro FPF e um filtro FPB em conjunto com um filtro FPA.

A figura 3.4 representa o filtro passa-faixa projetado.

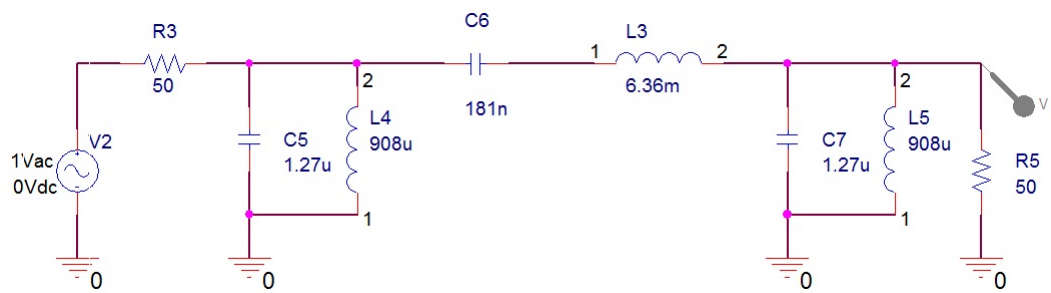


Figura 4: Filtro passa-faixa.

## 4 Resultados

Os resultados foram obtidos para cada filtro.

### 4.1 FPB

A resposta em frequência para o filtro passa-baixas é mostrada na figura 4.1.

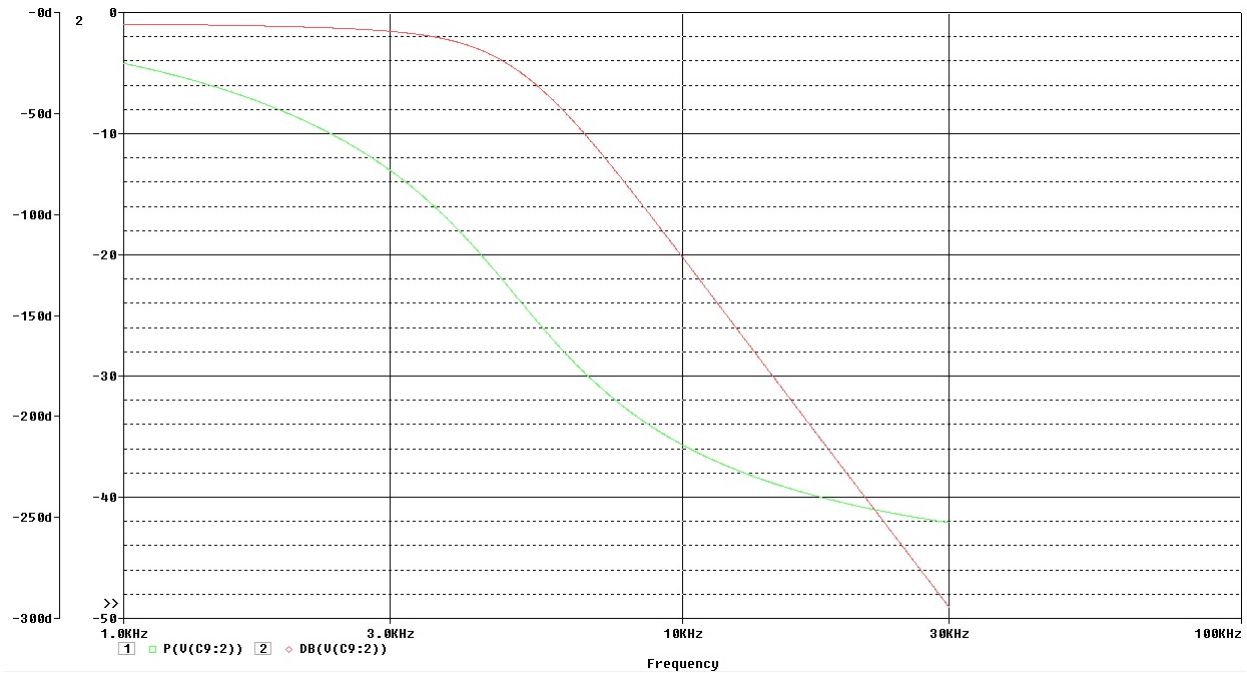


Figura 5: Frequência e fase para o filtro passa-baixas.

A tabela 1 expõe os dados obtidos através da simulação do circuito.

Tabela 1: Dados da simulação para o filtro passa-baixas.

$f_c$	4726 Hz
Perda de Inserção	1dB
Atenuação na banda de rejeição	-60dB/déc
Defasagem	$45^\circ$

### 4.2 FPA

A resposta em frequência para o filtro passa-altas é mostrada na figura 4.2.

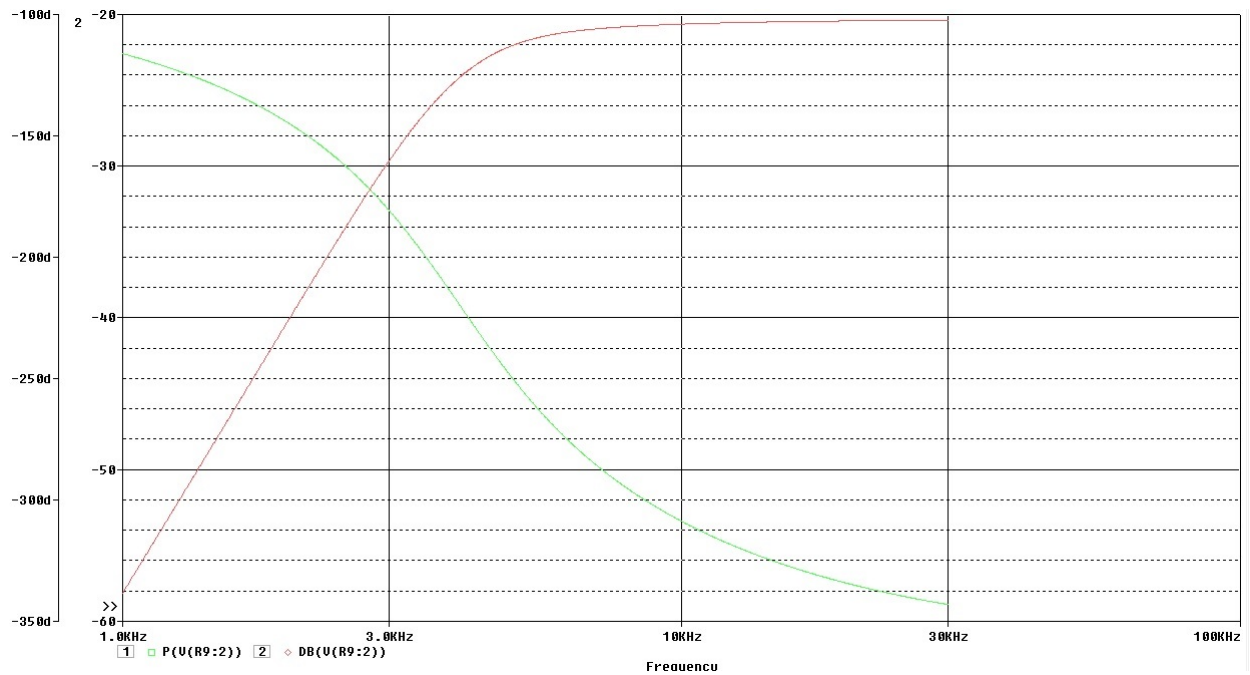


Figura 6: Frequência e fase para o filtro passa-baixas.

A tabela 2 expõe os dados obtidos através da simulação do circuito.

Tabela 2: Dados da simulação para o filtro passa-altas.

$f_c$	4217 Hz
Perda de Inserção	20dB
Atenuação na banda de rejeição	-60dB/déc
Defasagem	$90^\circ$

### 4.3 FPF Cascata

A resposta em frequência para o filtro passa-faixa é mostrada na figura 4.3.

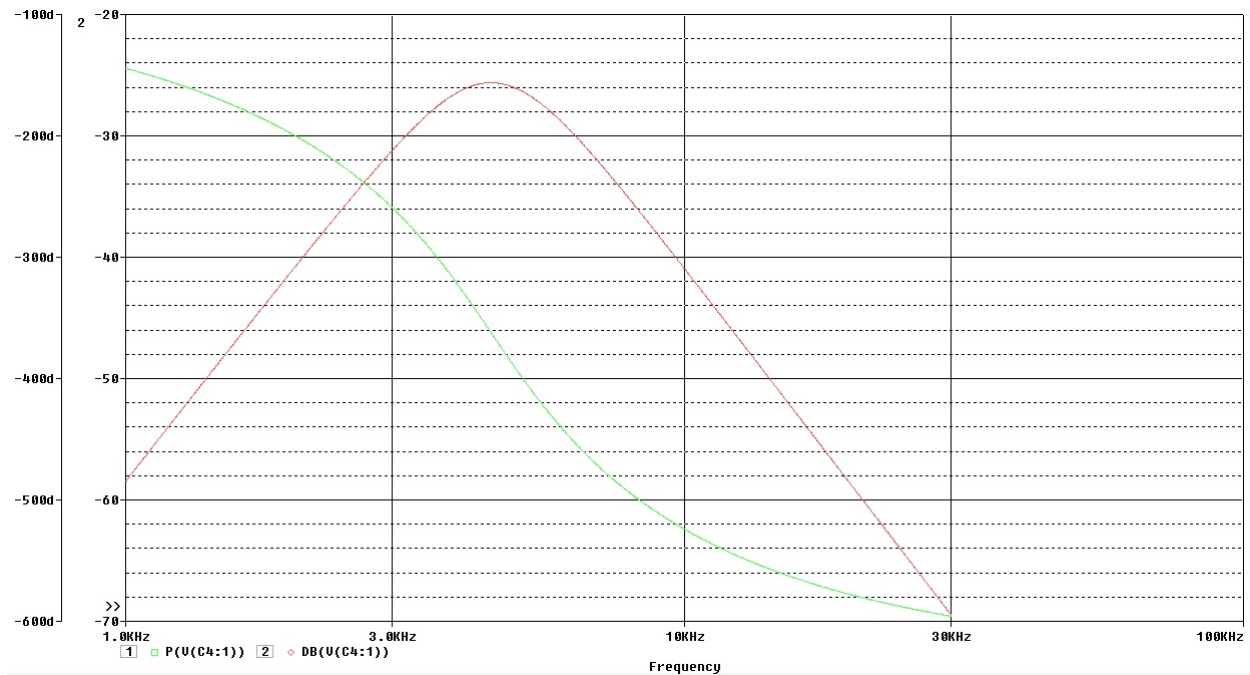


Figura 7: Frequência e fase para o filtro passa-faixa em cascata.

A tabela 3 expõe os dados obtidos através da simulação do circuito.

Tabela 3: Dados da simulação para o filtro passa-faixa em cascata.

$f_c$	4680 Hz
BW	2510Hz
Perda de Inserção	25 dB
Atenuação na banda de rejeição	-60dB/déc
Defasagem	$-20^\circ$ a $-70^\circ$

## 4.4 FPF

A resposta em frequência para o filtro passa-faixa é mostrada na figura 4.4.

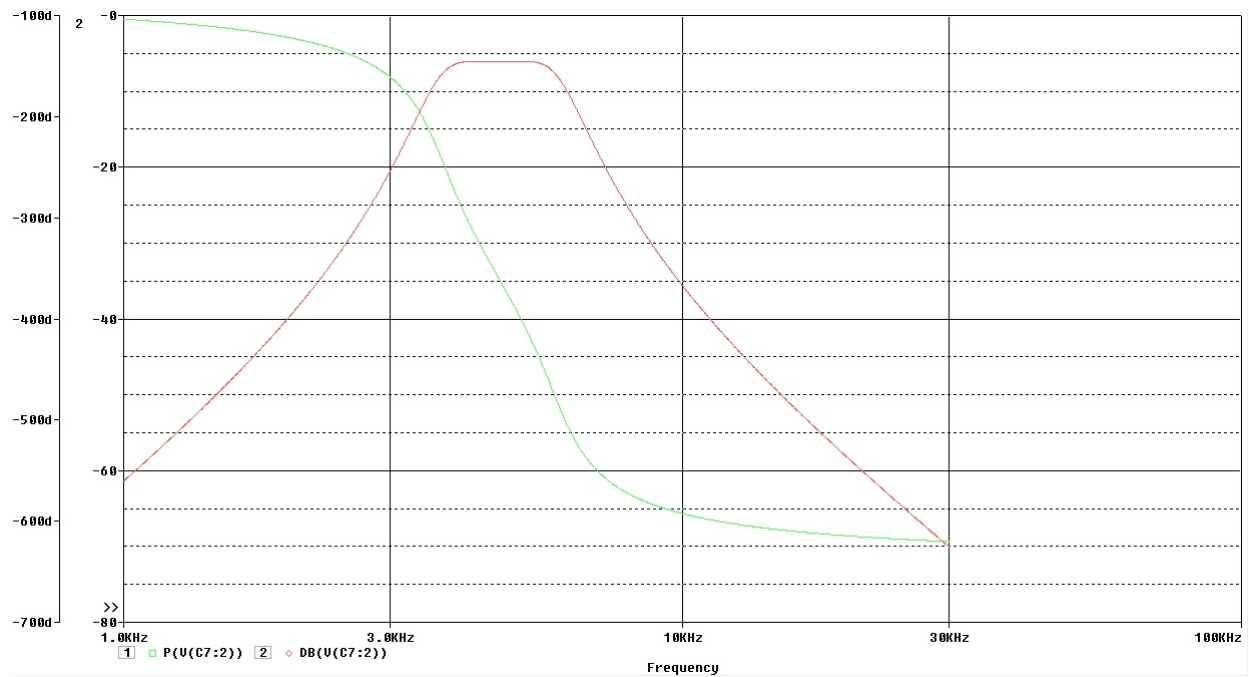


Figura 8: Frequência e fase para o filtro passa-faixa.

A tabela 4 expõe os dados obtidos através da simulação do circuito.

Tabela 4: Dados da simulação para o filtro passa-faixa.

$f_c$	4850 Hz
BW	2510 Hz
Perda de Inserção	4 dB
Atenuação na banda de rejeição	-60dB/déc
Defasagem	$-20^\circ$ a $-70^\circ$

## 5 Discussão e Conclusão

Conclui-se que o calculo para o projeto de filtros passivos possui fundamento, pois a resposta obtida na simulação é bastante próxima da resposta desejada. Observou-se também que pode-se utilizar de vários filtros em cascata para obter uma determinada resposta em frequência. Isso ajuda a reduzir a ordem do filtro, tornando-os mais baratos e a melhorar o fator de qualidade (Q) do filtro. Sendo assim, vimos nesse laboratório conceitos fundamentais para o engenheiro eletricitista, de modo a firmar os conhecimentos adquiridos durante as aulas teóricas.



## 6 Referências

[1] Roteiro da atividade prática.

[2] "Resposta em frequência - Filtros passivos". Disponível em: <<http://www.peb.ufrj.br/cursos/COB703.pdf>>. Acesso em: 17 de abril de 2015.

[3] "Filtros Passivos". Prof. Luiz Marcelo Chiesse da Silva. Disponível em: <[www.cp.utfpr.edu.br](http://www.cp.utfpr.edu.br)>. Acesso em: 17 de abril de 2015.