

Aula 4: Retificadores a Diodos

Prof. Allan Fagner Cupertino
afcupertino@ieee.org



Conteúdo

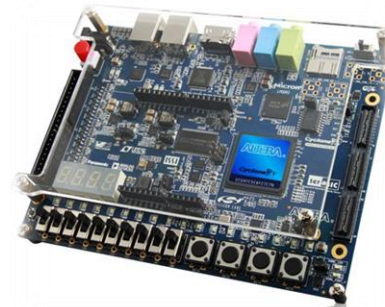
Aula	Conteúdo
Aula 1	Conceitos Básicos de Semicondutores
Aula 2	Diodos de potência
Aula 3	Associação de diodos e circuitos RLC chaveados
Aula 4	Retificadores a diodos
Aula 5	Transistores de potência - parte 1
Aula 6	Transistores de potência - parte 2
Aula 7	Conversores c.c./c.c.
Aula 8	Tiristores
Aula 9	Retificadores controlados
Aula 10	Conversores c.c./c.a.
Aula 11	Conversores c.a./c.a.
Aula 12	Conversores ressonantes

Sumário

- ❑ Retificadores Monofásicos;
- ❑ Retificadores Polifásicos;
- ❑ Filtros para retificadores;
- ❑ Considerações práticas;
- ❑ Retificadores a diodos para inversores de média tensão.

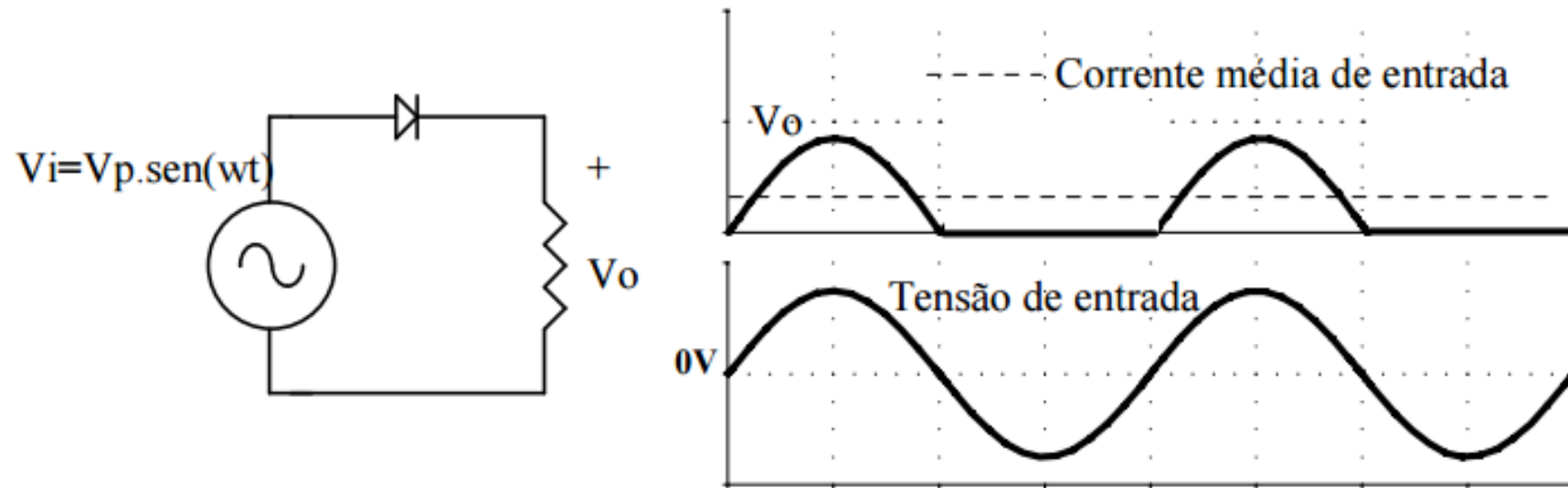


Retificadores monofásicos



Retificador monofásico de meia onda

- Utiliza um único diodo

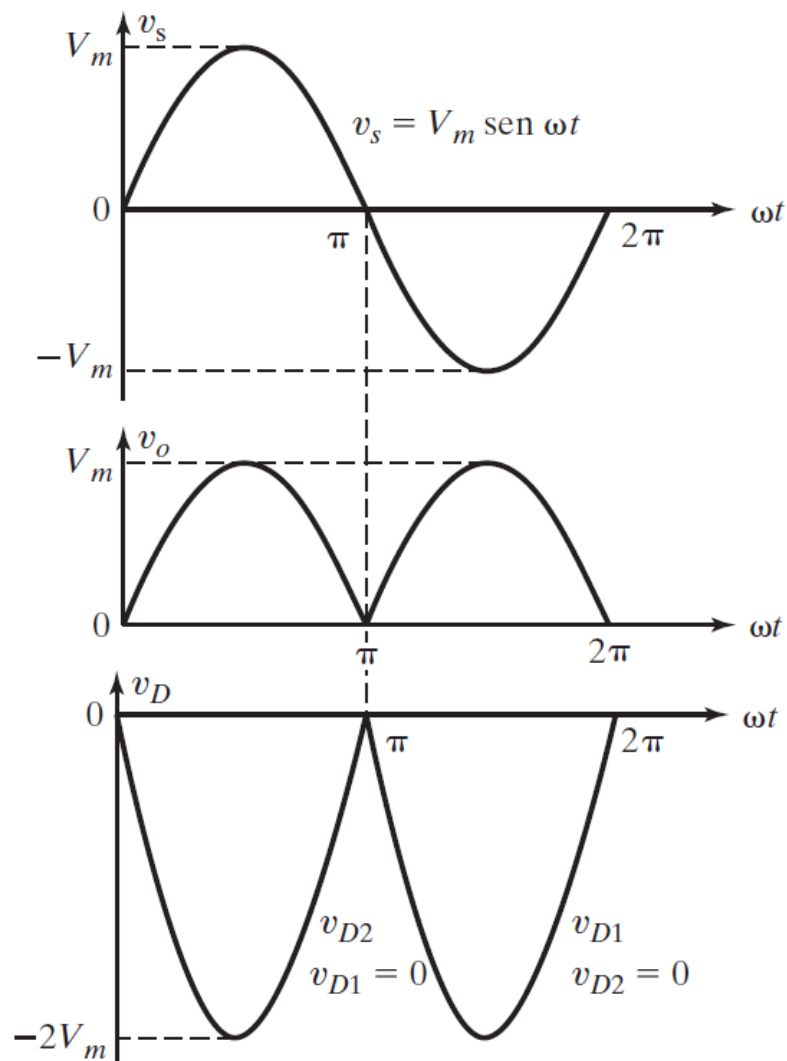
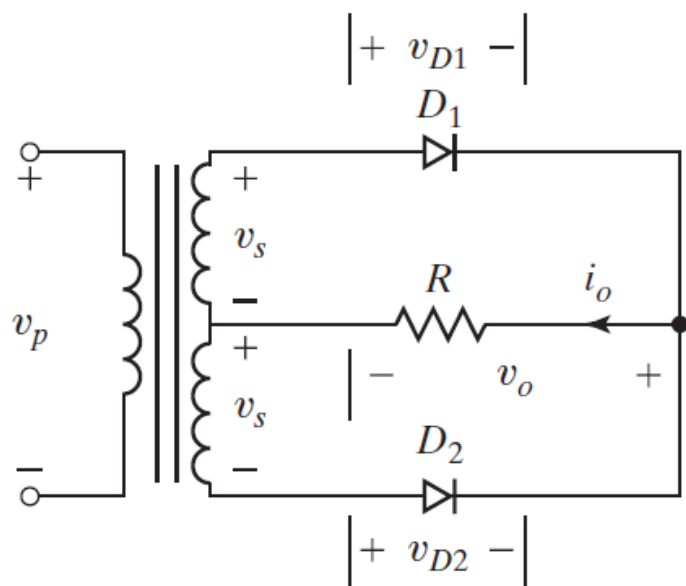


- Efeito de carga indutiva pode ser eliminado por meio de um diodo de roda livre

Fonte: <http://vm1-devel.fee.unicamp.br/feec/node/493>

Retificadores monofásicos de onda completa

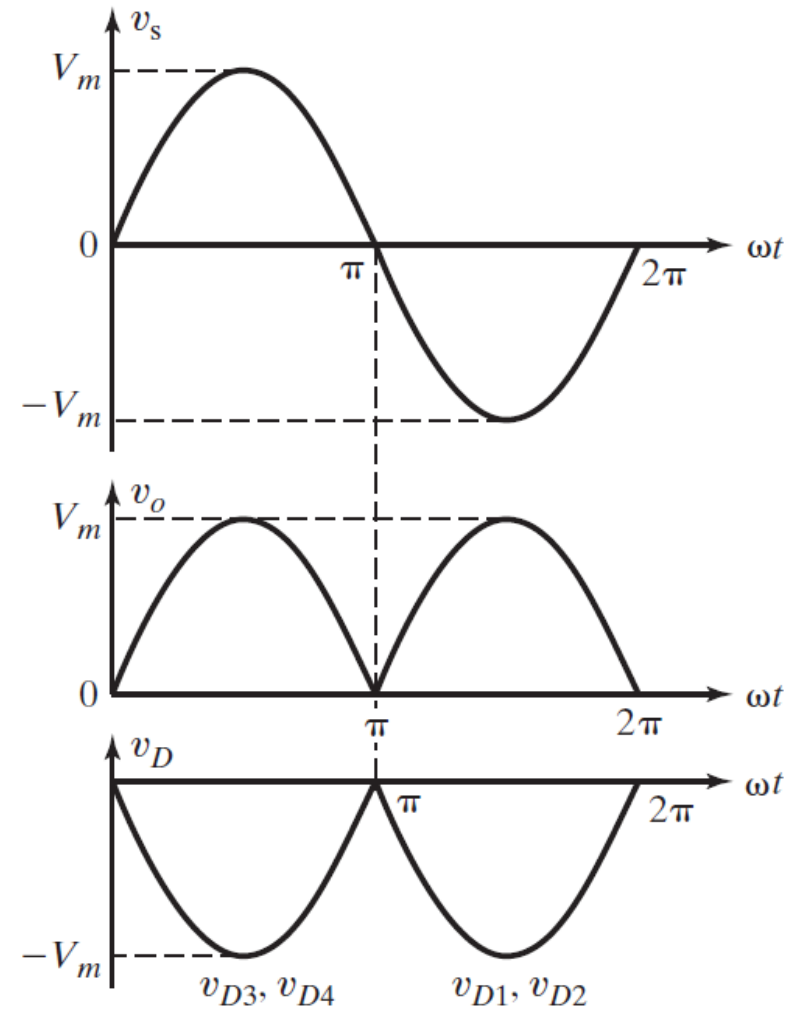
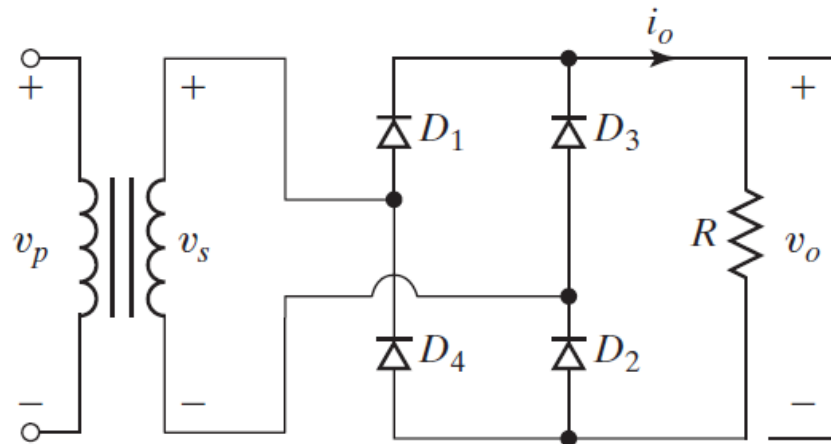
- Retificador de onda completa com derivação central



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Retificadores monofásicos de onda completa

- Retificador de onda completa em ponte



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Retificadores monofásicos de onda completa

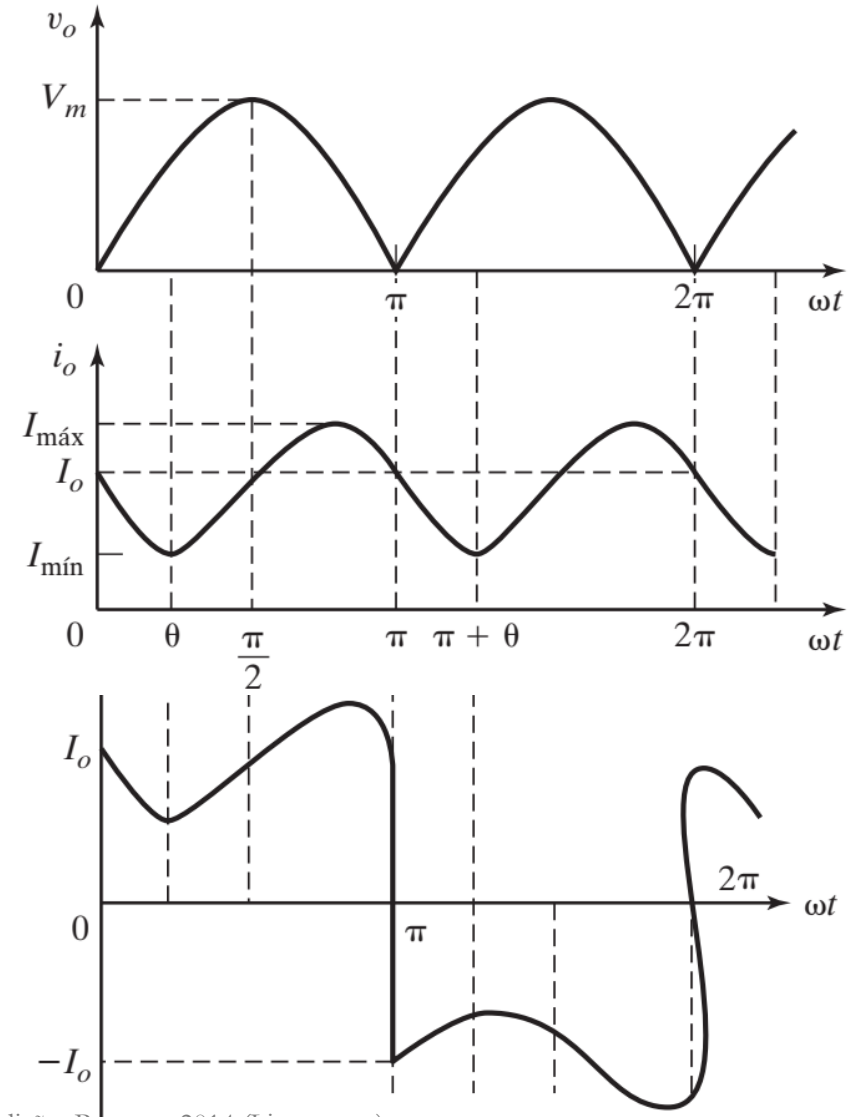
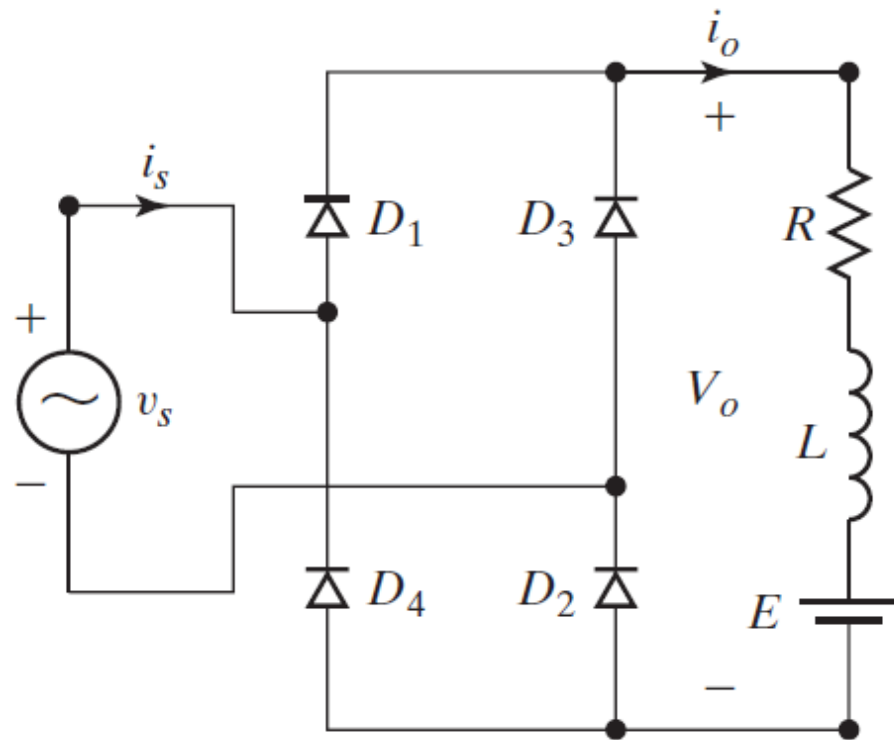
□ Comparação

	Vantagens	Desvantagens
Retificador com transformador com derivação central	<ul style="list-style-type: none">Simple, com apenas dois diodosA frequência de ondulação é o dobro da frequência de alimentaçãoProporciona isolamento elétrica	<ul style="list-style-type: none">Uso limitado a potências menores do que 100 WCusto maior por conta do transformador com derivação centralA corrente CC que flui em cada lado do secundário aumenta o custo e o tamanho do transformador
Retificador em ponte	<ul style="list-style-type: none">Adequado para aplicações industriais de até 100 kWA frequência de ondulação é o dobro da frequência de alimentaçãoSimple de usar em unidades disponíveis comercialmente	<ul style="list-style-type: none">A carga não pode ser aterrada sem um transformador no lado de entradaEmbora um transformador no lado de entrada não seja necessário para a operação do retificador, ele em geral é conectado para isolar eletricamente a carga da fonte de alimentação

Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Retificadores monofásicos de onda completa – Carga RL

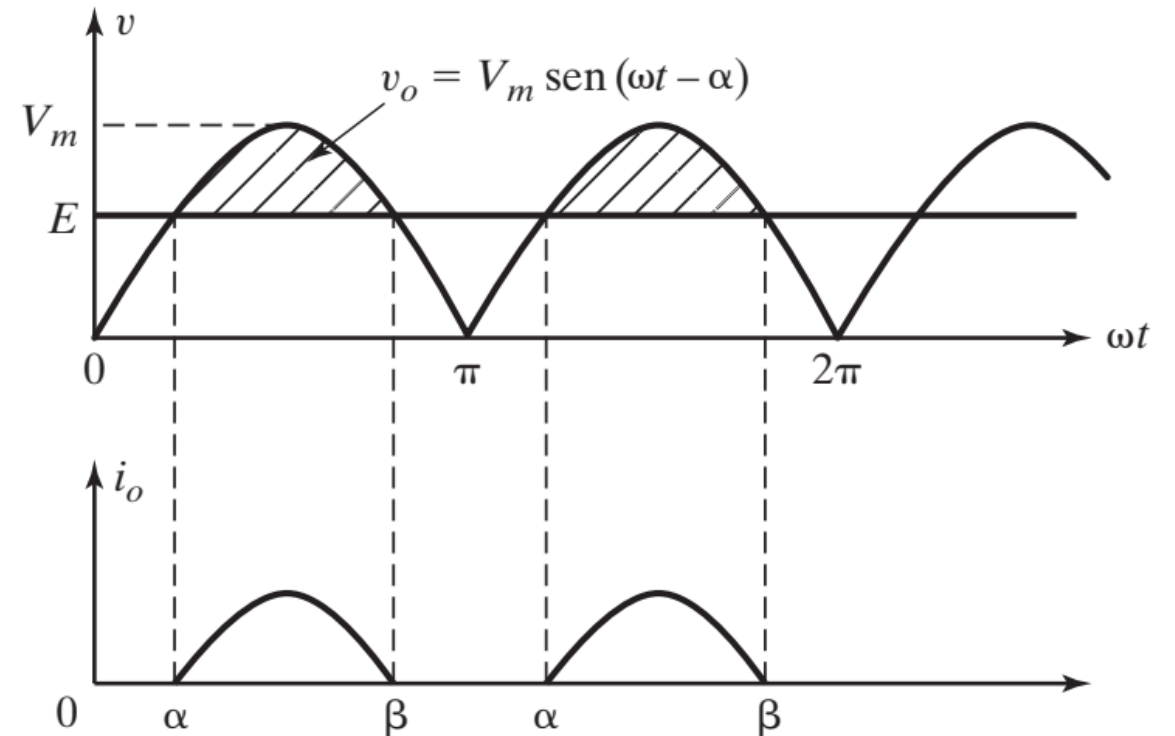
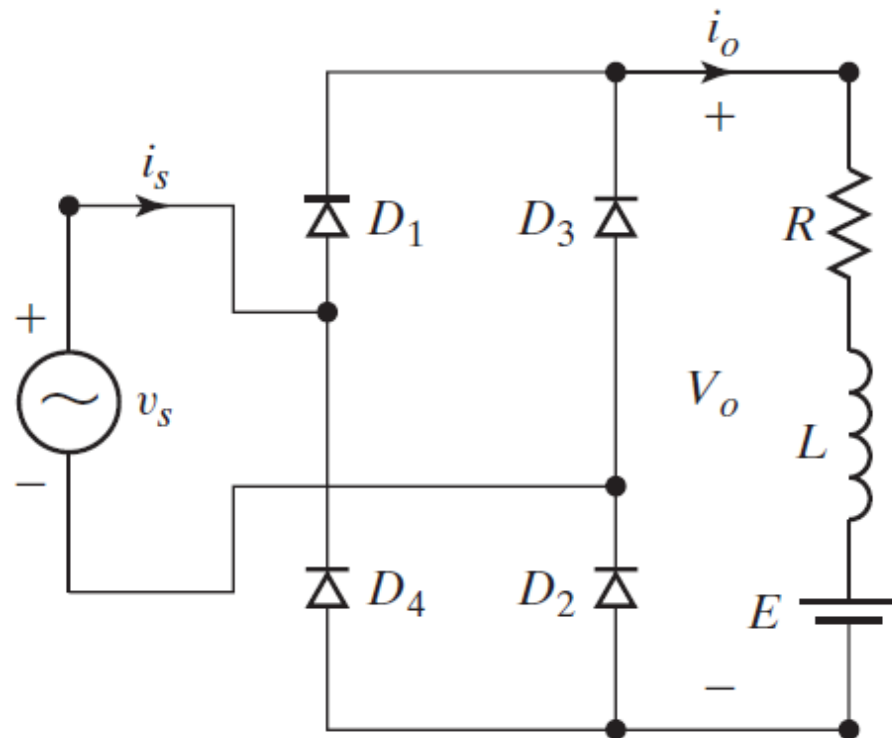
- 2 condições de operação:
- Modo Contínuo



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Retificadores monofásicos de onda completa – Carga RL

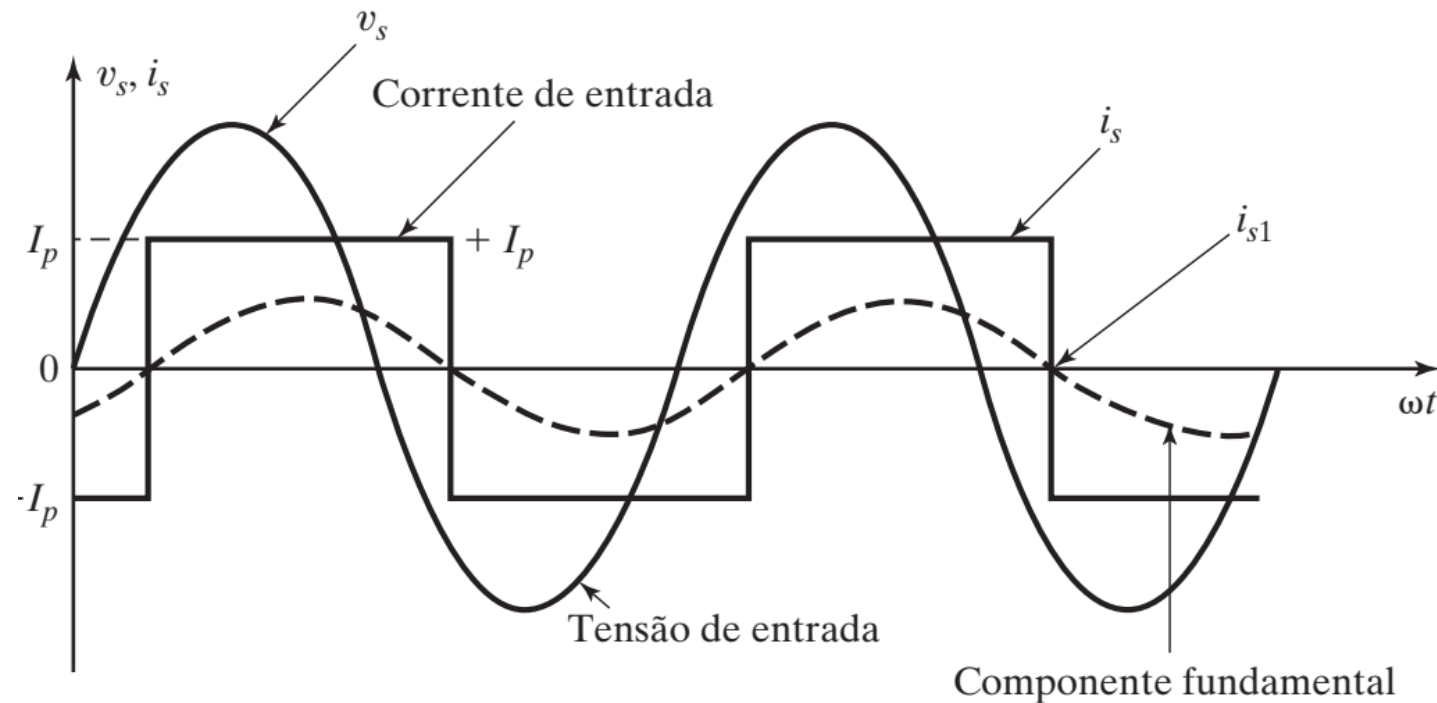
- 2 condições de operação:
 - Modo Descontínuo



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Efeito de uma carga fortemente indutiva

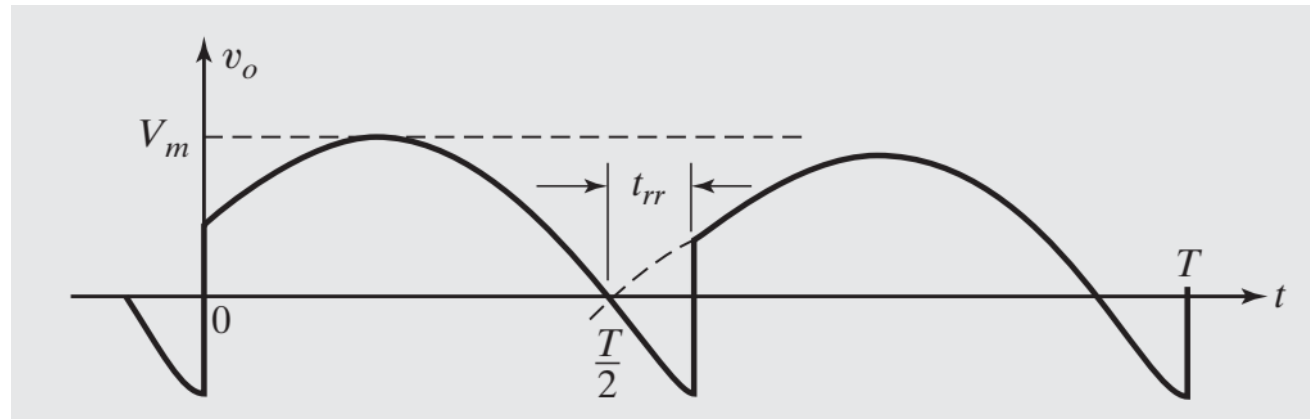
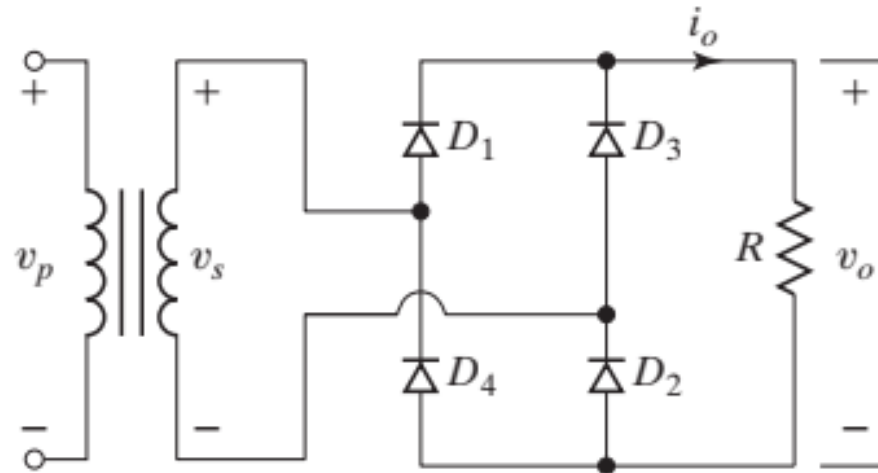
- Se a carga é fortemente indutiva
 - a corrente de carga permanecerá aproximadamente constante;
 - a corrente de entrada será uma onda quadrada;



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Efeito da recuperação reversa

- Importante para circuitos retificadores de alta frequência

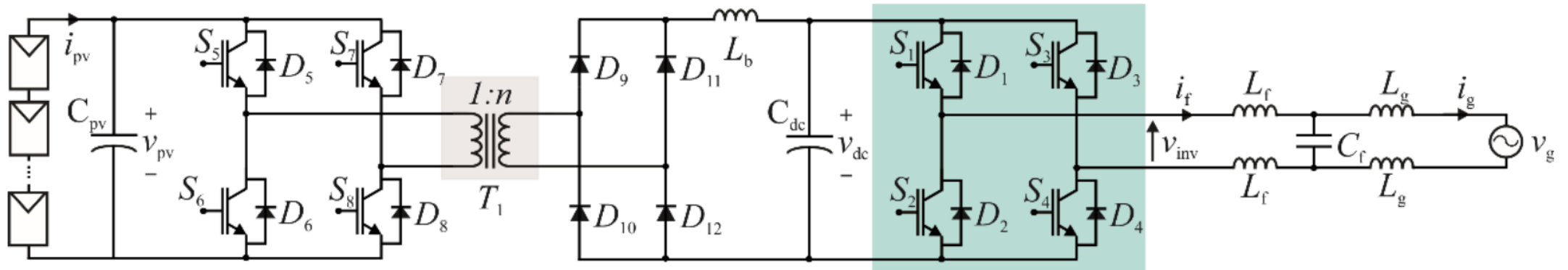


Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Redução da tensão média

$$V_{rr} = \frac{2}{T} \int_0^{t_{rr}} V_m \text{sen } \omega t \, dt = \frac{2V_m}{T} \left[-\frac{\cos \omega t}{\omega} \right]_0^{t_{rr}} = \frac{V_m}{\pi} (1 - \cos \omega t_{rr})$$

- Suponha $t_{rr} = 50 \mu\text{s}$ e:
 - $f_n = 60 \text{ Hz} \rightarrow$ redução de 0,008 %
 - $f_n = 2 \text{ kHz} \rightarrow$ redução de 9,51 %



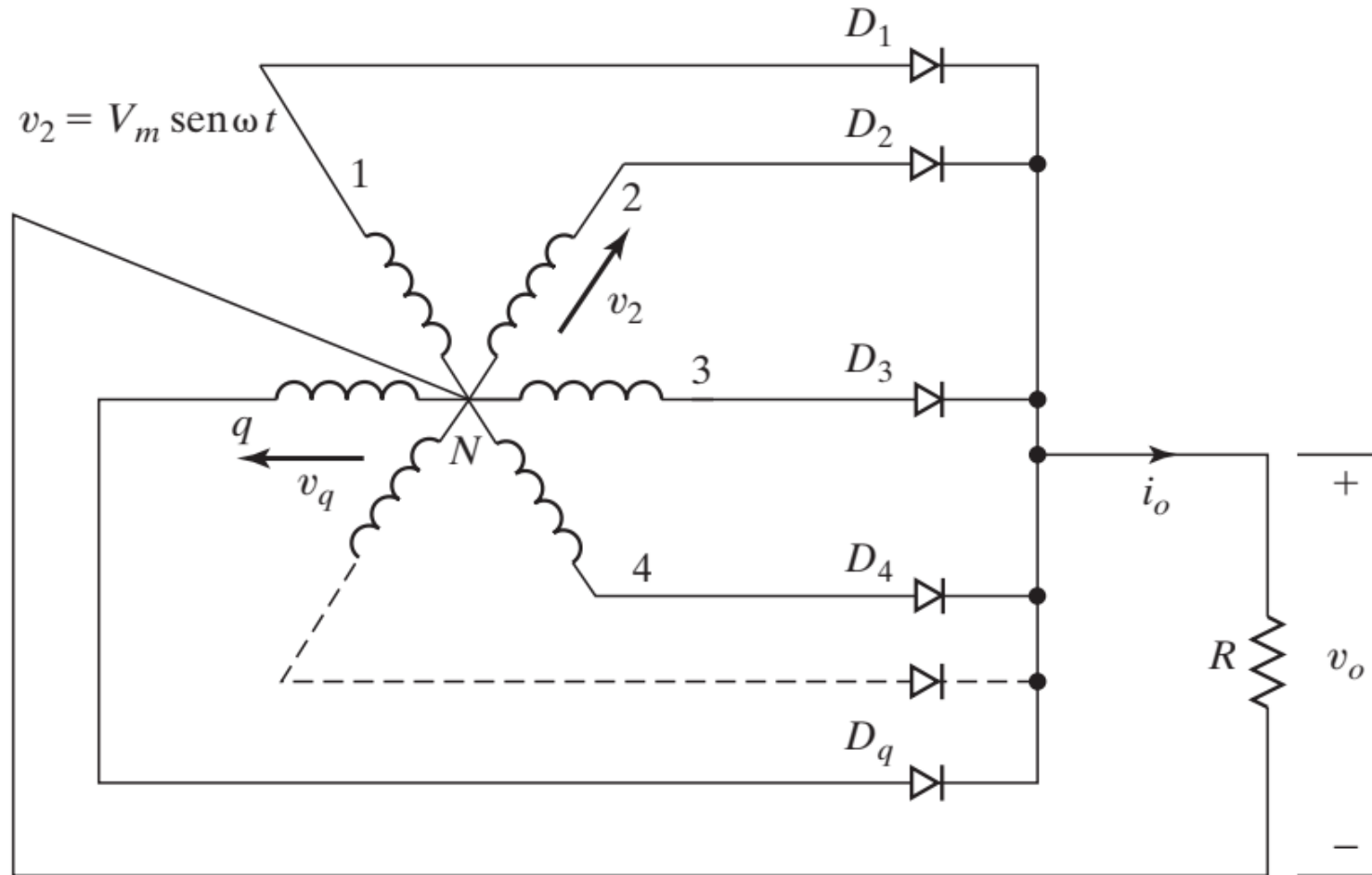
Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)



Retificadores Polifásicos

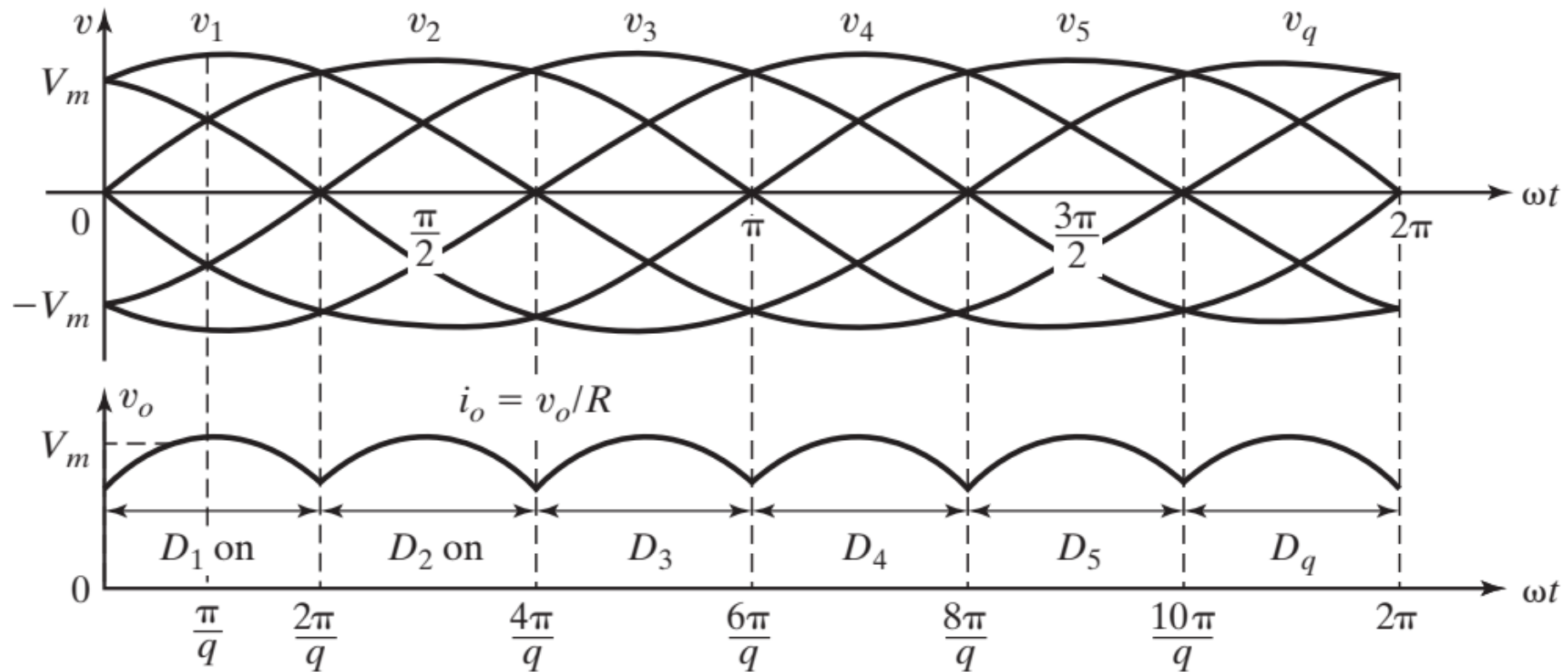


Retificadores polifásico em estrela



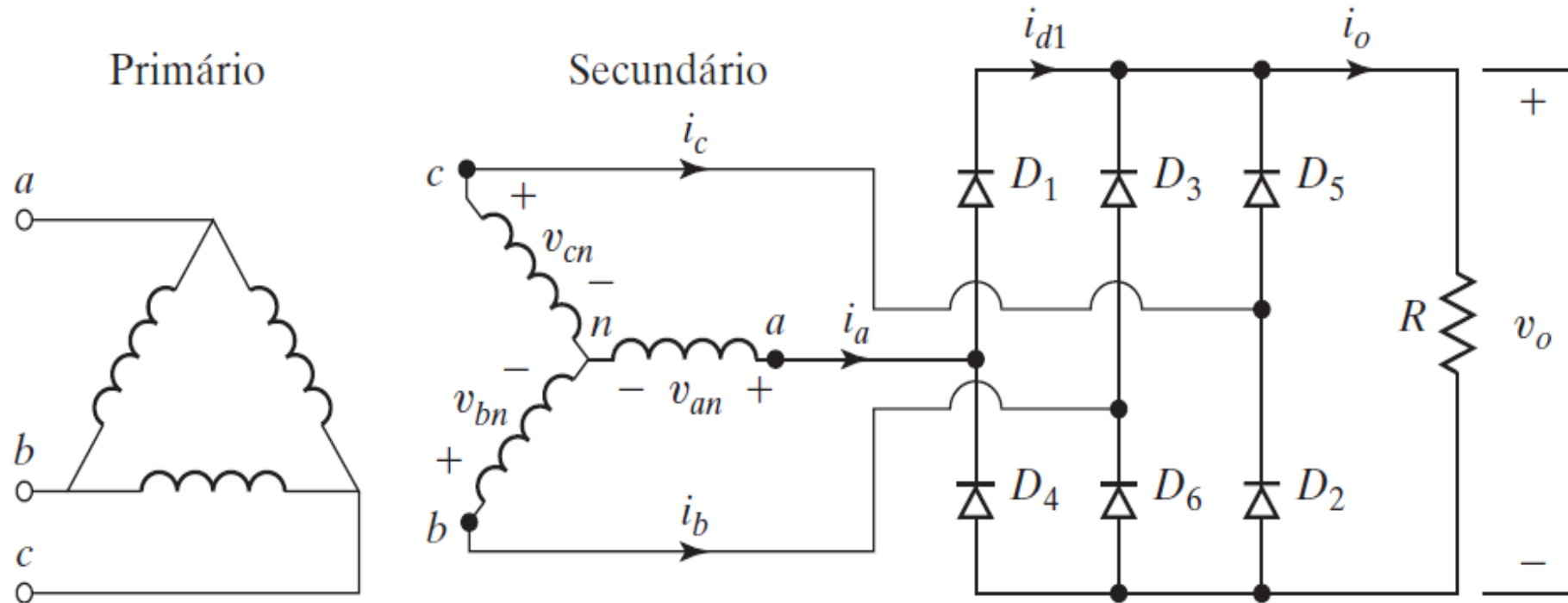
Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Retificadores polifásico em estrela



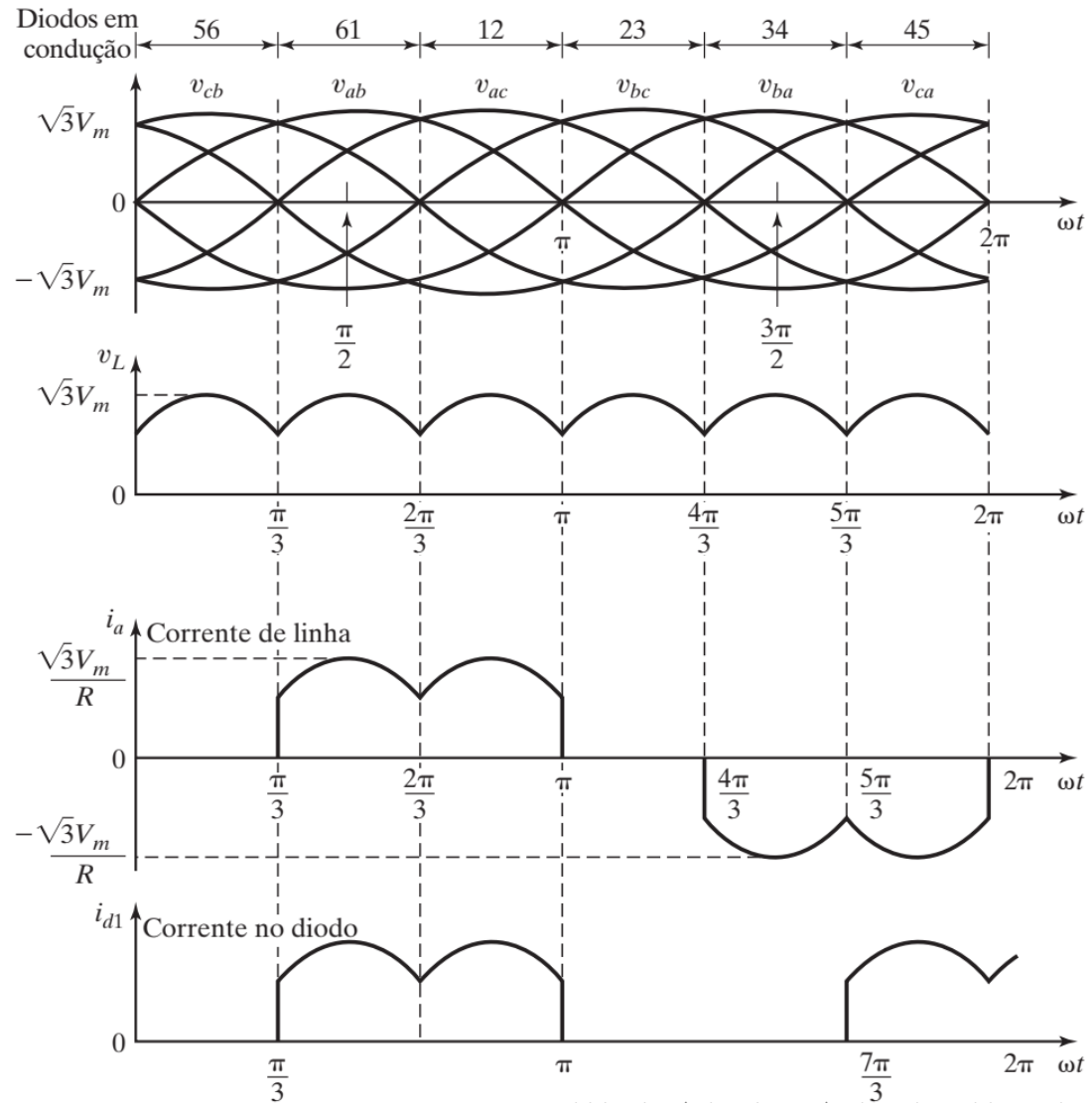
Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Retificadores trifásico - 6 pulsos

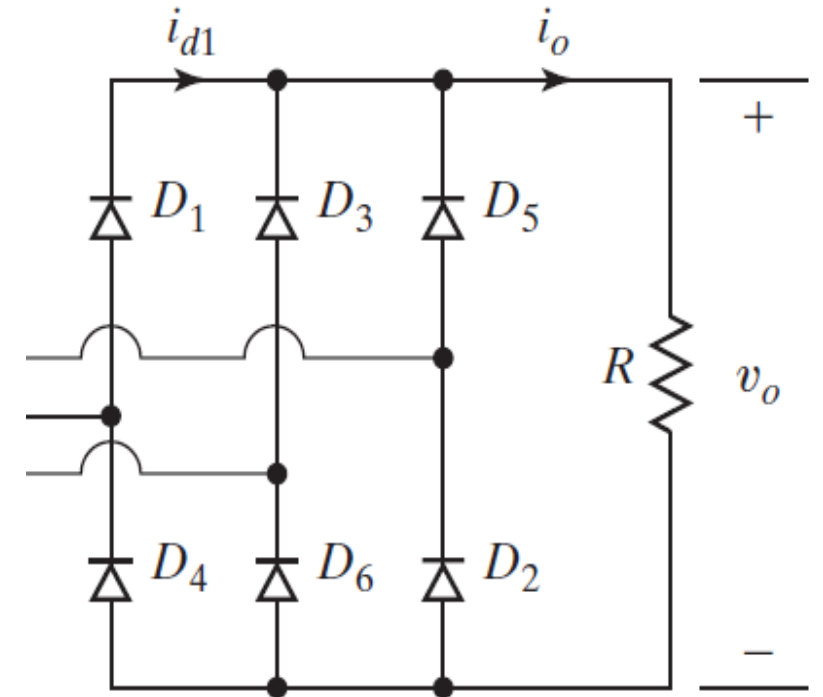


Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Retificadores trifásico - 6 pulsos



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)



Retificadores trifásico - 6 pulsos: Carga altamente indutiva

□ A série de Fourier da corrente de entrada é dada por

$$i_s = \frac{4\sqrt{3}I_a}{2\pi} \left(\frac{\text{sen}(\omega t)}{1} - \frac{\text{sen}(5\omega t)}{5} - \frac{\text{sen}(7\omega t)}{7} + \frac{\text{sen}(11\omega t)}{11} + \frac{\text{sen}(13\omega t)}{13} - \frac{\text{sen}(17\omega t)}{17} - \dots \right)$$

□ O valor rms da n-ésima harmônica da corrente de entrada é dado por

$$I_{sn} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{a_n^2 + b_n^2} = \frac{2\sqrt{2}I_a}{n\pi} \text{sen} \frac{n\pi}{3}$$

□ O valor rms da componente fundamental da corrente é

$$I_{s1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} I_a = 0,7797 I_a$$

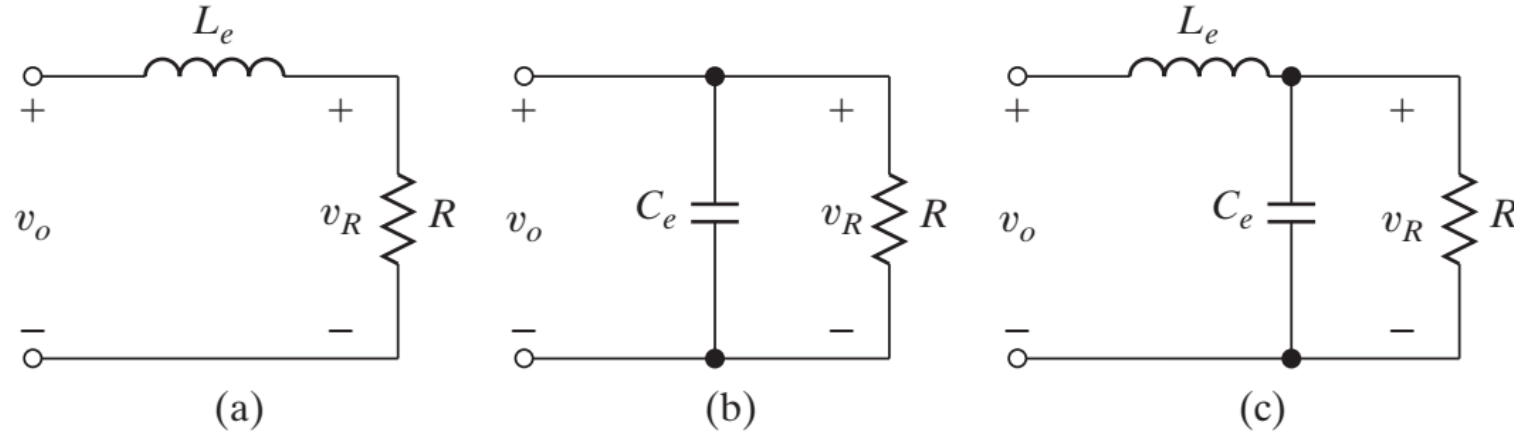


Filtros para retificadores

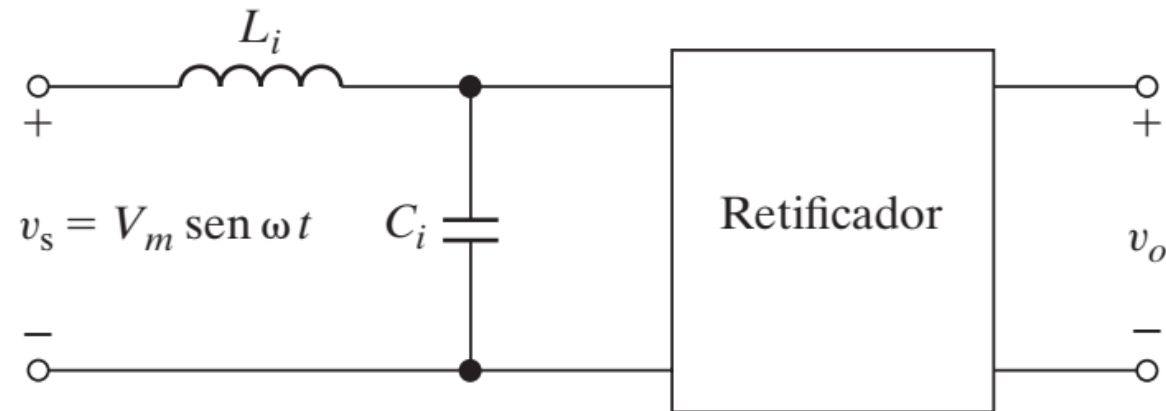


Tipos de filtros para retificadores

▣ Filtro CC

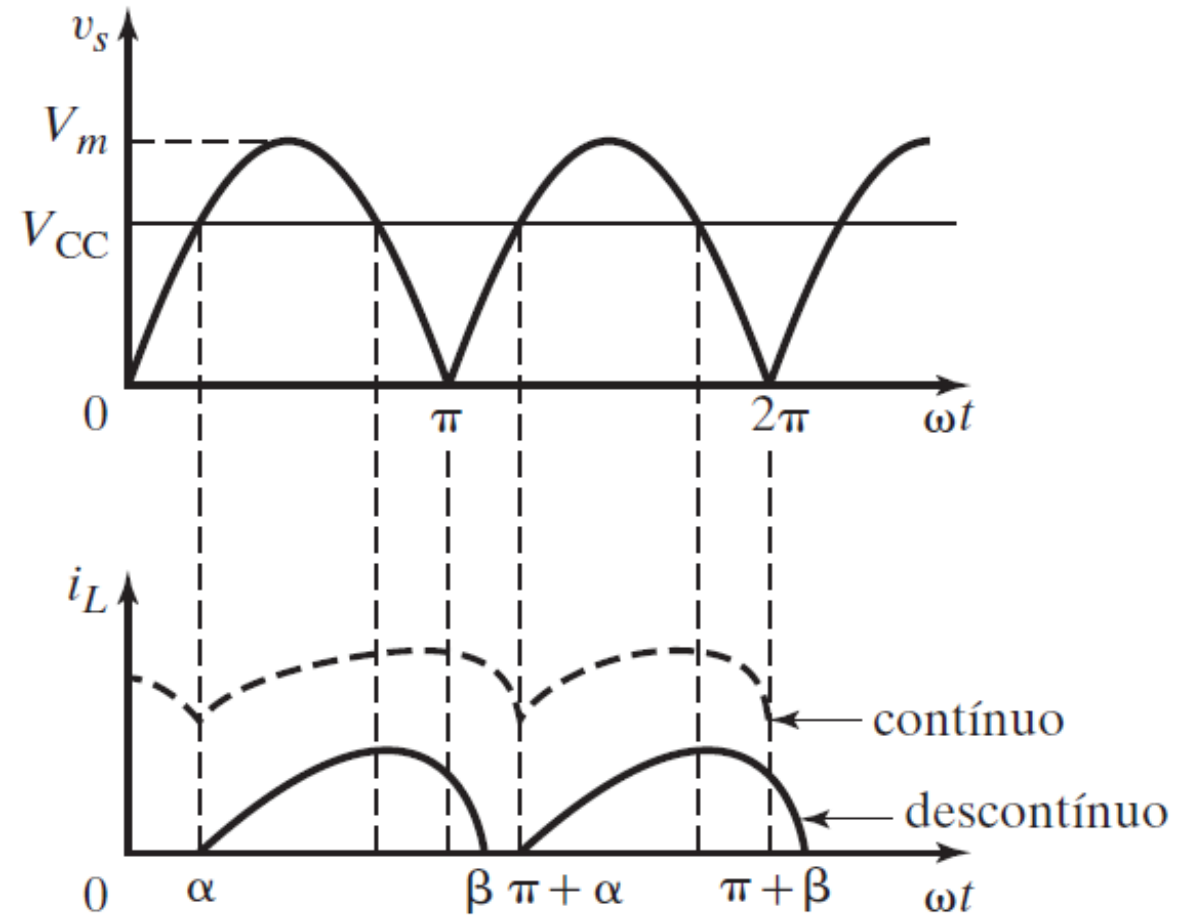
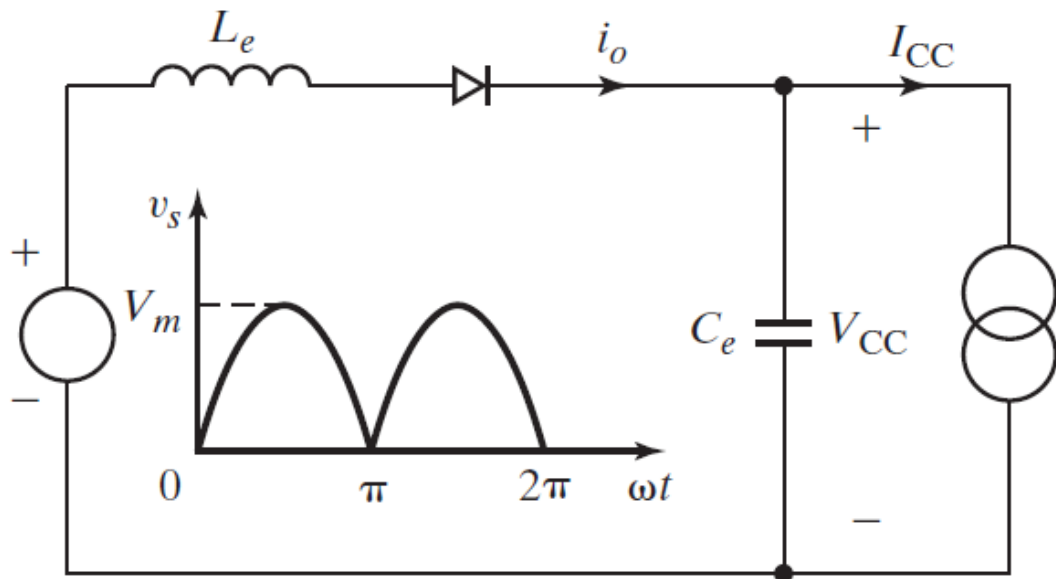


▣ Filtro CA



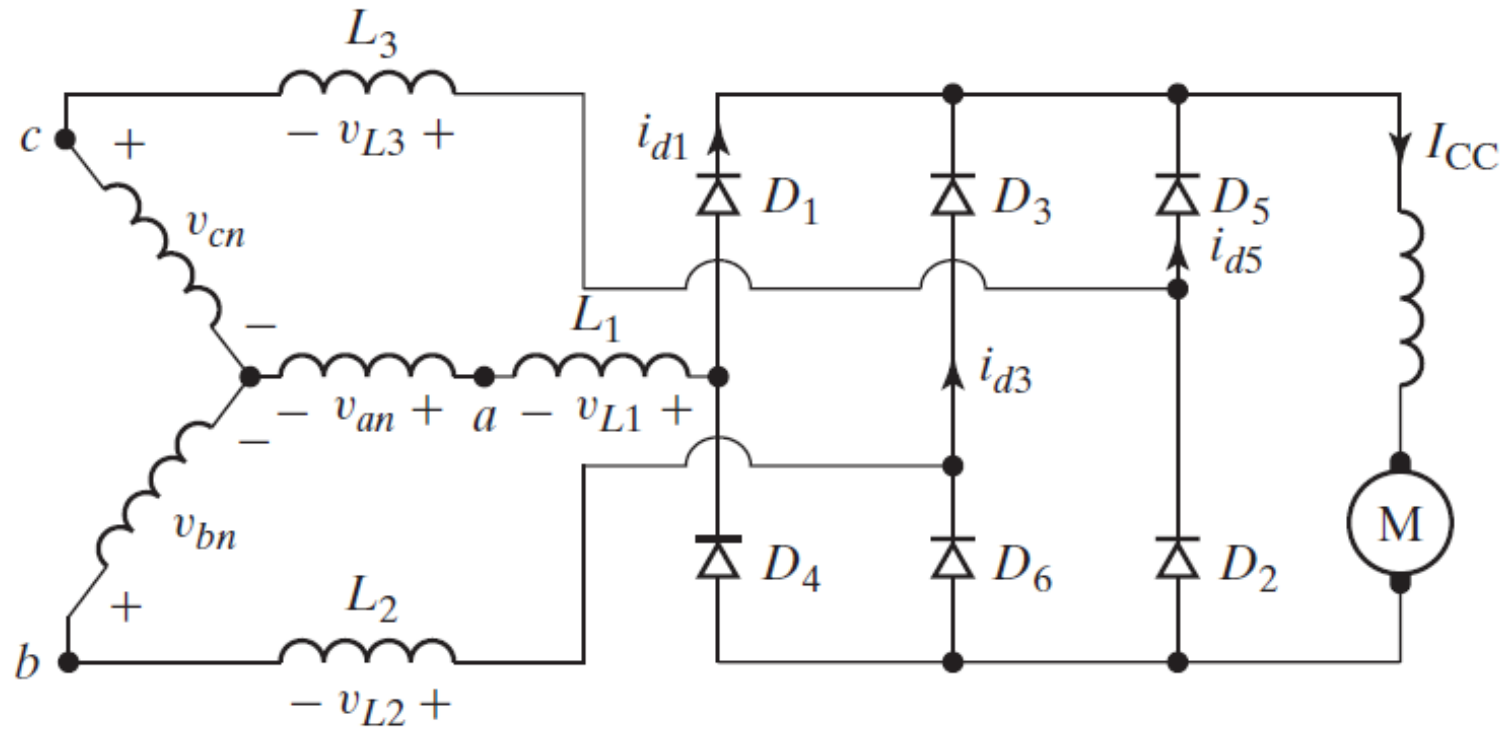
Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Tensão de saída com filtro LC



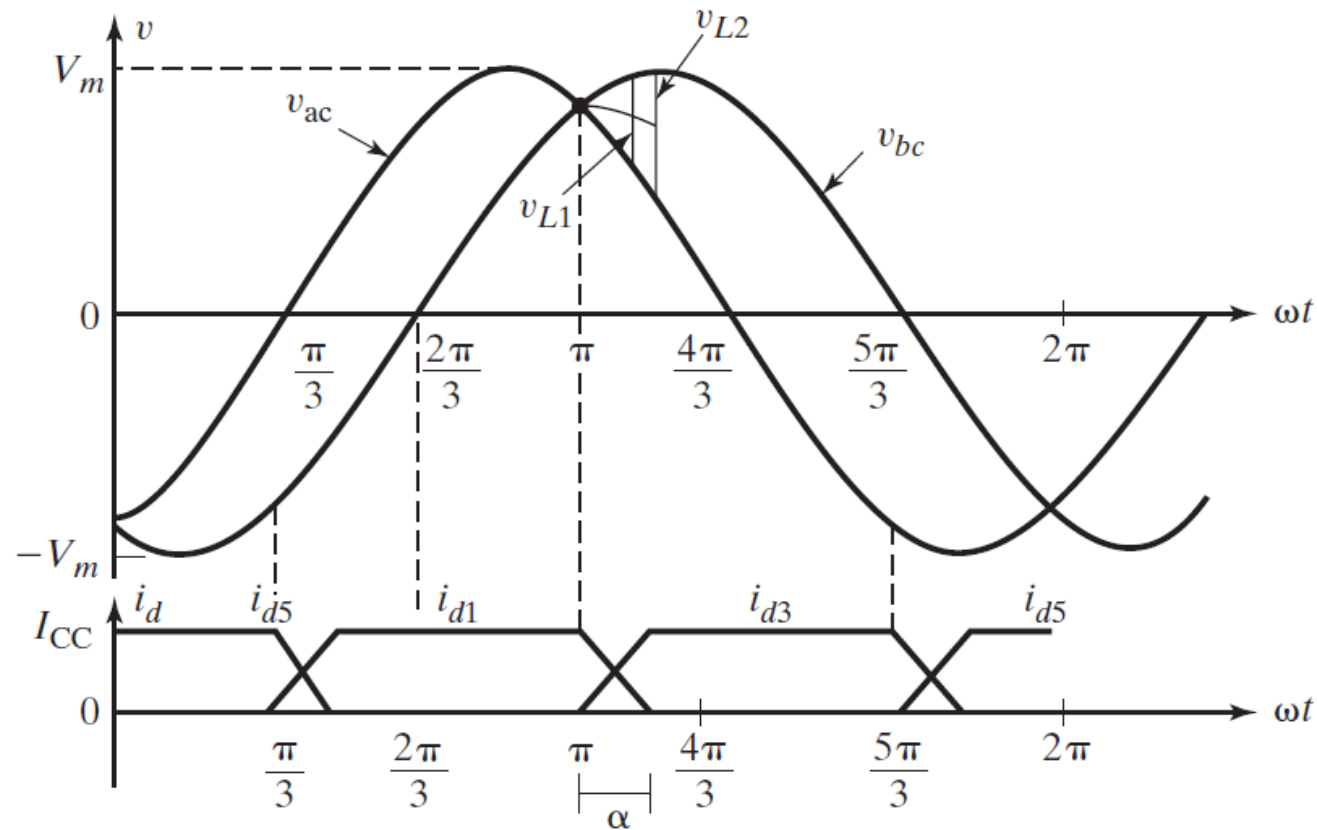
Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Efeito das indutâncias da fonte e da carga



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Efeito das indutâncias da fonte e da carga



Fonte: M. H. Rashid: Eletrônica de Potência: Dispositivos, circuitos e aplicações. 4ª. Edição, Pearson, 2014 (Livro texto)

Redução da tensão média

- A tensão sobre L_2 é

$$v_{L2} = L_2 \frac{di}{dt}$$

- Assumindo um aumento linear da corrente i de 0 até I_{CC} :

$$v_{L2} \Delta t = L_2 \Delta i$$

- A redução da tensão média por conta das indutâncias de comutação é de

$$V_x = \frac{1}{T} 2(v_{L1} + v_{L2} + v_{L3}) \Delta t = 2f(L_1 + L_2 + L_3) \Delta i = 2f(L_1 + L_2 + L_3) I_{CC}$$

Obrigado pela Atenção



www.gesep.ufv.br



<https://www.facebook.com/gesep>



https://www.instagram.com/gesep_vicosa/



https://www.youtube.com/channel/UCe9KOSGORXh_hDBIcxMU2Nw



Estimate - Sistemas
Fotovoltaicos



<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.developer.gesep.estimate>