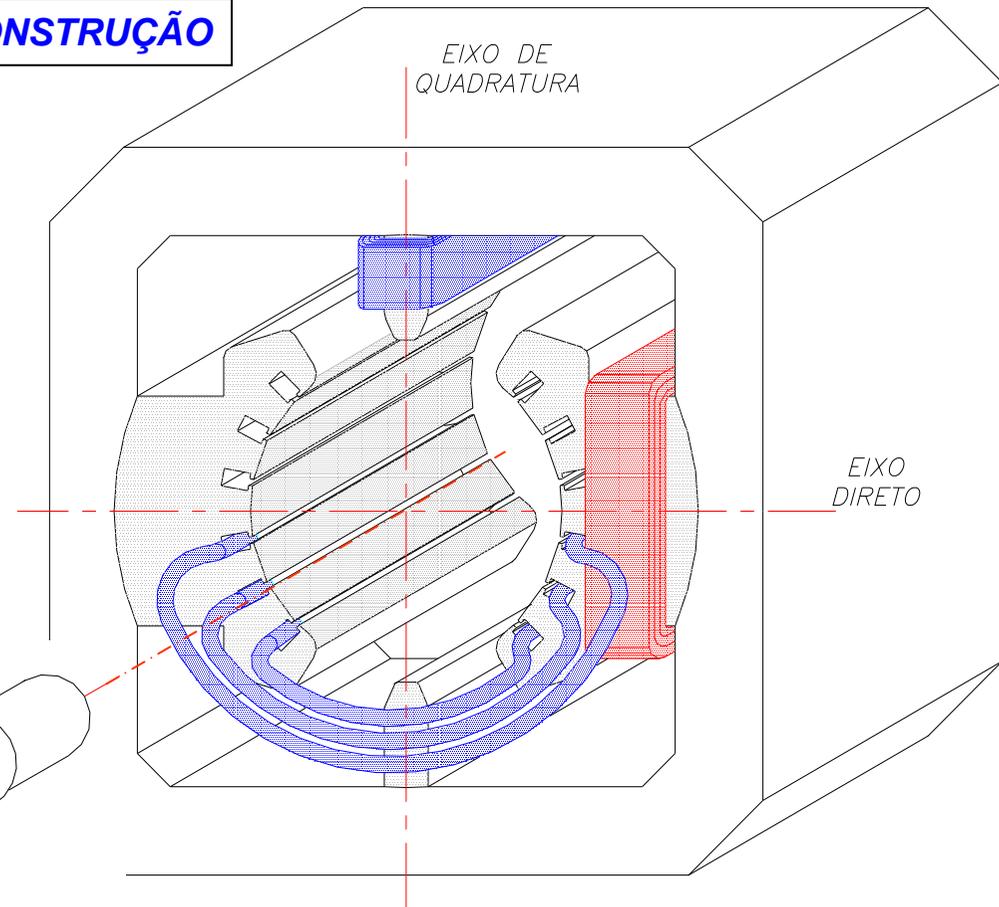
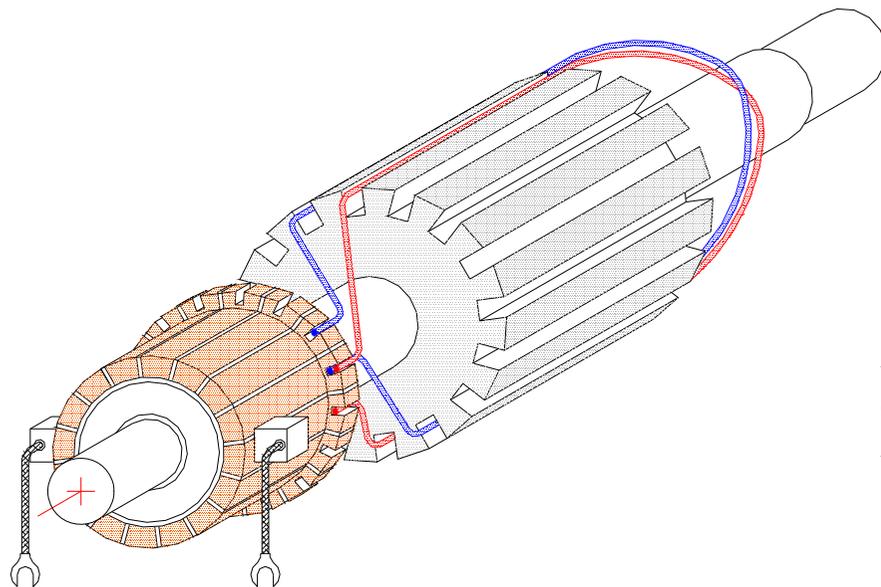


PARTE 3 – MÁQUINAS DE CORRENTE CONTÍNUA

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CONSTRUÇÃO

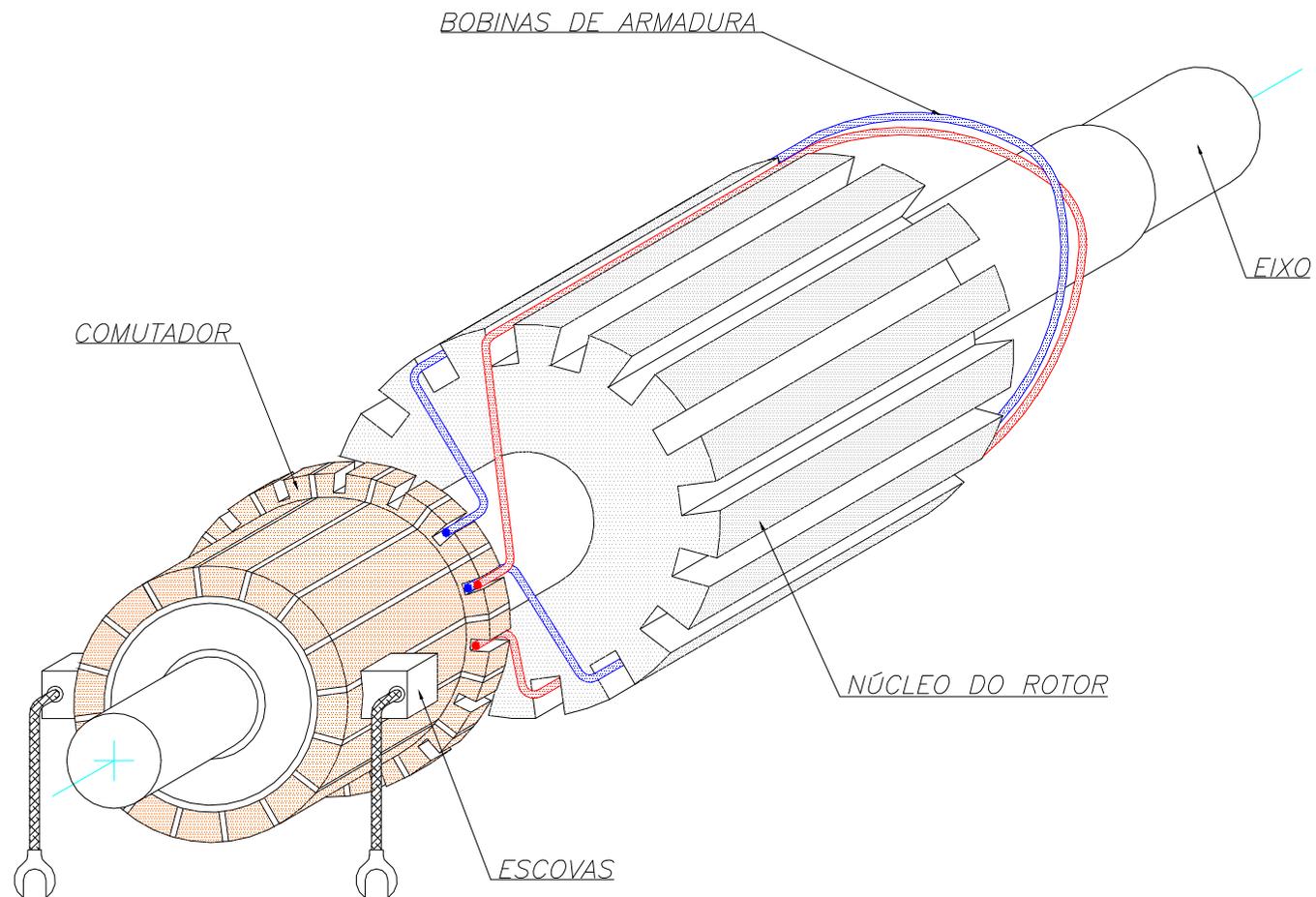
ROTOR SUSTENTADO DENTRO DO ESTATOR POR MEIO DE MANCAIS APOIADOS EM TAMPAS

*MANUTENÇÃO DO ENTREFERRO
NESSA MONTAGEM*



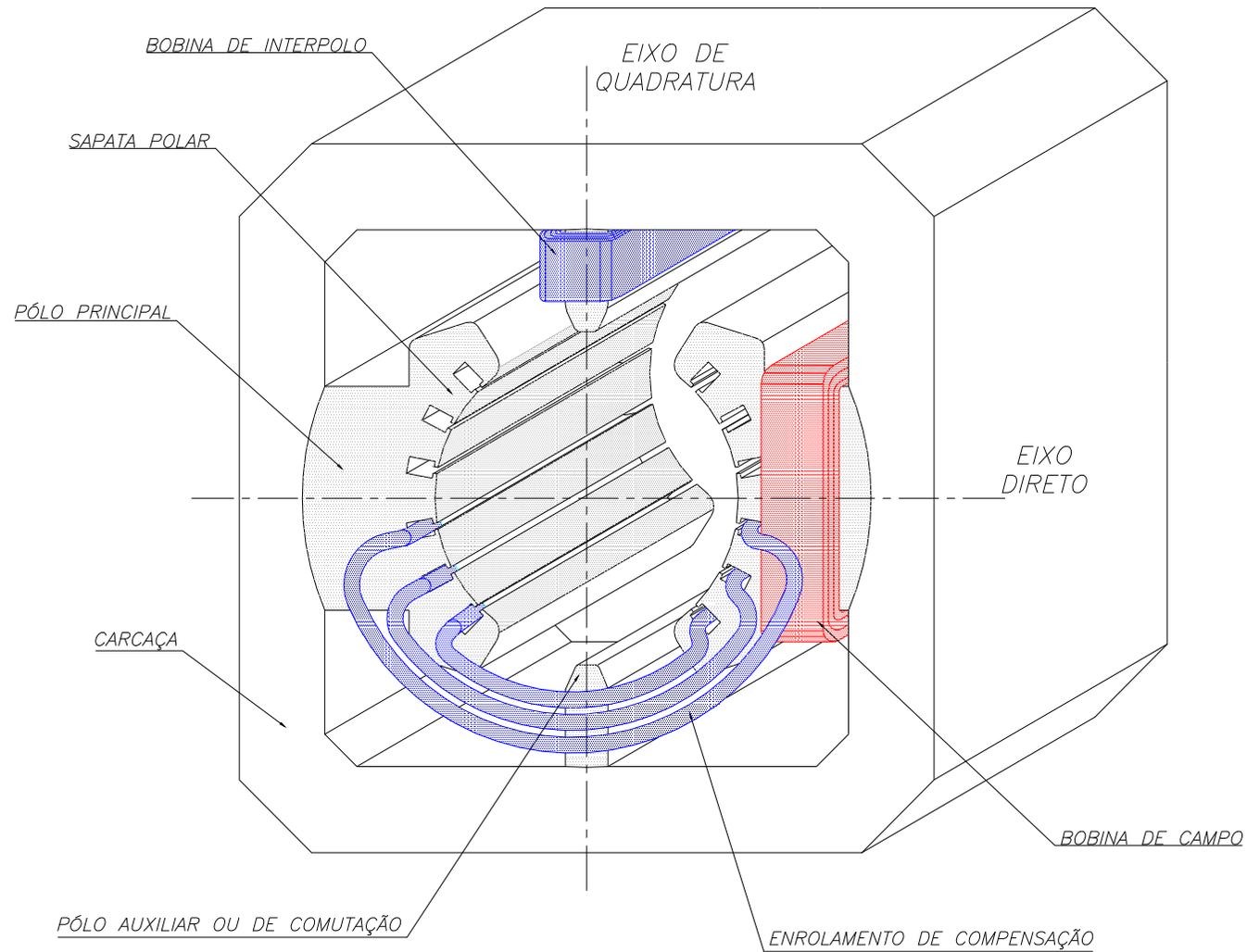
*ESCOVAS MONTADAS EM
SUPORTES SOLIDÁRIOS AO
ESTATOR*

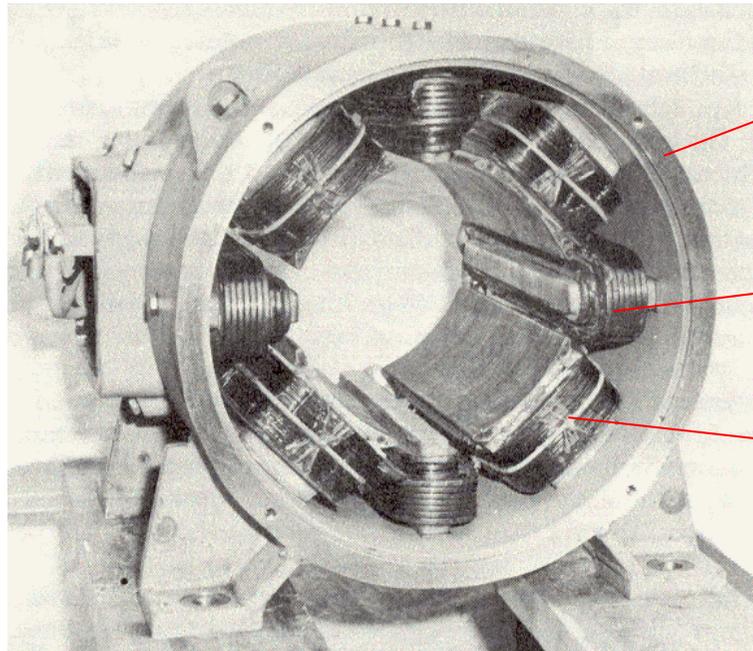
DETALHES CONSTRUTIVOS DO ROTOR



MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

DETALHES CONSTRUTIVOS DO ESTATOR



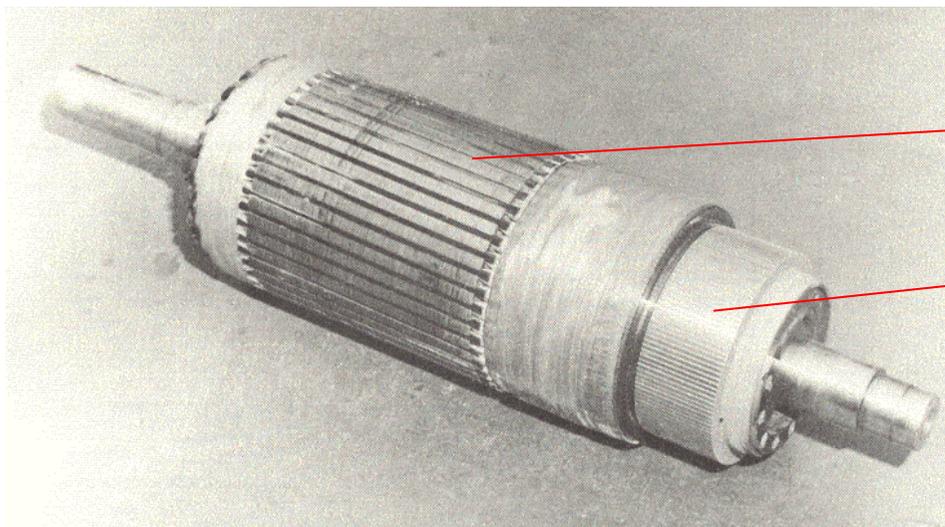


CARCAÇA

INTERPOLO

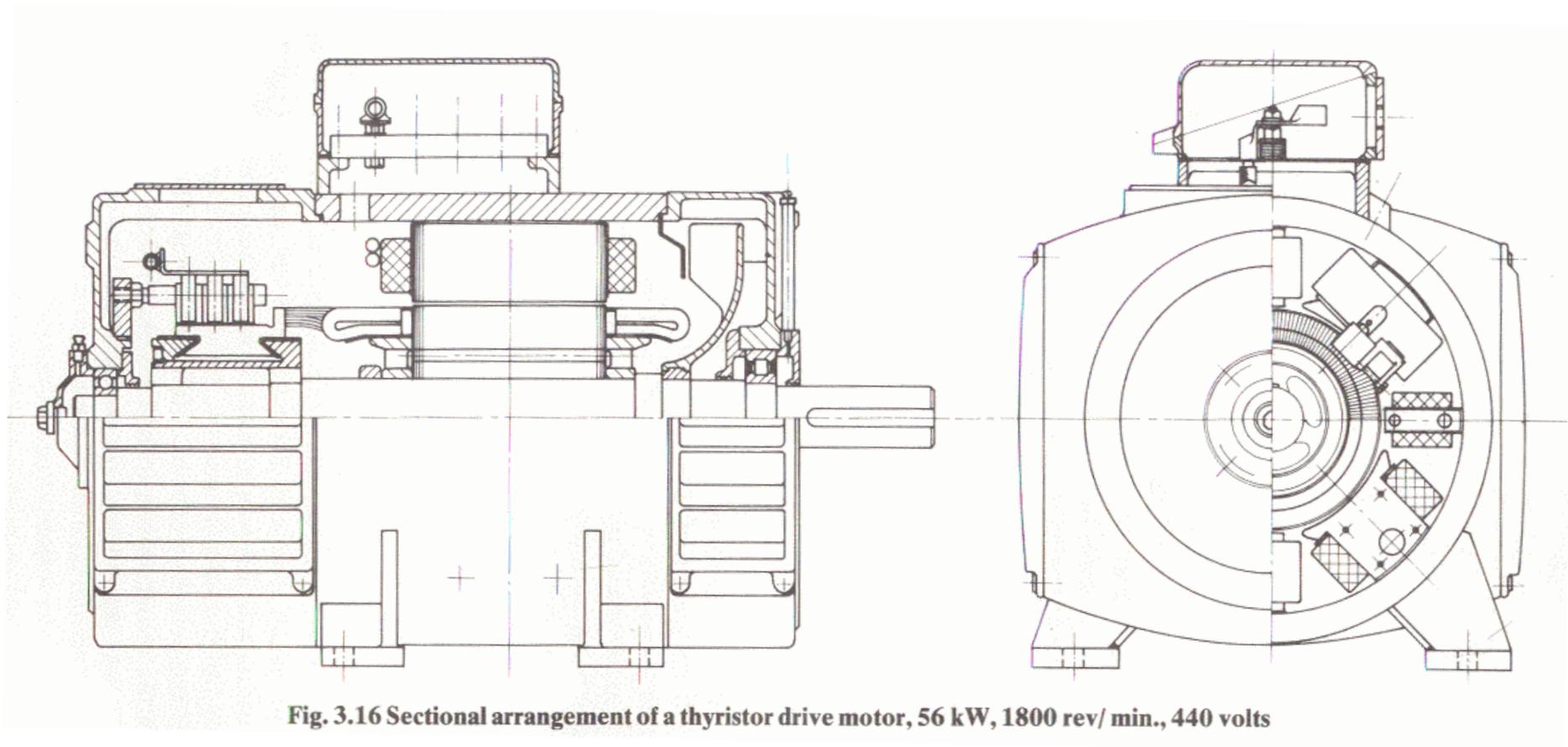
PÓLO PRINCIPAL

**MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA
USO INDUSTRIAL
PORTE MÉDIO**

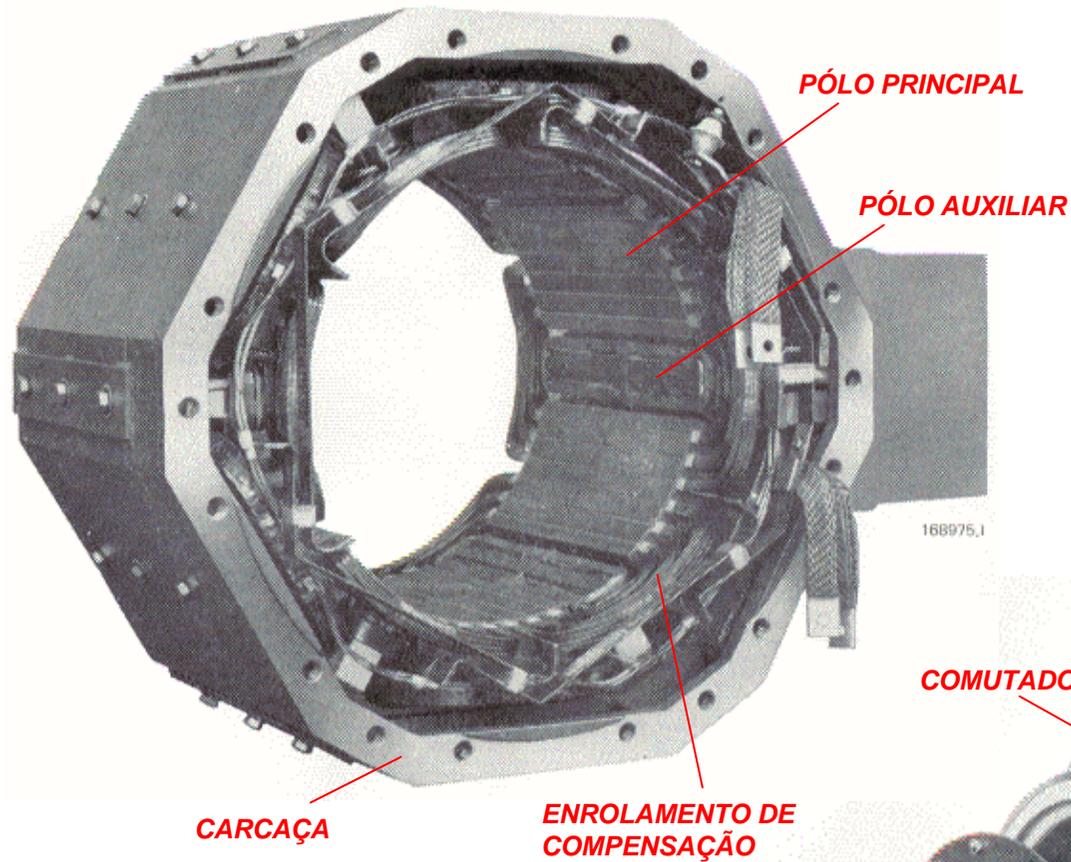


NÚCLEO DO ROTOR

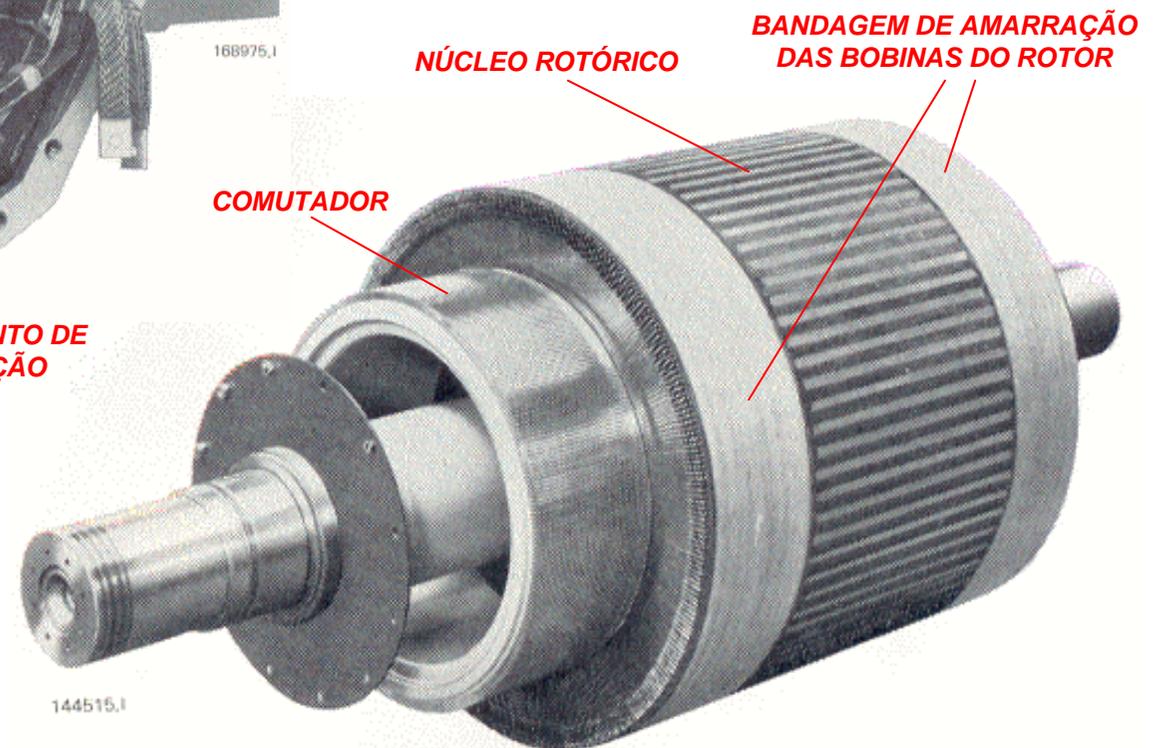
COMUTADOR

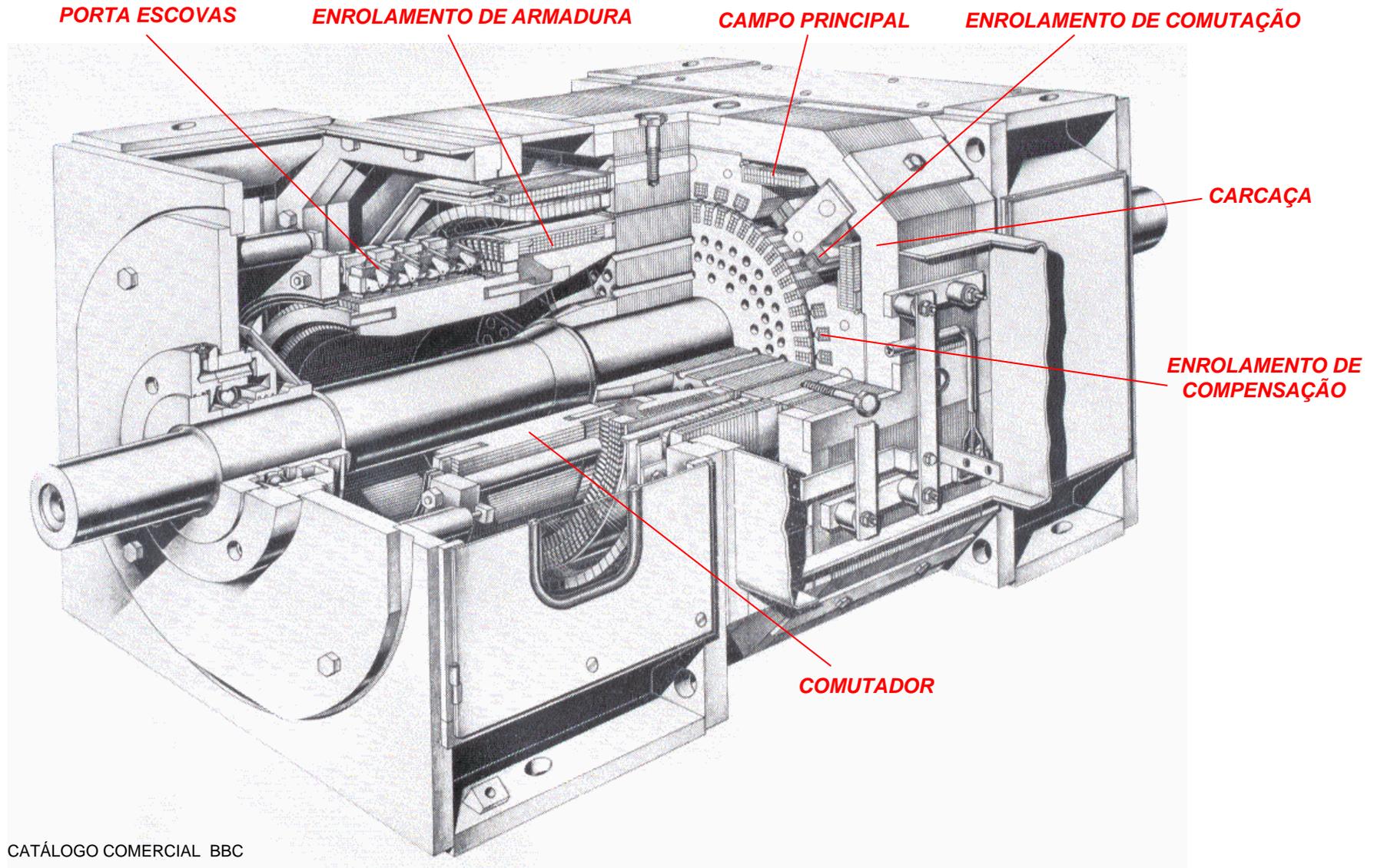


CORTE TRANSVERSAL TÍPICO DE MOTOR C.C. INDUSTRIAL

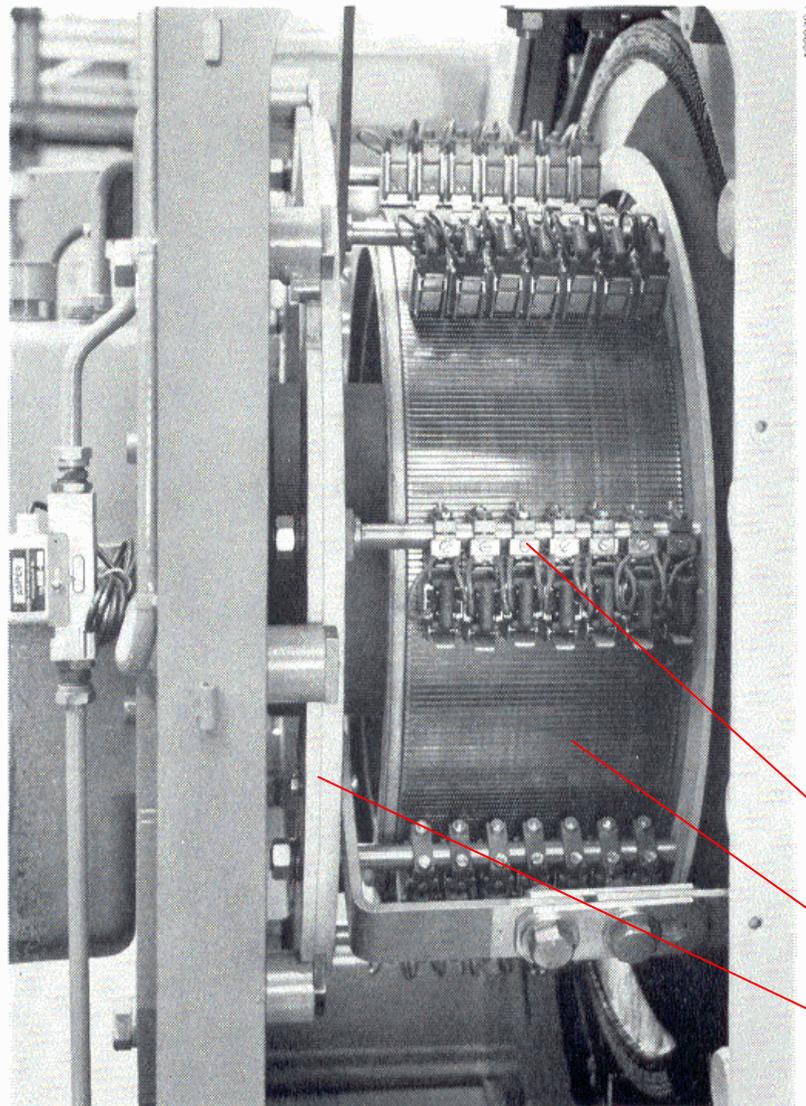


MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA
USO INDUSTRIAL
GRANDE PORTE
COM ENROLAMENTO DE
COMPENSAÇÃO



VISTA EM CORTE DE MOTOR C.C. INDUSTRIAL COMPENSADO

DETALHES CONSTRUTIVOS – COMUTADOR E PORTA ESCOVAS

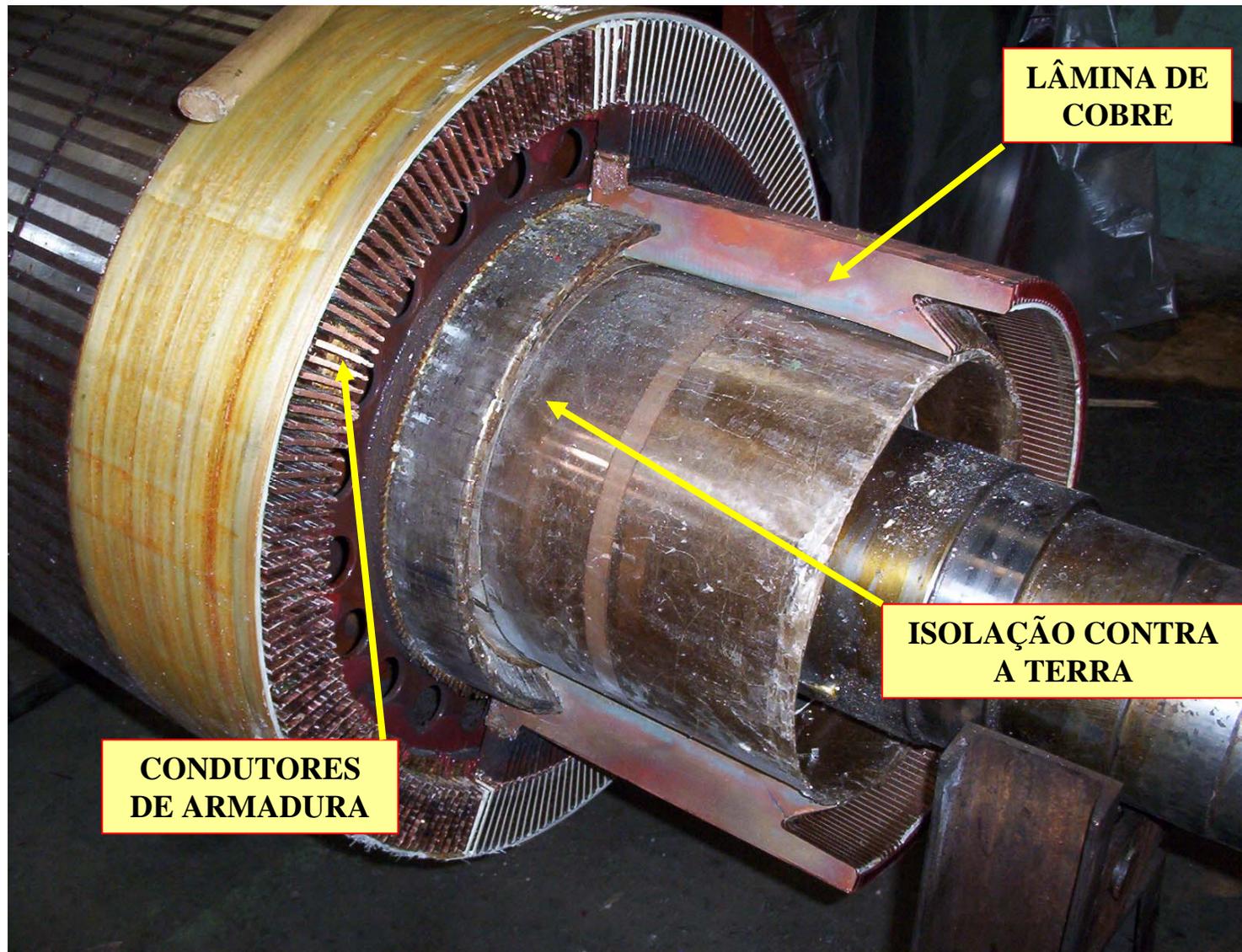


PORTA ESCOVAS

COMUTADOR

ANEL DE FIXAÇÃO E AJUSTE

**ALOJAMENTO DO CONJUNTO
PORTA ESCOVAS**



DETALHE CONSTRUTIVO DE COMUTADOR CONVENCIONAL

COMUTADOR → PARTE MAIS CRÍTICA DA MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

**PARTICULARIDADES CONSTRUTIVAS E DE OPERAÇÃO DO SISTEMA COMUTADOR – ESCOVAS
NAS MÁQUINAS DE CORRENTE CONTÍNUA**

CONDIÇÃO GEOMÉTRICA DO COMUTADOR (A QUENTE):

CIRCULARIDADE NA PISTA DE APOIO DAS ESCOVAS:

→ MELHOR QUE 0,025mm (COMUTADORES ATÉ DIÂMETRO DE 600 mm)

MÁXIMA PROJEÇÃO DE LÂMINAS INDIVIDUAIS FORA DO CÍRCULO IDEAL:

→ MÁXIMO ENTRE 0,015 E 0,030mm DEPENDENDO DA ROTAÇÃO E DIÂMETRO

CONDIÇÕES OPERACIONAIS DAS ESCOVAS:

→ DENSIDADE DE CORRENTE: 7,5 – 12,5 A/cm²

→ PRESSÃO SOBRE O COMUTADOR: 180 – 350 g/cm²

→ COEFICIENTE DE ATRITO TÍPICO: 0,10 – 0,35

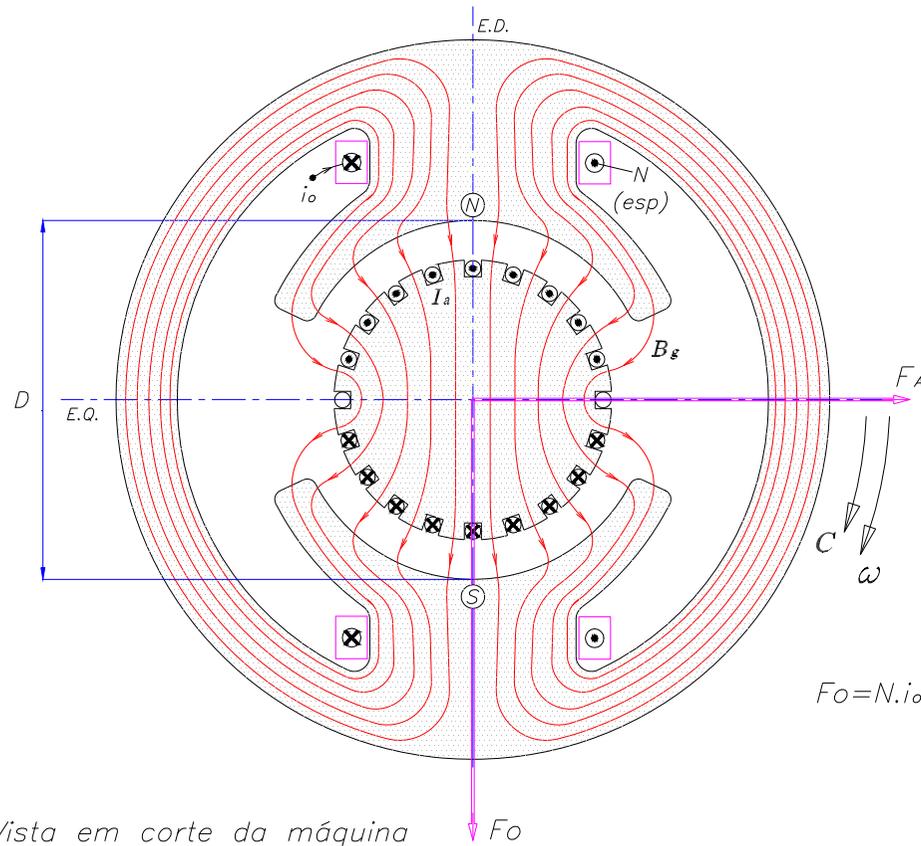
→ QUEDA DE TENSÃO NO CONTATO COM AS LÂMINAS: 1,5 – 2,5 V/par (POSITIVAS + NEGATIVAS)

→ TAXA DE DESGASTE EM CONDIÇÕES NORMAIS: 5x10⁻⁹ – 25x10⁻⁹ mm/m

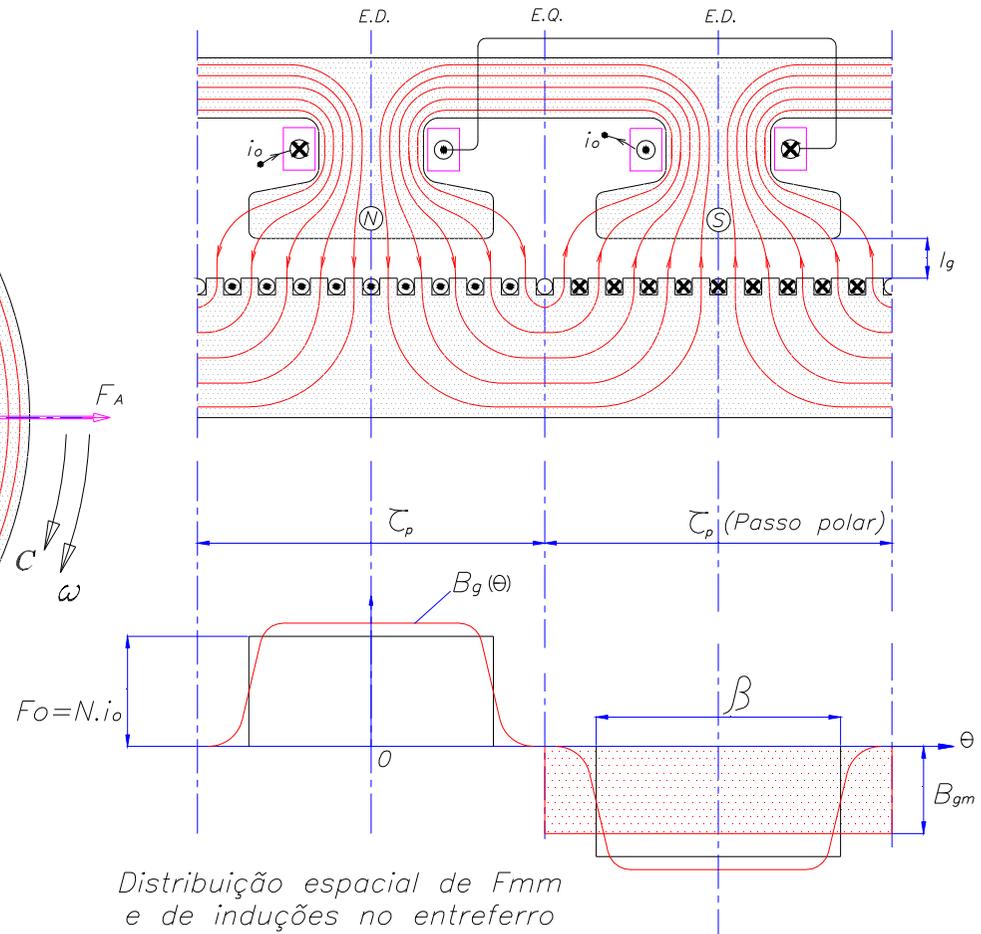
MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: FUNCIONAMENTO

MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

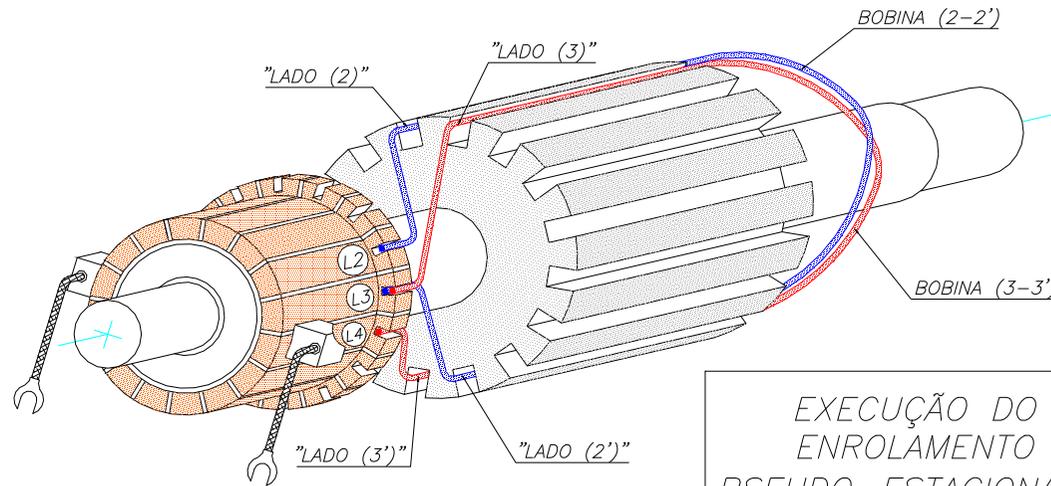
Interação eletromagnética entre rotor e estator



Vista planificada da máquina



**BASE DE FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA
ENROLAMENTO PSEUDO-ESTACIONÁRIO**



**ALOJAMENTO
DAS BOBINAS
NO NÚCLEO E
CONEXÃO AO
COMUTADOR**

EXECUÇÃO DO
ENROLAMENTO
PSEUDO-ESTACIONÁRIO

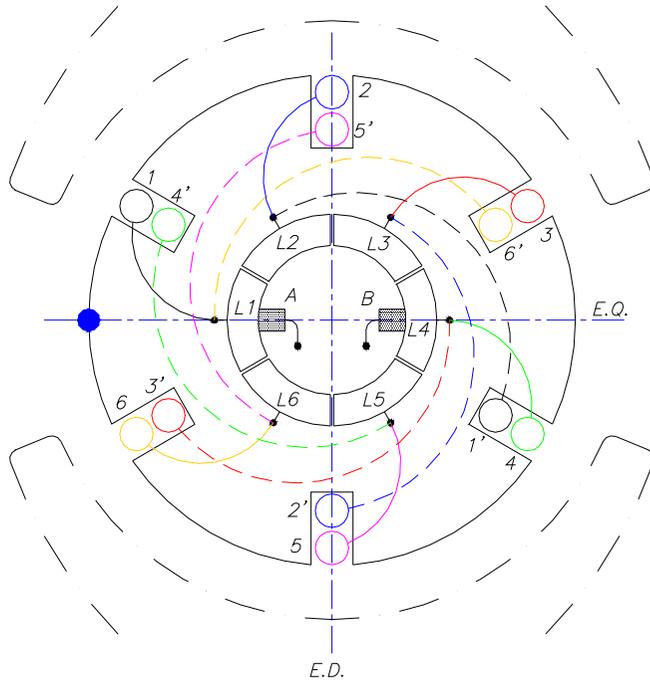
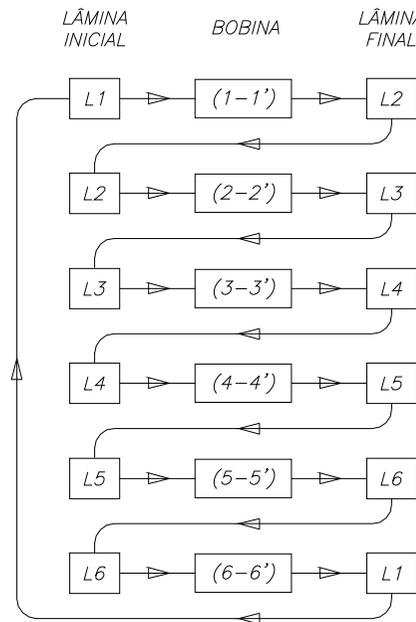


DIAGRAMA SIMPLIFICADO

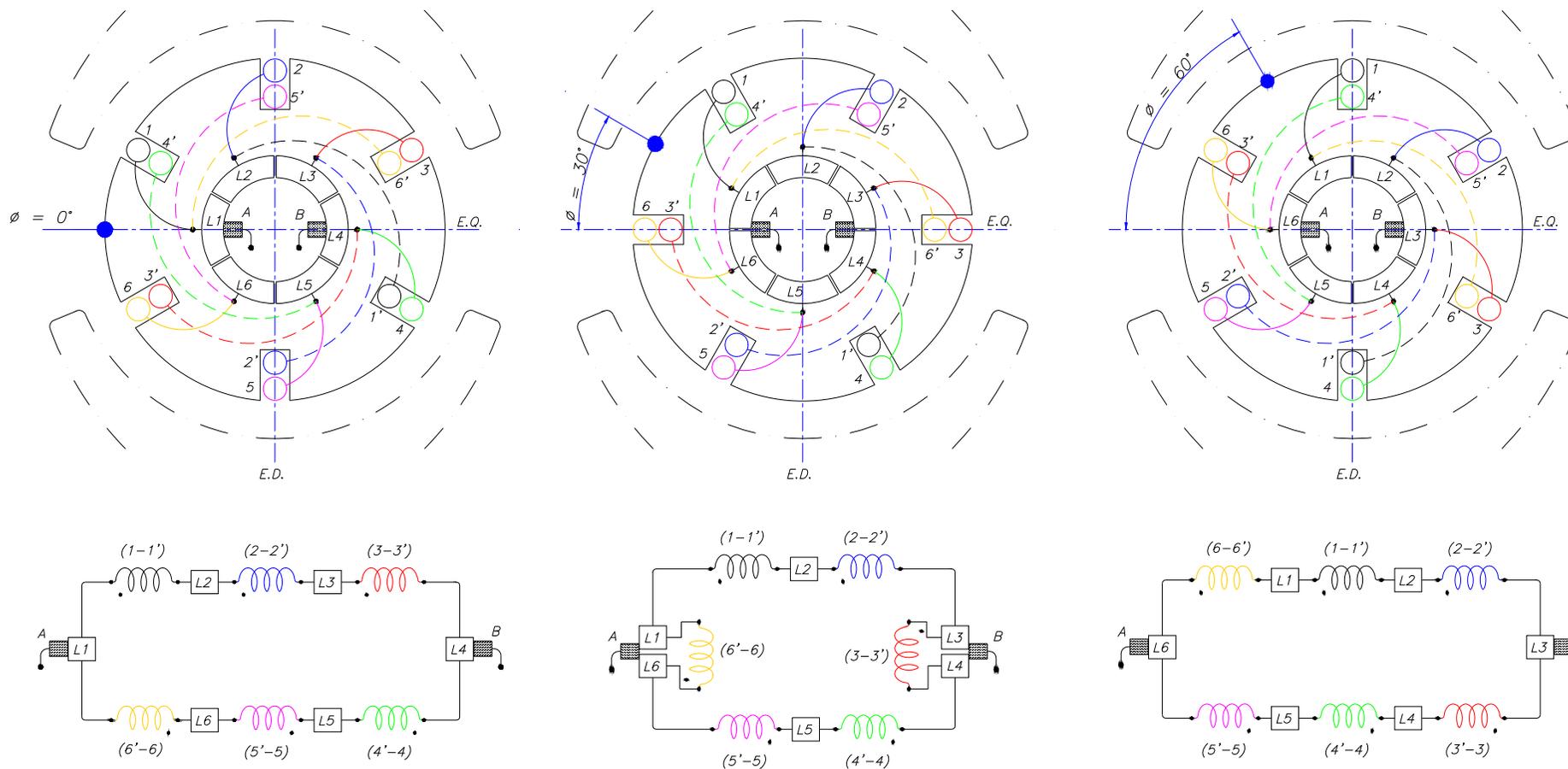


SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

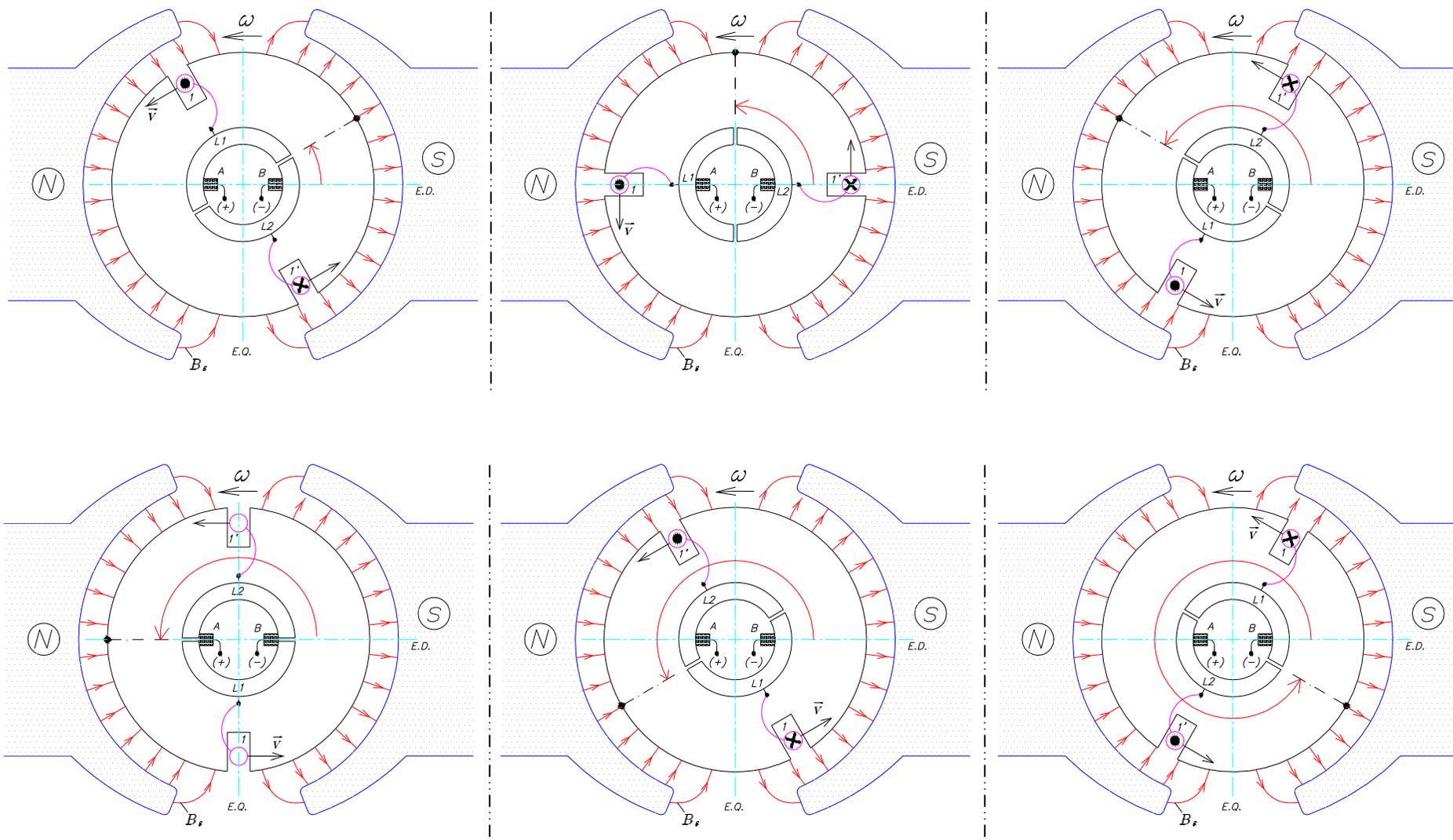
**VISTA
ESQUEMÁTICA DO
ENROLAMENTO
MONTADO**

**ROTOR
SIMPLIFICADO**

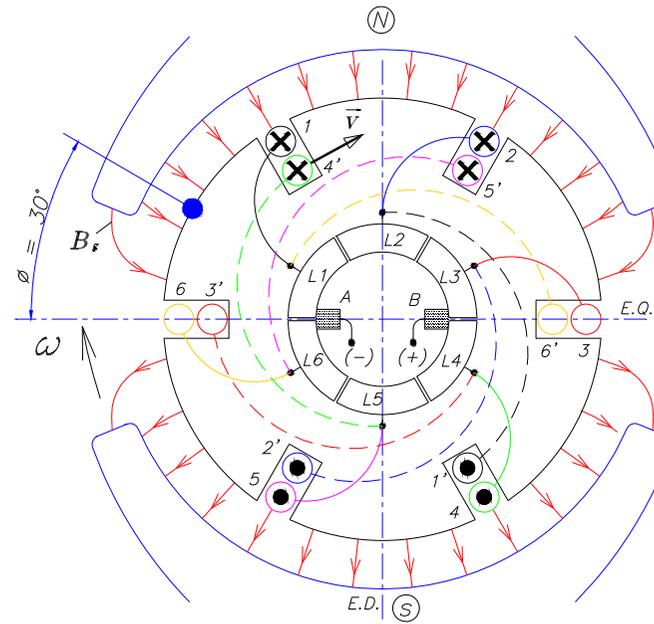
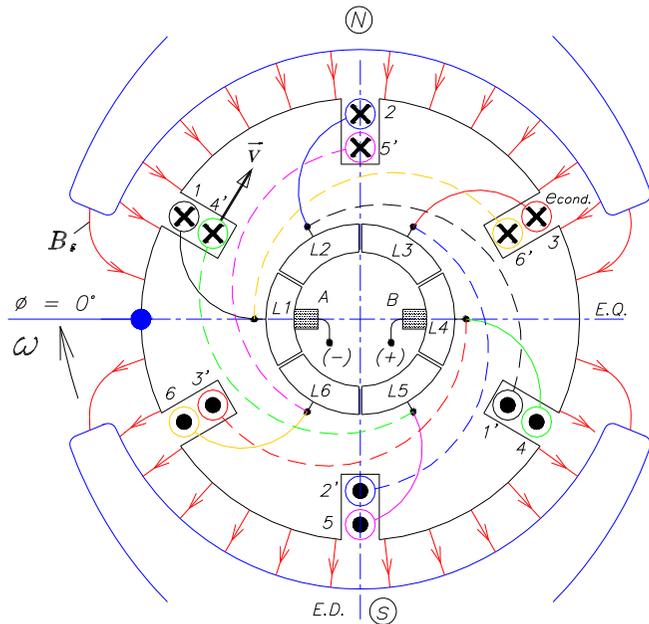
EXECUÇÃO E PROPRIEDADES DO ENROLAMENTO PSEUDO-ESTACIONÁRIO



CIRCUITO ELÉTRICO RESULTANTE ENTRE ESCOVAS PARA DIFERENTES POSIÇÕES DO ROTOR

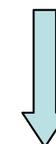
TENSÕES INDUZIDAS NA ARMADURA ELEMENTAR DE MÁQUINA C.C.

TENSÕES INDUZIDAS NO ENROLAMENTO PSEUDO-ESTACIONÁRIO

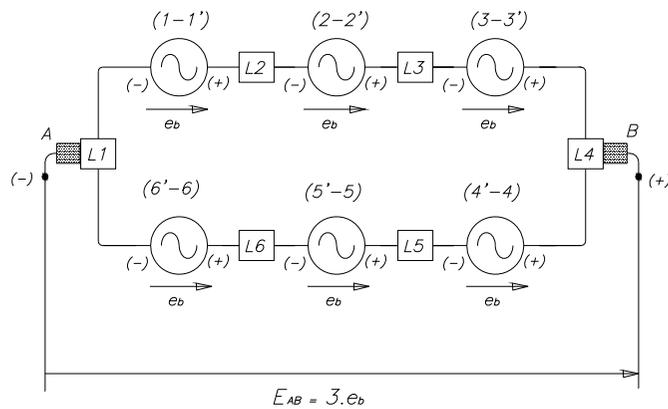


**EFEITO
MOCIONAL NOS
CONDUTORES
DE ARMADURA**

**1ª EQUAÇÃO
FUNDAMENTAL
DA MÁQUINA C.C.**

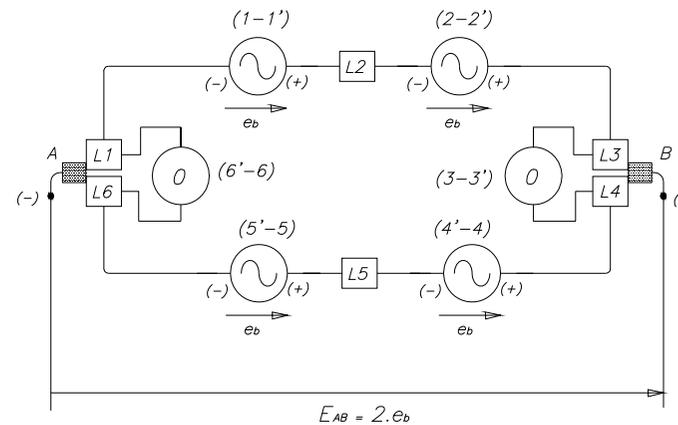


$$E = k \cdot \phi \cdot \omega$$



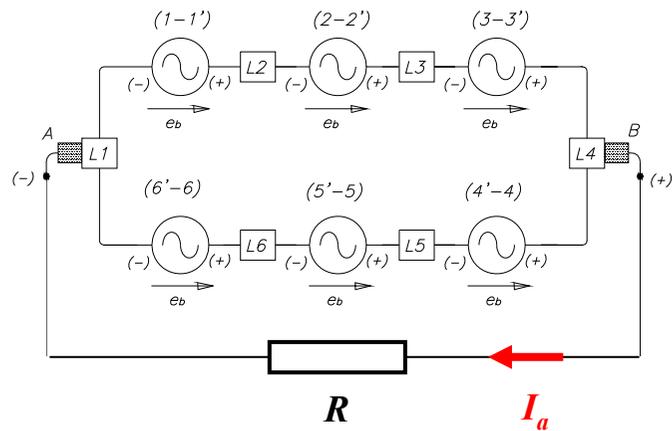
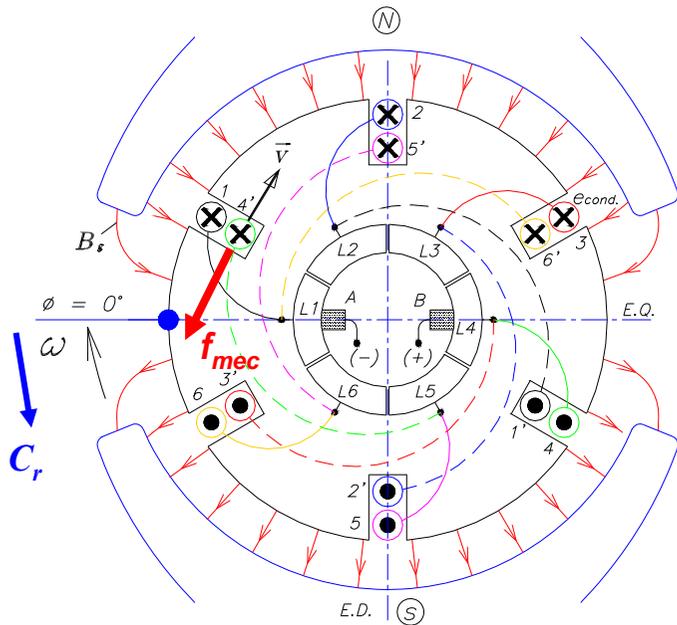
CIRCUITO ELÉTRICO E TENSÃO ENTRE ESCOVAS

Todas as bobinas ativas

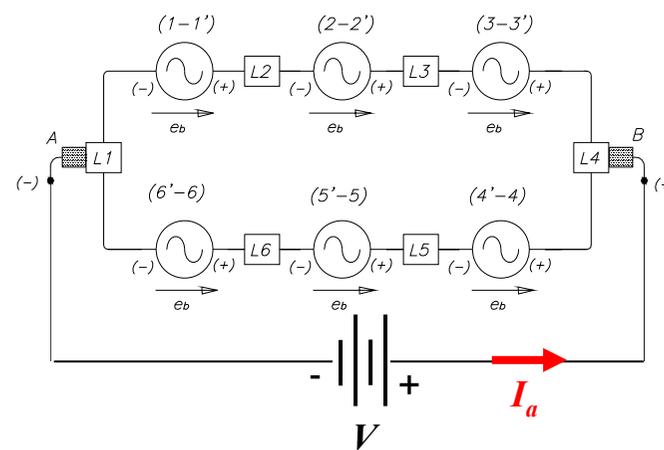
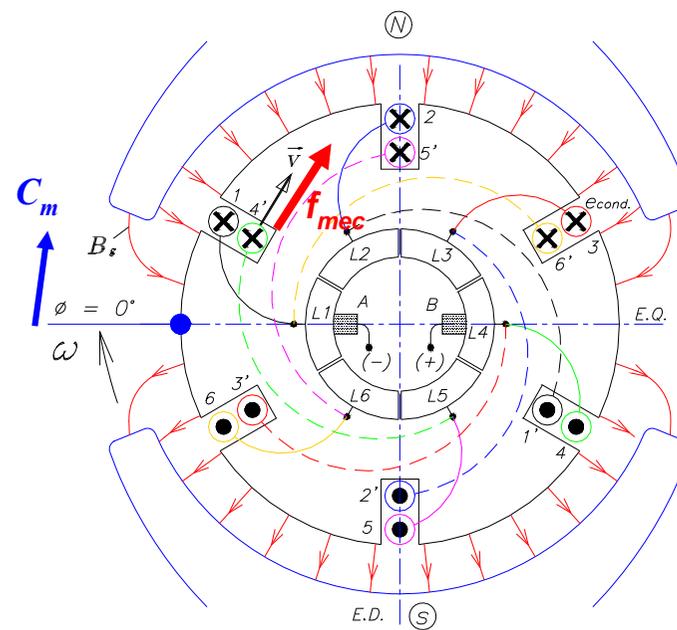


CIRCUITO ELÉTRICO E TENSÃO ENTRE ESCOVAS

Duas bobinas em comutação



GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA

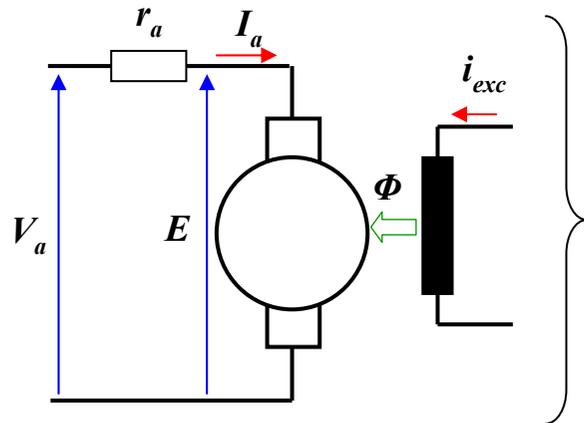


MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

**EFEITO DA
CORRENTE NOS
CONDUTORES
DE ARMADURA**

**2ª EQUAÇÃO
FUNDAMENTAL
DA MÁQUINA C.C.**

$$C = k \cdot \phi \cdot I_a$$

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CARACTERÍSTICAS EXTERNAS**EQUAÇÕES FUNDAMENTAIS DA MÁQUINA C.C.**

→ F.E.M. INDUZIDA NA ARMADURA : $E = k \cdot \phi \cdot \omega$

→ CONJUGADO DESENVOLVIDO : $C = k \cdot \phi \cdot I_a$

→ EQUAÇÃO DO CIRCUITO ELÉTRICO : $V_a = E + r_a \cdot I_a$

r_a : RESISTÊNCIA TOTAL DO CIRCUITO DE ARMADURA

$\Phi = f(i_{exc})$: FLUXO IMPOSTO PELA EXCITAÇÃO

$$k = \frac{Z_a \cdot p}{2\pi \cdot a} \left\{ \begin{array}{l} Z_a : \text{CONDUTORES TOTAIS DA ARMADURA} \\ p : \text{NÚMERO DE PARES DE PÓLOS} \\ a : \text{NÚMERO DE PARES DE DERIVAÇÕES} \end{array} \right.$$

CARACTERÍSTICA EXTERNA → $\omega = f(C)$

→ CURVAS DISTINTAS DEPENDENDO DO TIPO DE CONEXÃO DE CAMPO ADOTADA:

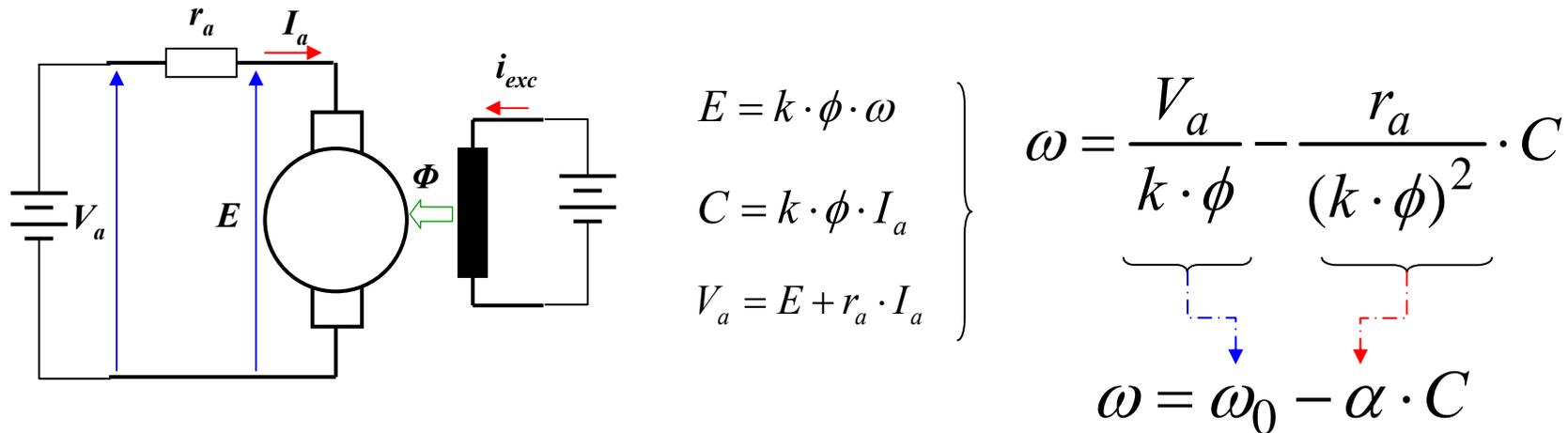
→ LIGAÇÃO DE CAMPO INDEPENDENTE

→ LIGAÇÃO DE CAMPO SÉRIE

→ LIGAÇÃO DE CAMPO COMPOSTA (“COMPOUND”)

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CARACTERÍSTICAS EXTERNAS

LIGAÇÃO DE CAMPO INDEPENDENTE → FONTES INDEPENDENTES P/ ALIMENTAÇÃO DE ARMADURA E CAMPO
→ FONTES INDIVIDUALMENTE CONTROLADAS / AJUSTADAS



CURVAS CARACTERÍSTICAS → RETAS COM CONSTANTE ω_0 E DECLIVIDADE α

ω_0 : VELOCIDADE EM VAZIO (SEM CARGA) - α : DEFINE A REGULAÇÃO DE VELOCIDADE COM O TORQUE

CONTROLE DE VELOCIDADE POR DUAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES → V_a E i_{exc}

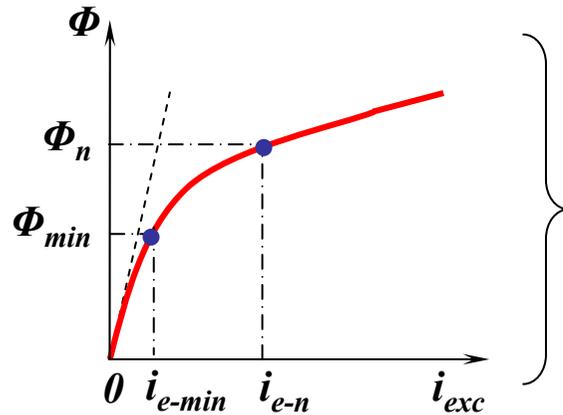
→ REVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO → INVERSÃO DE ALIMENTAÇÃO DO CAMPO OU DA ARMADURA

→ GRANDE CONTROLABILIDADE DO MOTOR

→ AMPLA FAIXA DE VELOCIDADE DE OPERAÇÃO

LIGAÇÃO DE CAMPO INDEPENDENTE → **VARIAÇÃO DE VELOCIDADE PELA ARMADURA** ($i_{exc} = cte.$)

→ **VARIAÇÃO DE VELOCIDADE PELO CAMPO** ($V_a = cte.$)



FLUXO IMPOSTO PELA EXCITAÇÃO → **CARACTERÍSTICA DE MAGNETIZAÇÃO NÃO LINEAR**

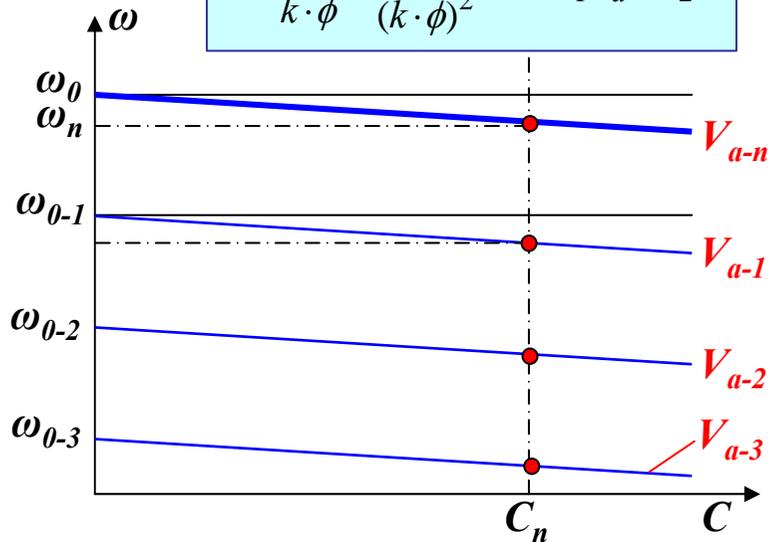
$i_{e-n} \rightarrow \Phi_n$ FLUXO NOMINAL DE TRABALHO → LIMITE DE SATURAÇÃO

$i_{e-min} \rightarrow \Phi_{min}$ FLUXO MÍNIMO → LIMITE DE DISPARO DA MÁQUINA C.C.

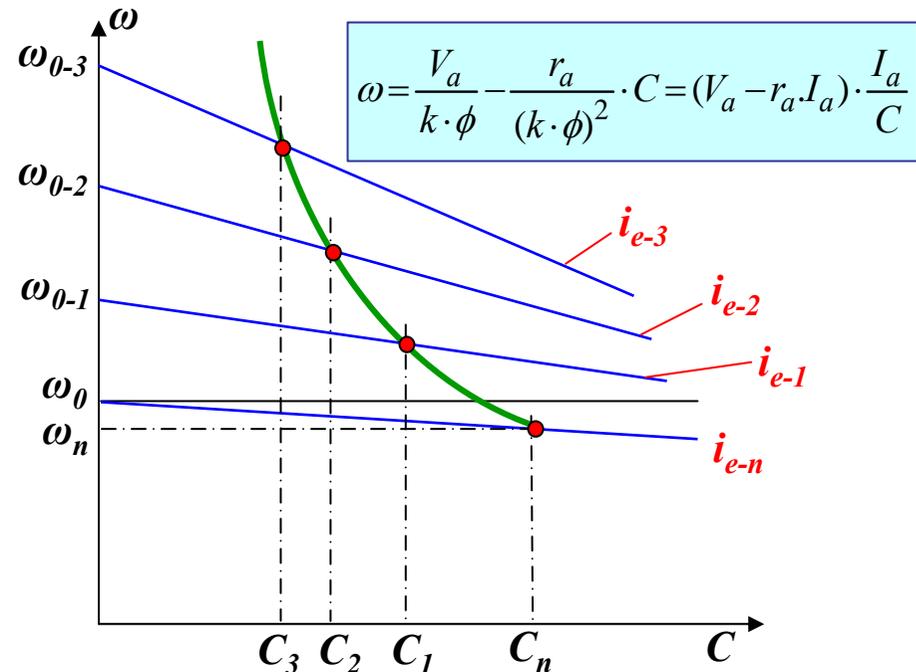
OPERAÇÃO A FLUXO CONSTANTE: $i_{exc} = cte. \rightarrow i_{exc} = i_{e-n}$

OPERAÇÃO A FLUXO VARIÁVEL: $i_{e-min} < i_{exc} < i_{e-n}$

$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C = k_1 \cdot V_a - k_2 \cdot C$$



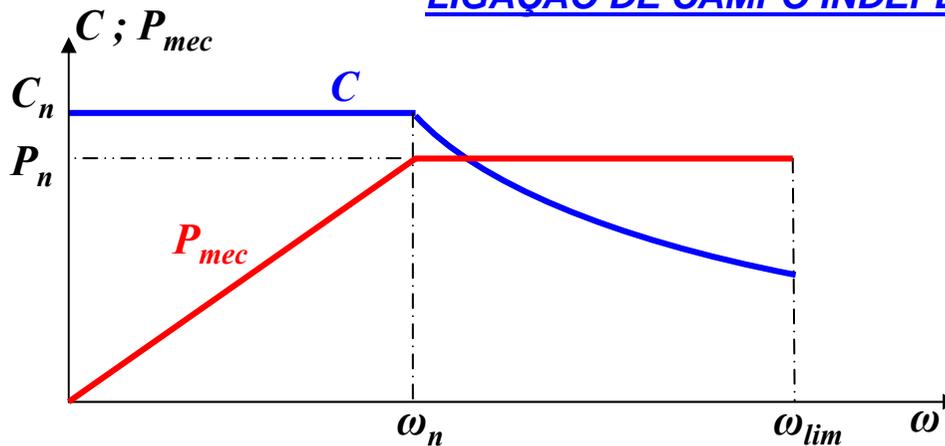
VARIAÇÃO PELA ARMADURA: $\Phi = cte.$



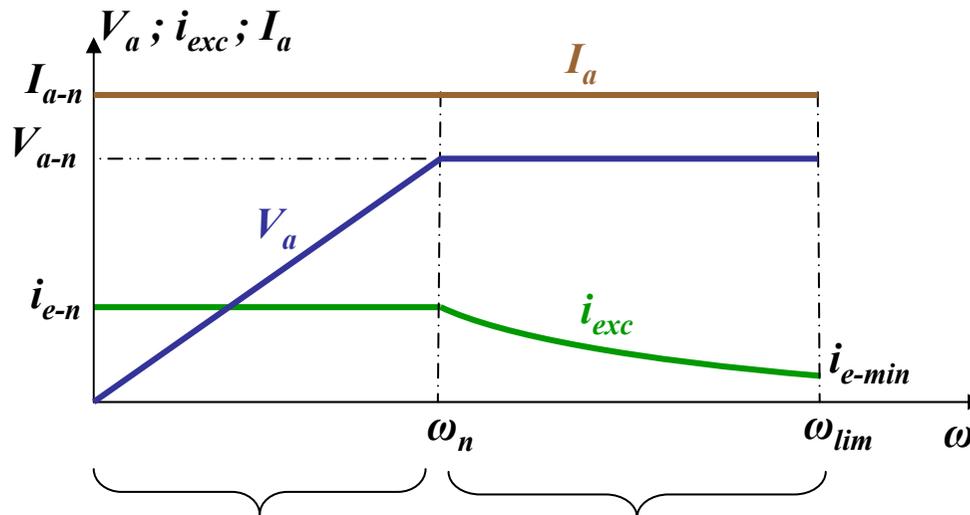
$$\omega = \frac{V_a}{k \cdot \phi} - \frac{r_a}{(k \cdot \phi)^2} \cdot C = (V_a - r_a \cdot I_a) \cdot \frac{I_a}{C}$$

VARIAÇÃO PELO CAMPO: $V_a = cte.$

LIGAÇÃO DE CAMPO INDEPENDENTE



PLANO DE OPERAÇÃO DO MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA COM EXCITAÇÃO INDEPENDENTE



EXCURSÃO DAS VARIÁVEIS DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR C.C. COM EXCITAÇÃO INDEPENDENTE



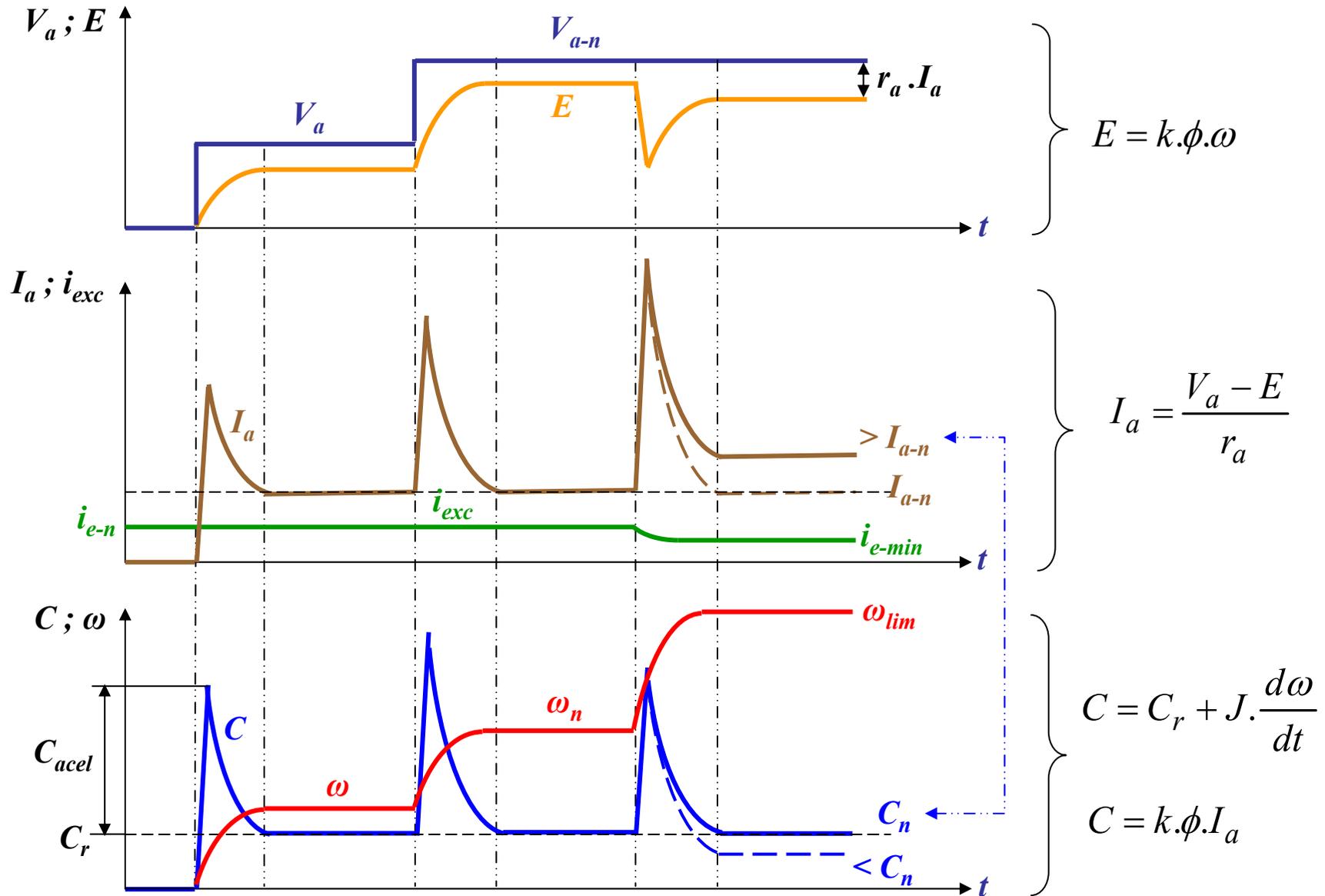
VARIAÇÃO PELA ARMADURA
A TORQUE CONSTANTE

$$C = cte. - P_{mec} = k. \omega$$

VARIAÇÃO PELO CAMPO
A POTÊNCIA CONSTANTE

$$C = k. 1/\omega - P_{mec} = cte.$$

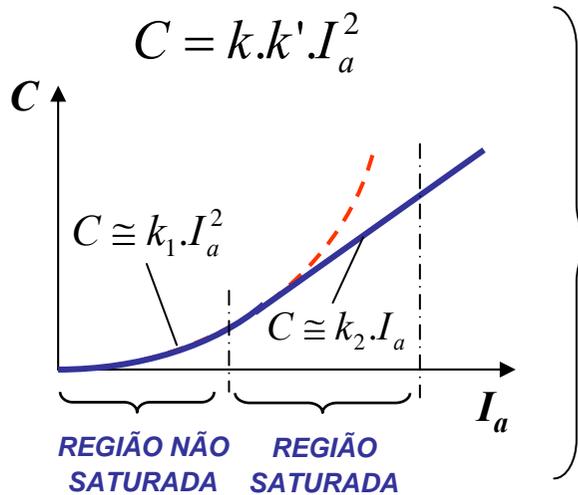
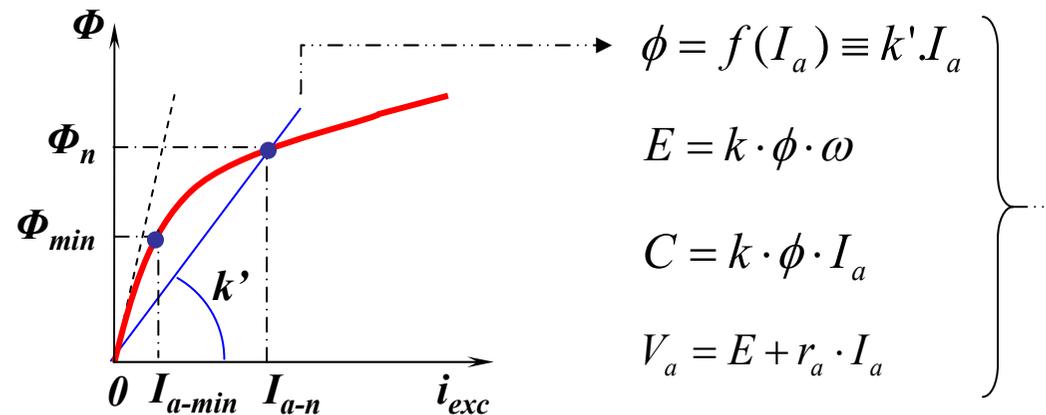
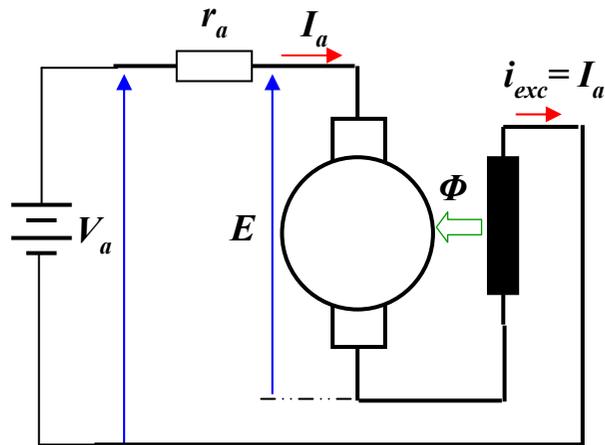
MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA COM CAMPO INDEPENDENTE → TRANSITÓRIOS DE ACELERAÇÃO



MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CARACTERÍSTICAS EXTERNAS

LIGAÇÃO DE CAMPO SÉRIE → **FONTE ÚNICA P/ ALIMENTAÇÃO DE ARMADURA E CAMPO**

→ **EXCITAÇÃO PROVIDA PELA PRÓPRIA CORRENTE DE CARGA**



$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k \cdot k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k \cdot k'}$$

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CARACTERÍSTICAS EXTERNAS**LIGAÇÃO DE CAMPO SÉRIE**

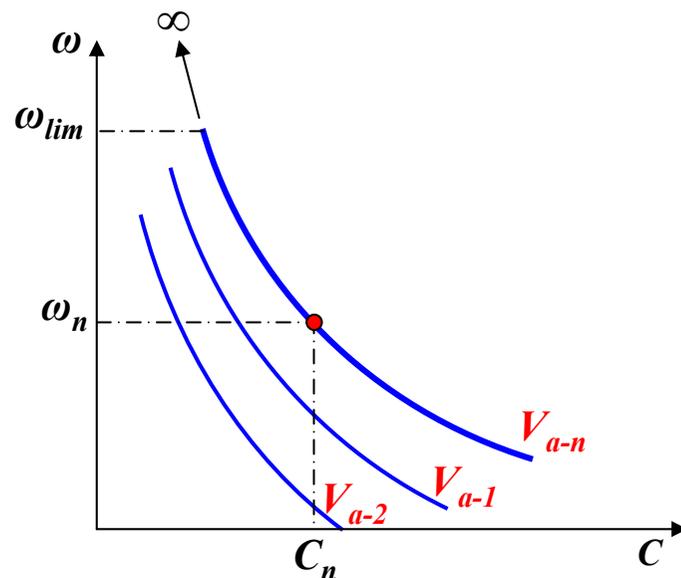
CURVAS CARACTERÍSTICAS → “HIPÉRBOLES” PARAMETRIZADAS PELA TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO

SEM CARGA : $C \rightarrow 0$ → VELOCIDADE EM VAZIO : $\omega_0 \rightarrow \infty$

CONTROLE DE VELOCIDADE POR UMA ÚNICA VARIÁVEL INDEPENDENTE → V_a

→ ELEVADA REGULAÇÃO INERENTE DE VELOCIDADE DO MOTOR

→ REVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO → INVERSÃO DA BOBINA DE CAMPO EM RELAÇÃO À ARMADURA



$$\omega = \frac{V_a}{\sqrt{k.k'}} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} - \frac{r_a}{k.k'}$$

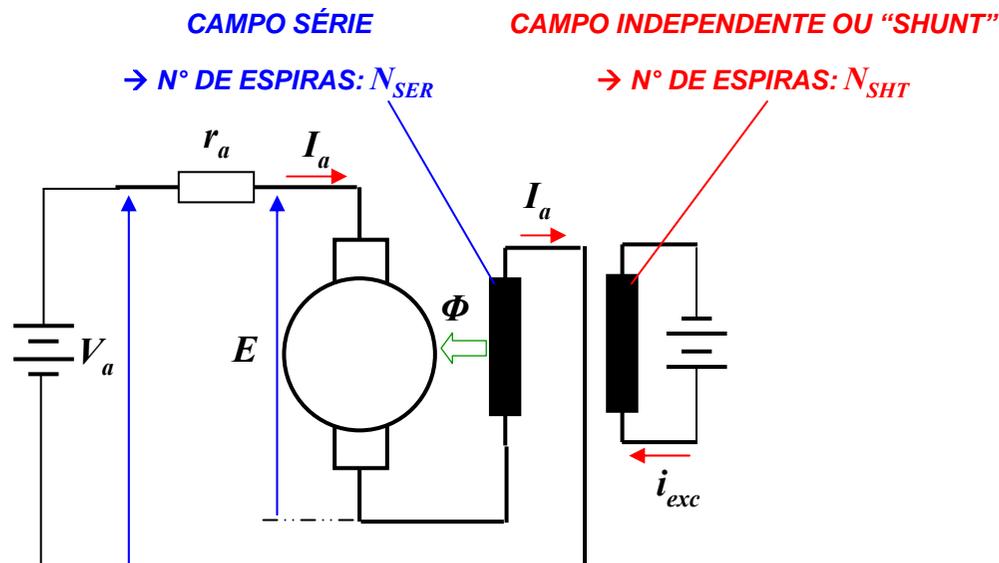
$$\omega = 0 \Rightarrow C = C_p = k.k' \cdot \left(\frac{V_a}{r_a} \right)^2 \left. \vphantom{\omega = 0} \right\} \text{ CONJUGADO DE PARTIDA}$$

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA: CARACTERÍSTICAS EXTERNAS

LIGAÇÃO DE CAMPO COMPOSTA (“COMPOUND”)

→ FONTES INDEPENDENTES PARA ALIMENTAÇÃO DE ARMADURA E P/ ALIMENTAÇÃO DE PARCELA DO CAMPO

→ EXCITAÇÃO PROVIDA PARCIALMENTE PELA CORRENTE DE CARGA E PARCIALMENTE POR FONTE INDEPENDENTE



FLUXO NO ENTREFERRO ESTABELECIDO
PELA EXCITAÇÃO TOTAL:

$$Fmm_{TOT} = Fmm_{SER} + Fmm_{SHT}$$

$$Fmm_{TOT} = N_{SER} \cdot I_a + N_{SHT} \cdot i_{exc}$$

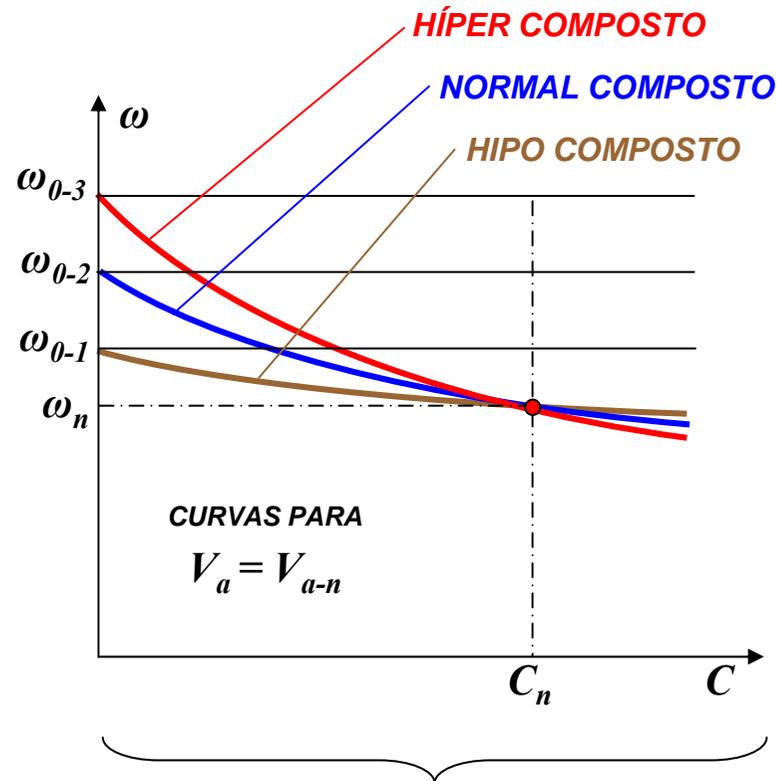
$$\frac{Fmm_{SER}}{Fmm_{TOT}} = k_{CPD}$$

k_{CPD} : GRAU DE COMPOSIÇÃO (“COMPOUNDAGEM”) DO CAMPO

$0,05 < k_{CPD} < 0,10 \rightarrow$ HIPO COMPOSTO

$0,10 < k_{CPD} < 0,20 \rightarrow$ NORMAL COMPOSTO

$0,20 < k_{CPD} < 0,50 \rightarrow$ HÍPER COMPOSTO

LIGAÇÃO DE CAMPO COMPOSTA (“COMPOUND”)

MOTOR COMPOSTO → OPERA SEM DIFICULDADE EM VAZIO OU BAIXA CARGA
→ REGULAÇÃO ELEVADA DE VELOCIDADE

CAMPO SÉRIE E SHUNT SEMPRE ADITIVOS

CAMPO SÉRIE PROMOVE REFORÇO DE EXCITAÇÃO COM A CARGA

MOTOR COMPOSTO → CONTROLADO DE FORMA SIMILAR AO INDEPENDENTE

APLICAÇÕES SIMILARES AO INDEPENDENTE, SUJEITAS A SOBRECARGAS MAIS SEVERAS

REVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO:

INVERSÃO DA ARMADURA EM RELAÇÃO À BOBINA DE CAMPO SÉRIE – POLARIDADE DA BOBINA SHUNT INALTERADA

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA – ASPECTOS OPERACIONAIS ESPECÍFICOS**COMUTAÇÃO :**

→ **CENTELHAMENTO INERENTE NO SISTEMA ESCOVAS + COMUTADOR NA REVERSÃO DE CORRENTE DAS BOBINAS DE ARMADURA**

→ **PROVOCA EROÇÃO E DESGASTE ACENTUADO DA SUPERFÍCIE DO COMUTADOR**

EFEITO DOS PÓLOS AUXILIARES → POSSIBILITA REDUÇÃO / ELIMINAÇÃO DO CENTELHAMENTO → VIABILIZA A OPERAÇÃO DO MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA E PERMITE LONGA VIDA ÚTIL

REAÇÃO DE ARMADURA : (CAMPO MAGNÉTICO CRIADO PELA CIRCULAÇÃO DE CORRENTE NA ARMADURA)

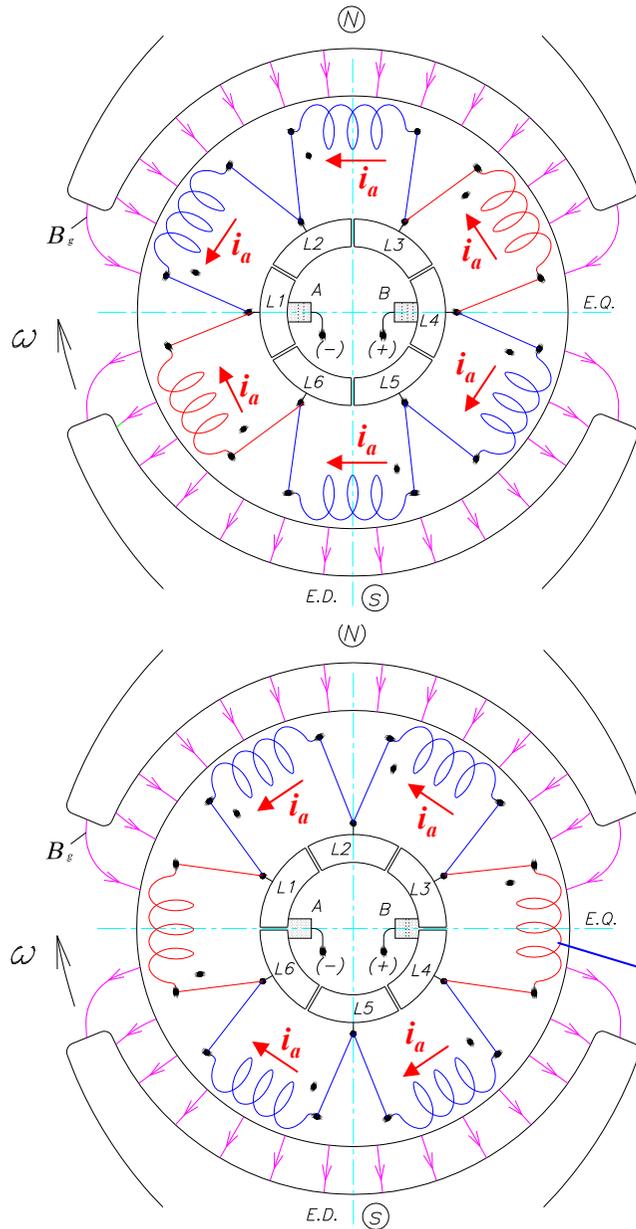
→ **DISTORÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CAMPO NO ENTREFERRO DA MÁQUINA, QUANDO EM CARGA**

→ **PROVOCA INSTABILIDADE DE ROTAÇÃO (DESMAGNETIZAÇÃO SOB CARGA – E.D.R.A.)**

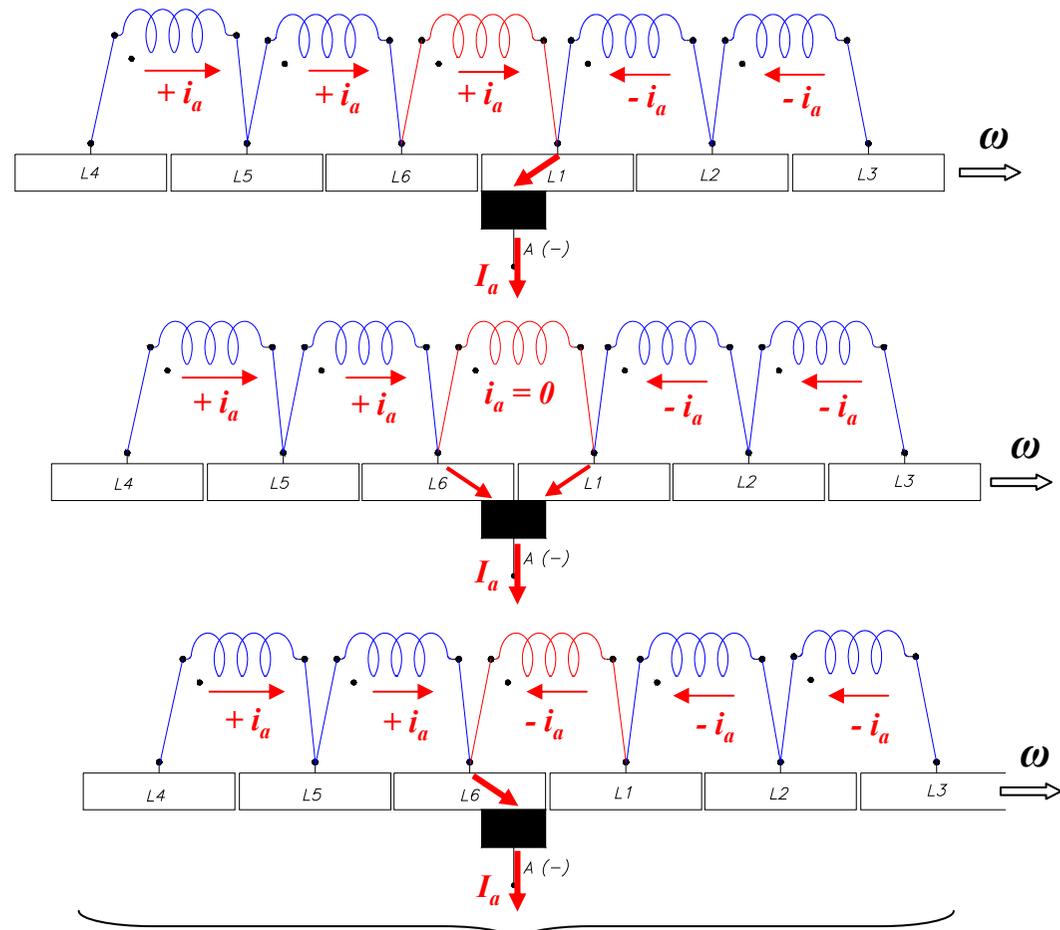
→ **PROVOCA DESEQUILÍBRIO NA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES AO LONGO DO COMUTADOR, EM CARGA → PODE LEVAR AO ARCO ELÉTRICO ENTRE ESCOVAS (“FLASH-OVER”)**

EFEITO DO ENROLAMENTO DE COMPENSAÇÃO → INIBE A DISTORÇÃO DE CAMPO → PERMITE OPERAÇÃO COM REGIME DE ELEVADA DINÂMICA E VARIAÇÃO PELO CAMPO EM AMPLA FAIXA

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA - PRINCÍPIOS BÁSICOS DA COMUTAÇÃO



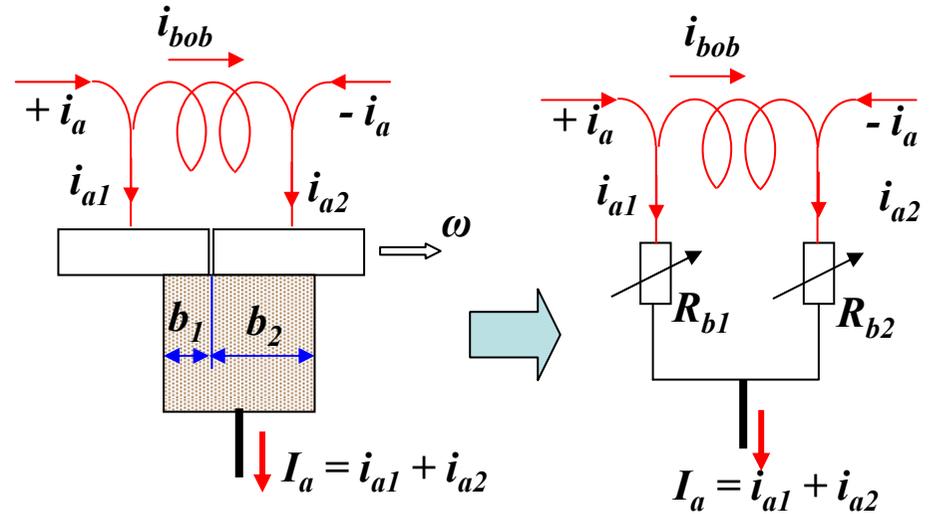
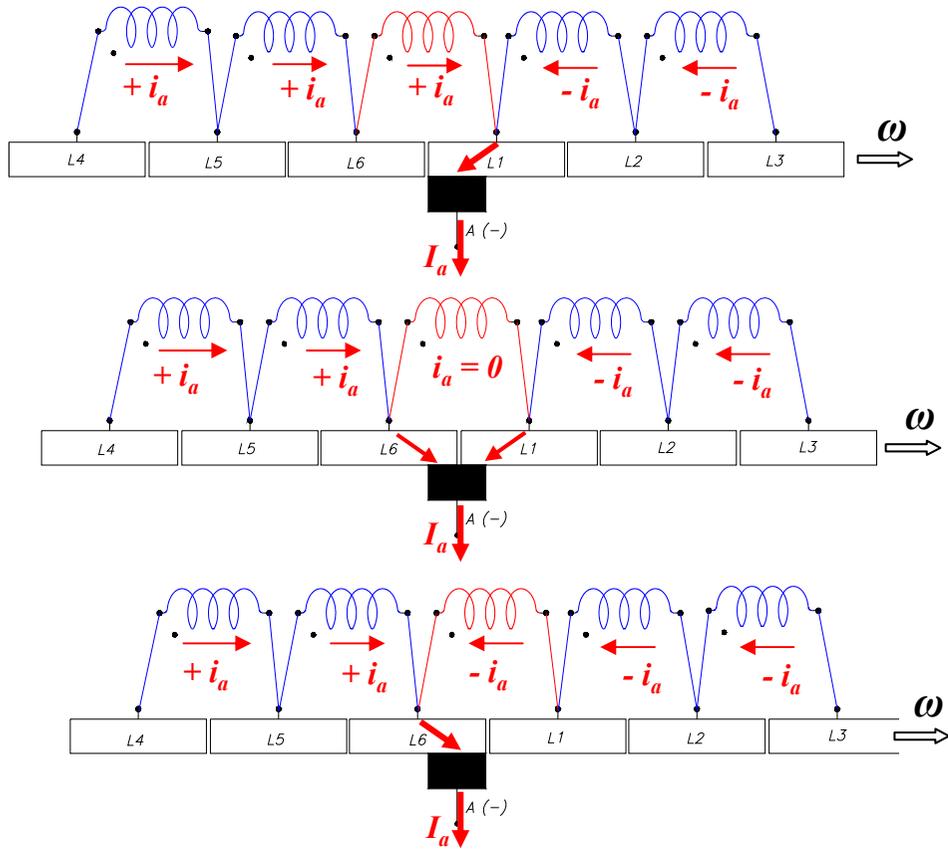
**BOBINA EM
COMUTAÇÃO
CURTO-CIRCUITO
PELA ESCOVA**



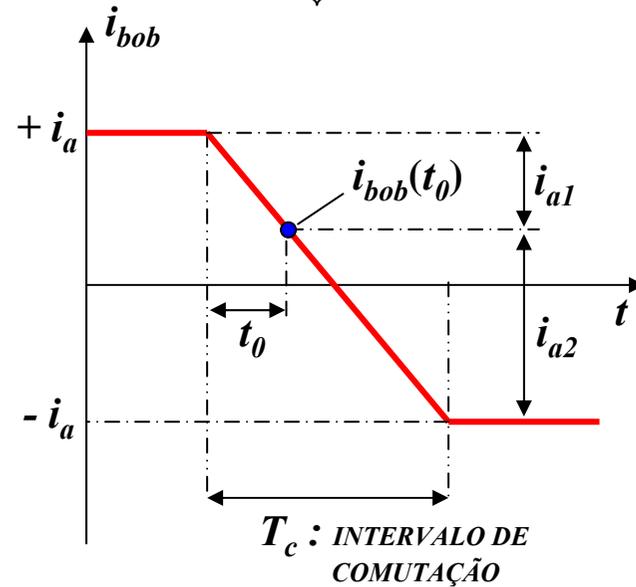
**CORRENTE NAS BOBINAS É INVERTIDA NA
PASSAGEM PELO E.Q.**

**→ VARIAÇÃO DA CORRENTE NO TEMPO
DURANTE O PROCESSO DE COMUTAÇÃO**

VARIAÇÃO DA CORRENTE NA BOBINA DE ARMADURA DURANTE A COMUTAÇÃO



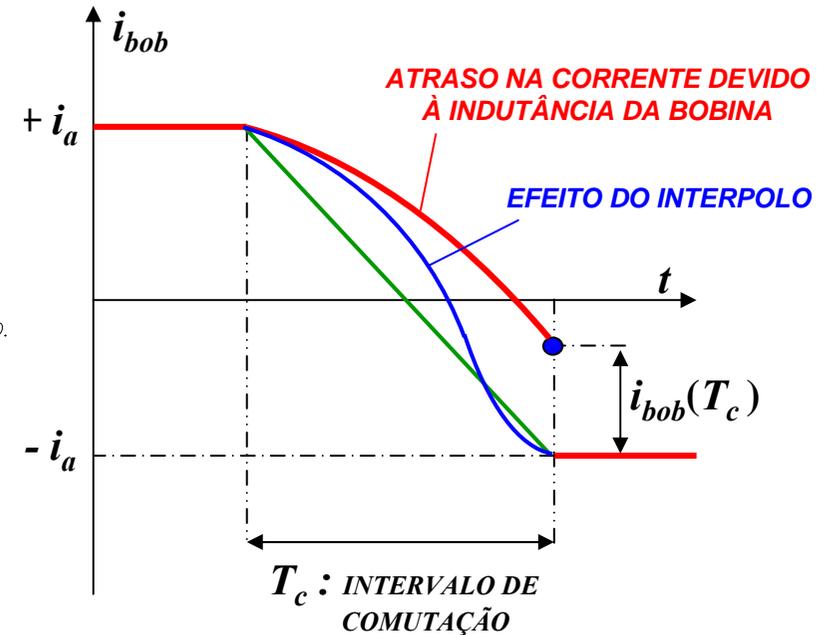
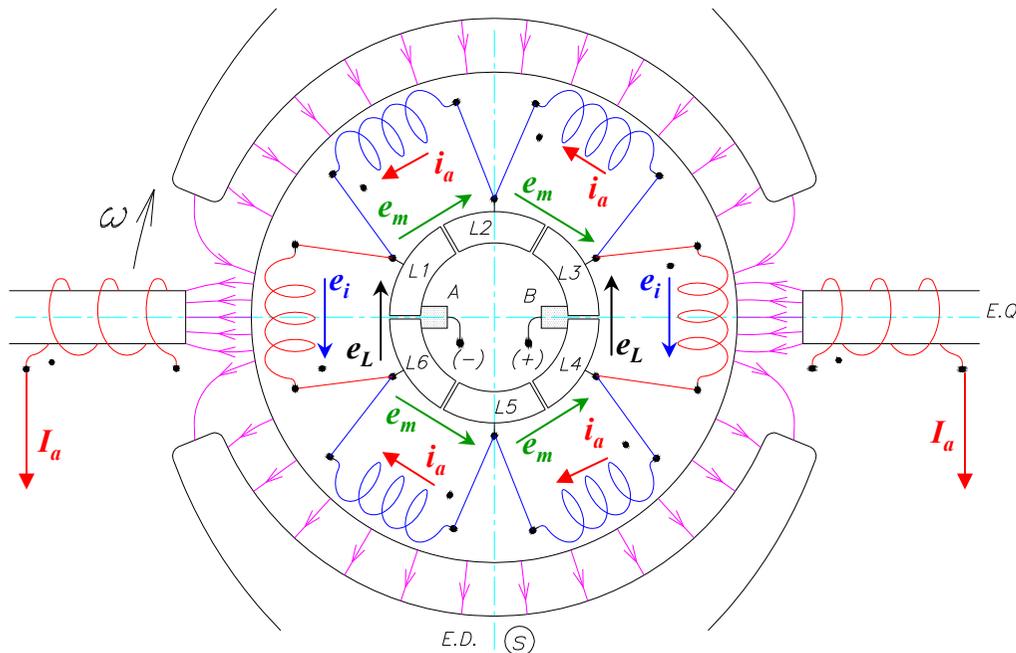
$$R_{b1} = k \cdot (1/b_1) ; R_{b2} = k \cdot (1/b_2)$$



COMUTAÇÃO RESISTIVA OU LINEAR

→ VARIAÇÃO DA CORRENTE NA BOBINA DETERMINADA PELA RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DO CONTATO: ESCOVA + LÂMINA DO COMUTADOR

COMUTAÇÃO NÃO LINEAR → AÇÃO DOS PÓLOS DE COMUTAÇÃO (PÓLOS AUXILIARES OU INTERPOLOS)



EFEITO DO INTERPOLO:

- TENSÃO INDUZIDA MOTOCIONAL: $e_i = B_{int} \cdot L \cdot v$
- B_{int} : CAMPO PRODUZIDO PELO INTERPOLO
- TENSÃO INDUZIDA: $e_i = -e_L$
- ACELERAÇÃO NA VARIAÇÃO DA CORRENTE
- INTERPOLO EM SÉRIE COM A ARMADURA
- EFEITO OCORRE EM QUALQUER CONDIÇÃO DE CARGA

INDUTÂNCIA DA BOBINA NÃO NULA :

- TENSÃO INDUZIDA VARIACIONAL: $e_L = L \cdot di / dt$
- ATRASO NA VARIAÇÃO DA CORRENTE
- AO FINAL DO TEMPO DE COMUTAÇÃO: $i_{bob} \neq -i_a$
- CIRCUITO DA BOBINA ABERTO MECANICAMENTE
- **CENTELHAMENTO** (TENSÃO INDUZIDA NA ABERTURA DO CIRCUITO > QUEDA DE TENSÃO NO CONTATO DA ESCOVA COM A LÂMINA)

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA - EFEITOS DA REAÇÃO DE ARMADURA

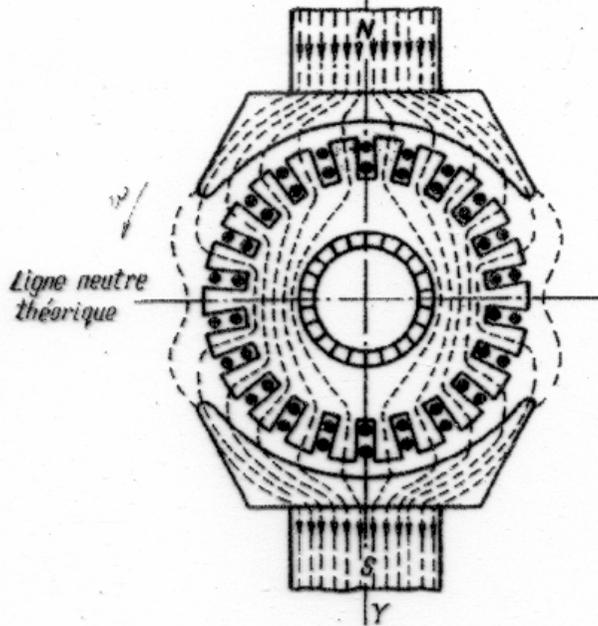


Fig. 4-1. Champ principal

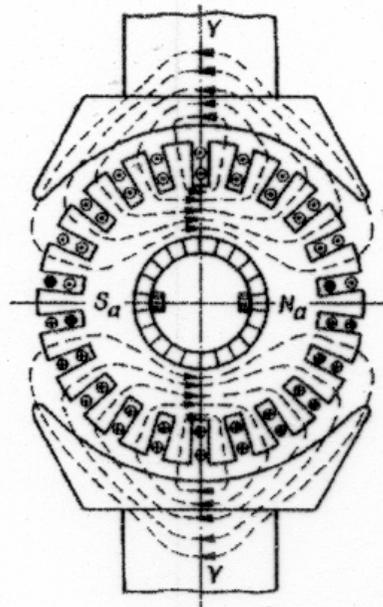


Fig. 4-2. Champ d'induit

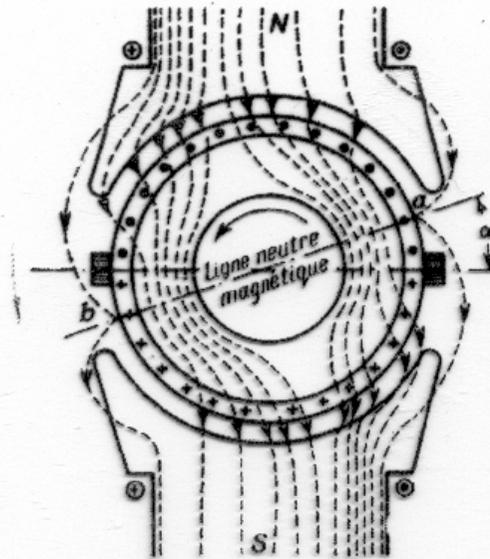
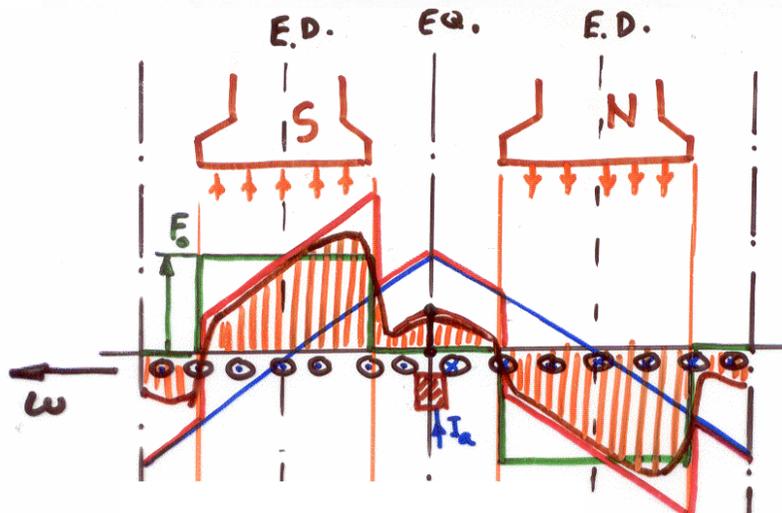


Fig. 4-8. Répartition du champ magnétique résultant, les balais se trouvant sur la ligne neutre théorique



REAÇÃO DE ARMADURA → CAMPO MAGNÉTICO CRIADO PELA CIRCULAÇÃO DE CORRENTES NO ENROLAMENTO DO ROTOR

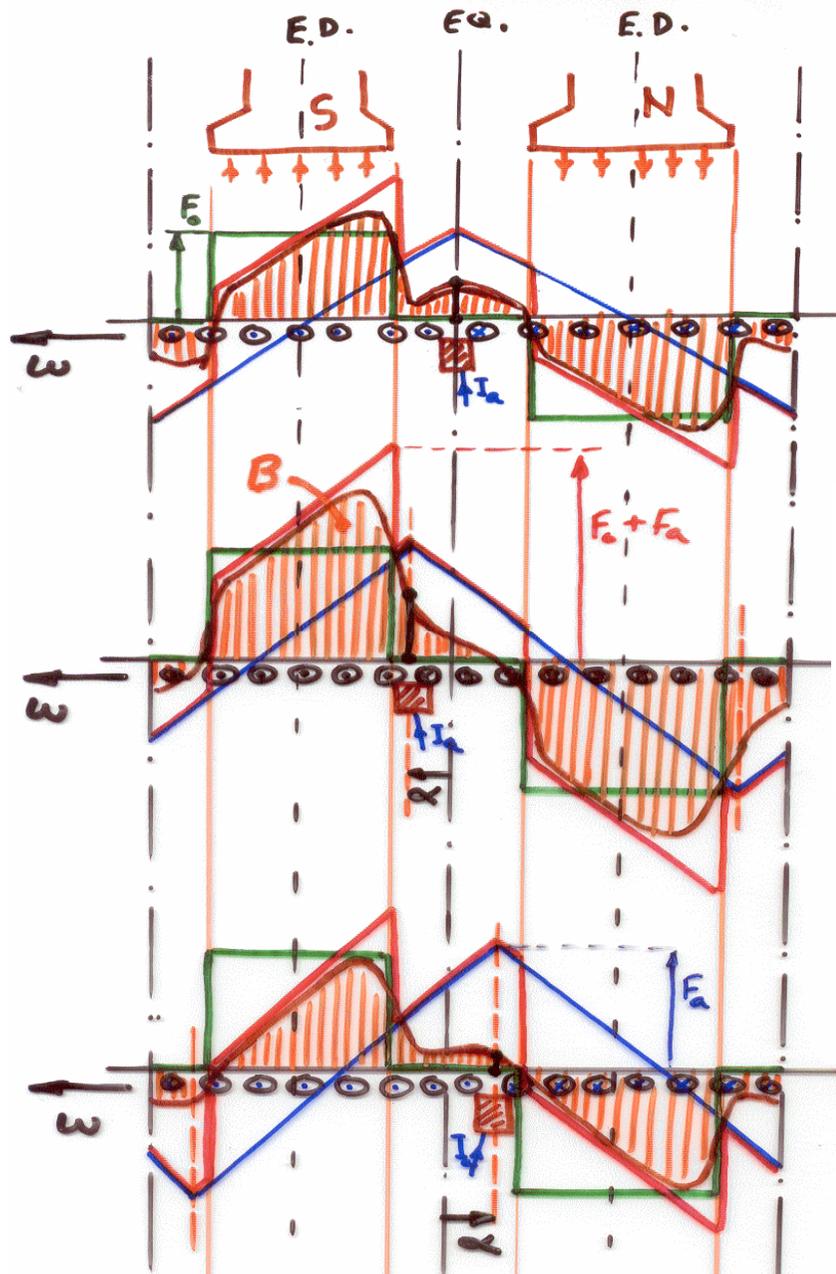
COMPOSIÇÃO DA REAÇÃO DE ARMADURA COM O CAMPO PRINCIPAL

→ DISTORÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO NO ENTREFERRO

EFEITO DA DISTORÇÃO DE CAMPO : SATURAÇÃO

LOCALIZADA NO MATERIAL FERROMAGNÉTICO

→ DESMAGNETIZAÇÃO SOB CARGA (E.D.R.A.)



EFEITOS ADICIONAIS
DA REAÇÃO DE
ARMADURA



ESCOVAS NA LINHA
NEUTRA

→ CALAGEM NULA

ESCOVAS DESLOCADAS NO
SENTIDO DA ROTAÇÃO

→ CALAGEM POSITIVA

→ COMUTAÇÃO ATRASADA

ESCOVAS DESLOCADAS NO
SENTIDO CONTRÁRIO AO
DA ROTAÇÃO

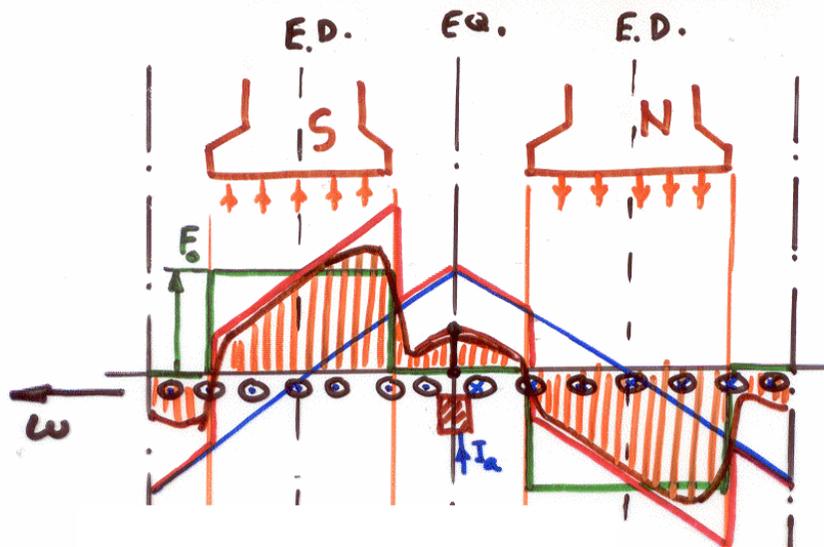
→ CALAGEM NEGATIVA

→ COMUTAÇÃO AVANÇADA

EFEITOS DA
CIRCULAÇÃO DE
CORRENTE NOS
CONDUTORES DA
ARMADURA

EFEITOS DA
MUDANÇA NA
POSIÇÃO
RELATIVA
DAS ESCOVAS
(CALAGEM)

EFEITOS ADICIONAIS DA REAÇÃO DE ARMADURA

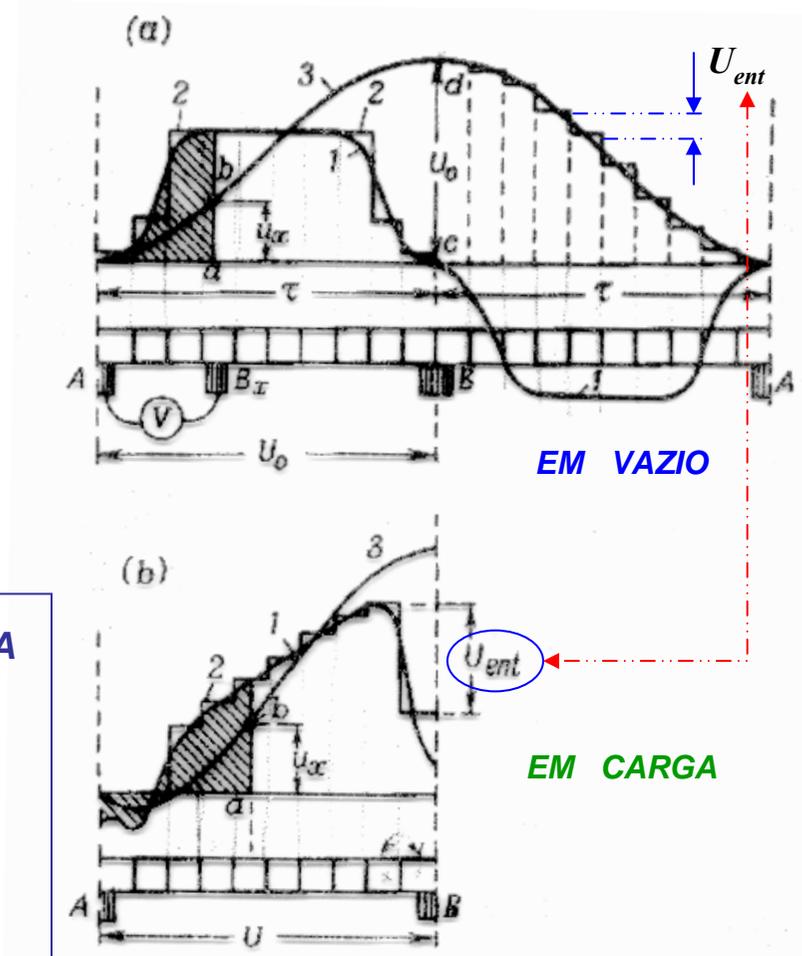


EFEITO DA DISTORÇÃO DE CAMPO EM CARGA SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES ENTRE LÂMINAS DO COMUTADOR:

EM VAZIO → DISTRIBUIÇÃO “UNIFORME”

EM CARGA → DISTRIBUIÇÃO DESEQUILIBRADA

RISCO DE ULTRAPASSAGEM DA TENSÃO DISRUPTIVA PELO AR → ARCO ENTRE ESCOVAS (“FLASH-OVER”)



MÉTODOS DE PARTIDA E VARIAÇÃO DE VELOCIDADE DOS MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

ALIMENTAÇÃO A PARTIR DE FONTE C.A. :

→ **CONVERSORES C.A. – C.C. → RETIFICADORES CONTROLADOS**

OPERAÇÃO EM UM OU DOIS QUADRANTES

OPERAÇÃO EM QUATRO QUADRANTES COM CONVERSORES EM ANTI-PARALELO

→ **GRUPOS MOTOR-GERADOR C.C. → SISTEMA “WARD-LEONARD”**

OPERAÇÃO NATURAL EM QUATRO QUADRANTES

ALIMENTAÇÃO A PARTIR DE FONTE C.C. :

→ **PARTIDA E ACELERAÇÃO REOSTÁTICA**

OPERAÇÃO EM UM OU DOIS QUADRANTES – MÉTODO DISSIPATIVO

→ **RECORTADOR DE TENSÃO – “CHOPPER”**

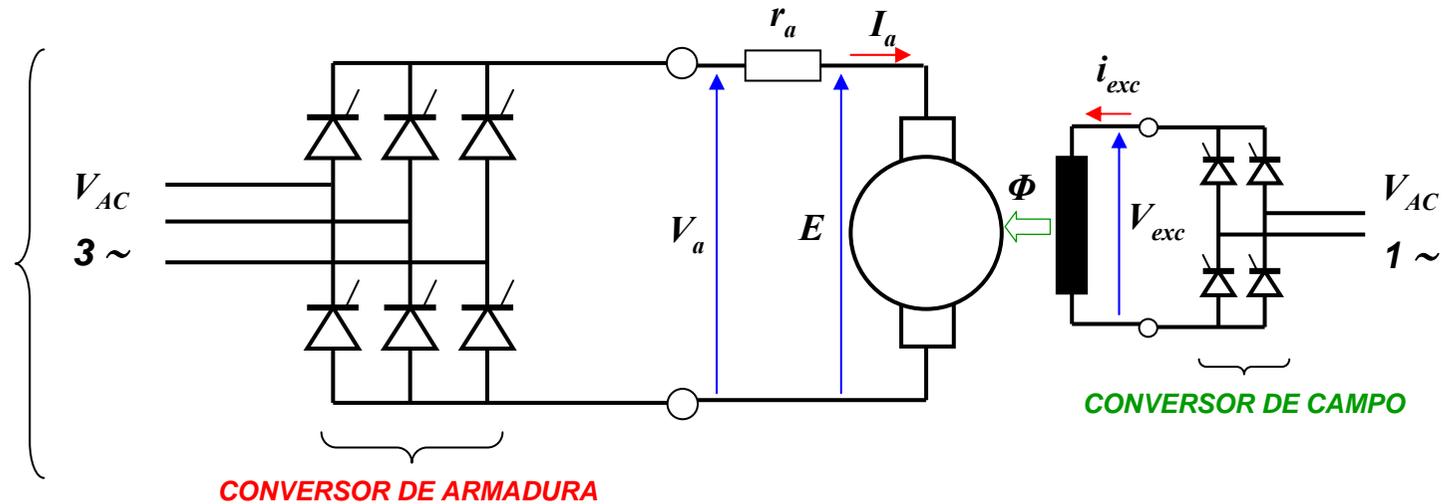
OPERAÇÃO EM UM OU DOIS QUADRANTES

OPERAÇÃO EM QUATRO QUADRANTES COM “CHOPPER” REGENERATIVO

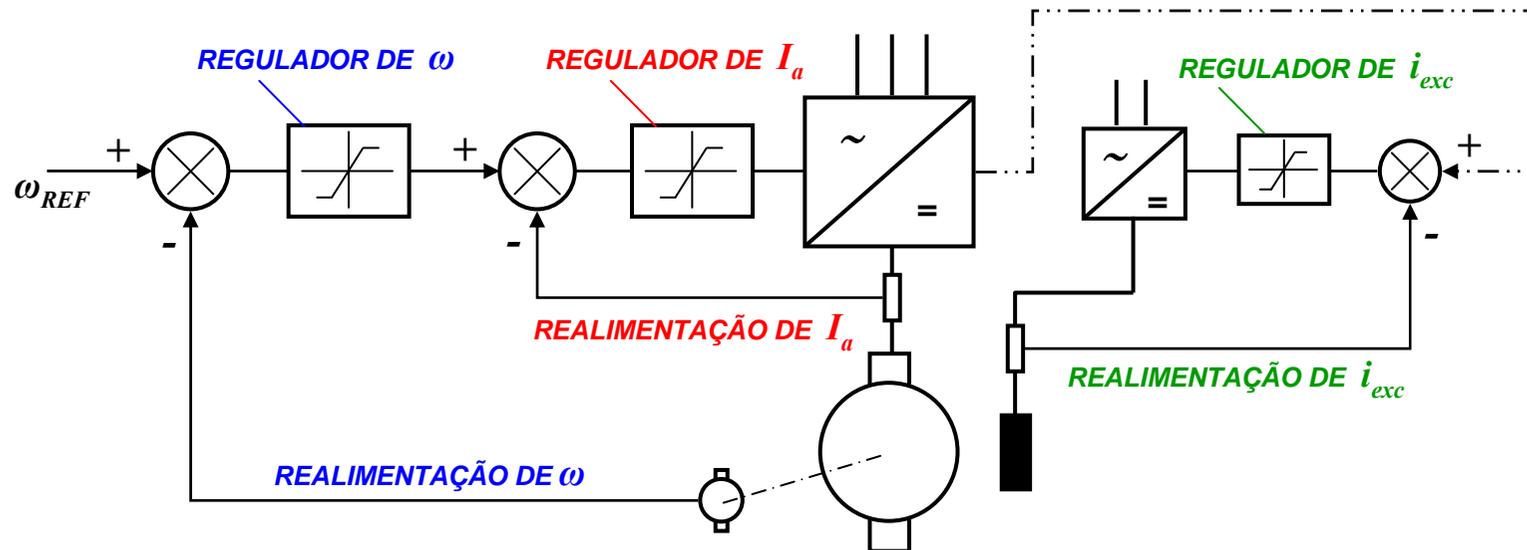
MÉTODOS DE PARTIDA E VARIAÇÃO DE VELOCIDADE DE MOTORES C.C.

CONVERSORES C.A. – C.C. → RETIFICADORES CONTROLADOS BASEADOS EM TIRISTORES

TOPOLOGIA TÍPICA
DE CONVERSOR
DE 1 QUADRANTE

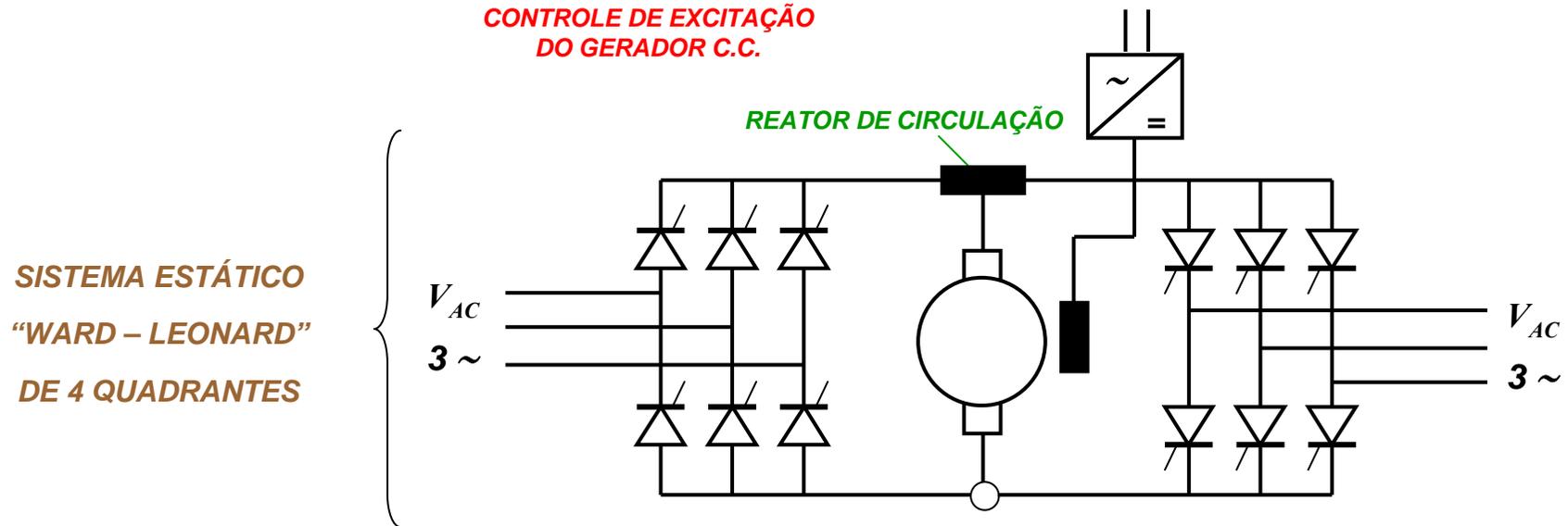
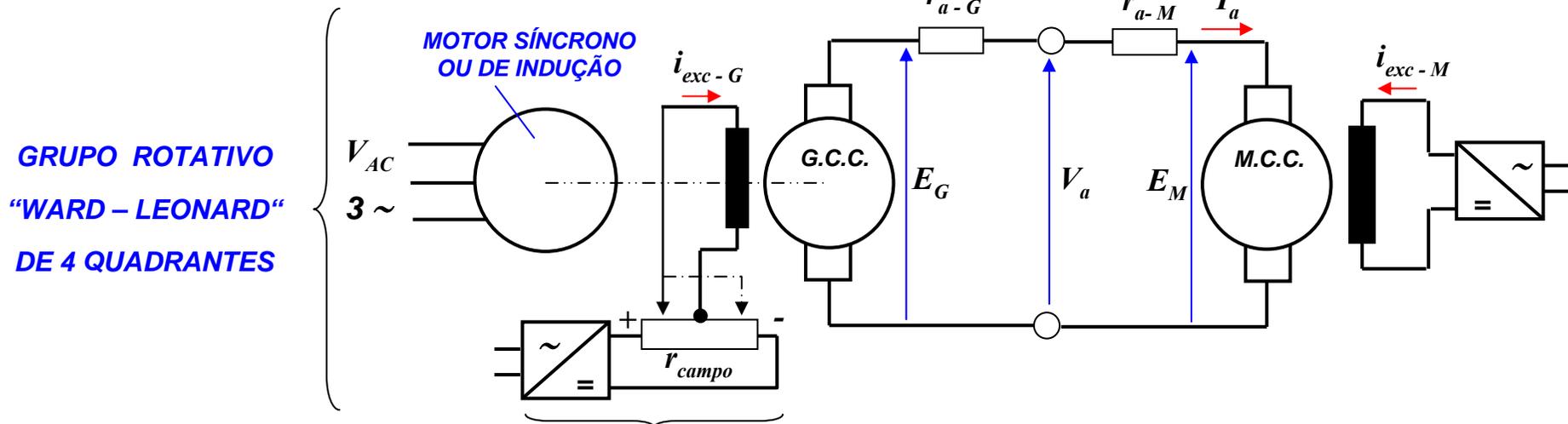


MALHA DE
CONTROLE DE
VELOCIDADE

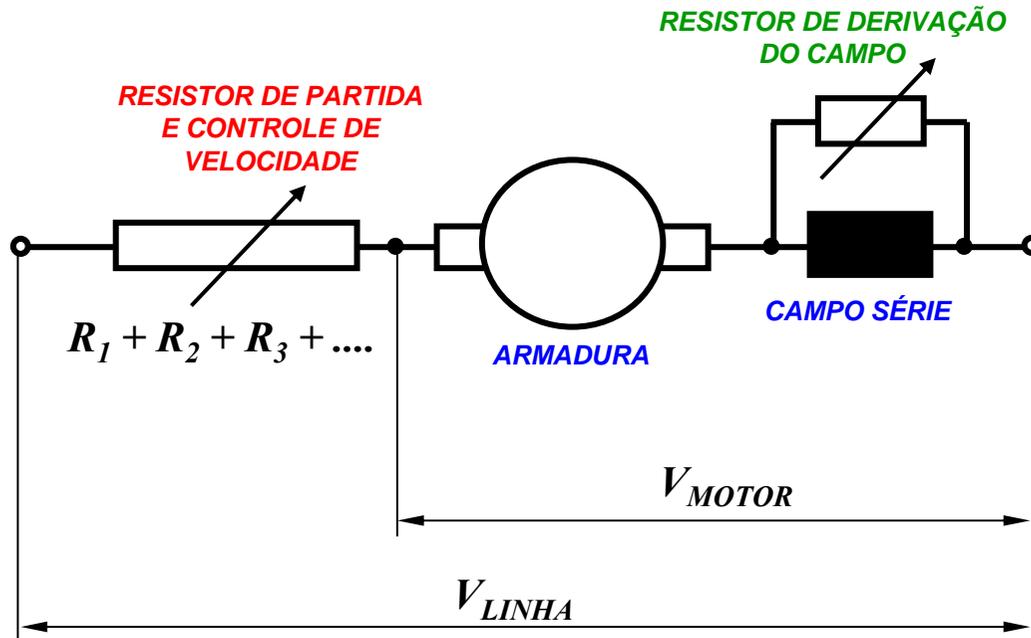


MÉTODOS DE PARTIDA E VARIAÇÃO DE VELOCIDADE DE MOTORES C.C.

GRUPOS MOTOR - GERADOR C.C. → SISTEMAS “WARD – LEONARD”



MÉTODOS DE PARTIDA E VARIAÇÃO DE VELOCIDADE - ALIMENTAÇÃO A PARTIR DE BARRAMENTO C.C.



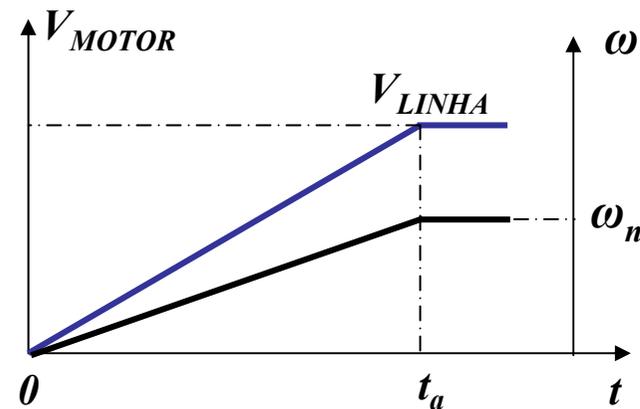
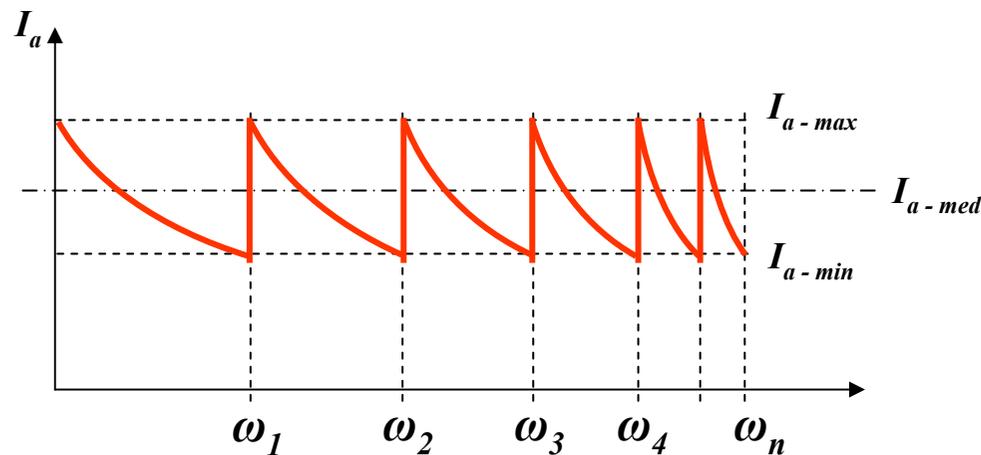
CONTROLE DE PARTIDA E ACELERAÇÃO REOSTÁTICA

$$I_A = \frac{V_{LINHA} - K \cdot \phi \cdot \omega}{r_A + \sum R_i}$$

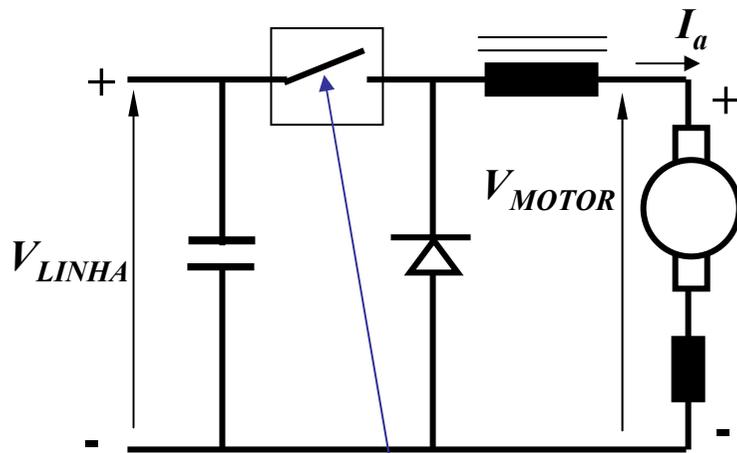
$$I_A = I_{AMED} \cong cte. \Rightarrow C \cong cte.$$

$$C = J \cdot \frac{d\omega}{dt} \cong cte. \Rightarrow \omega = k \cdot t$$

$$E = K \cdot \phi \cdot \omega \Rightarrow V_{MOTOR} \cong E = k \cdot t$$



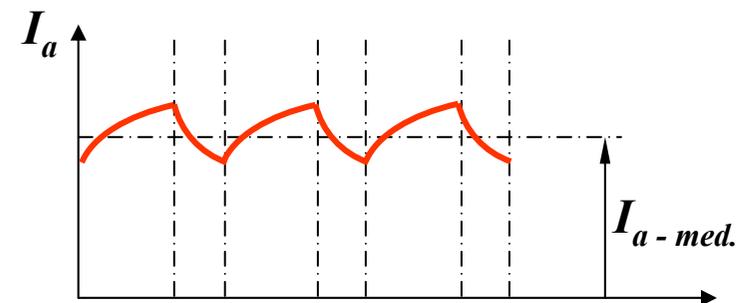
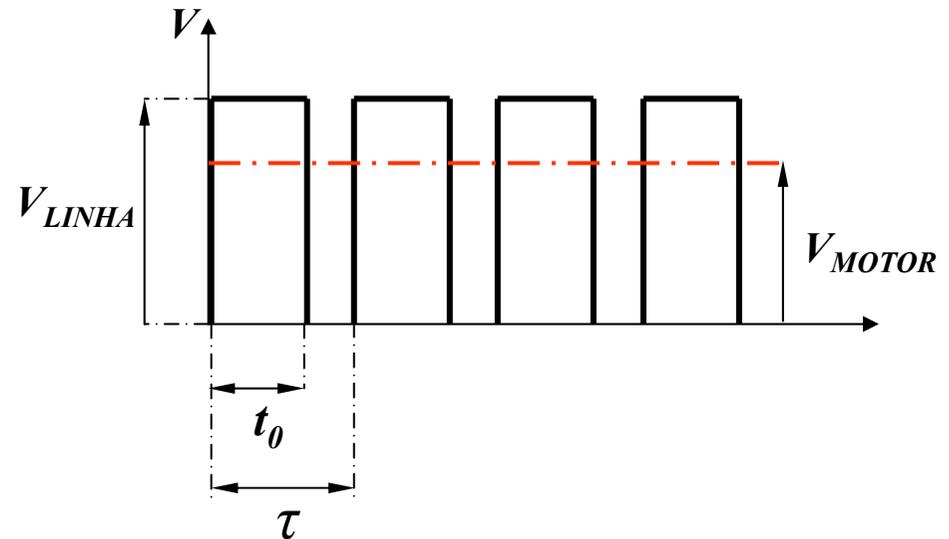
CONTROLE DE PARTIDA E ACELERAÇÃO POR MEIO DE “CHOPPER”



CHAVE ELETRÔNICA

→ SCR → GTO → IGBT

OPERA COM FREQUÊNCIA DE
CHAVEAMENTO FIXA E COM
INTERMITÊNCIA AJUSTÁVEL



FATOR DE INTERMITÊNCIA (“DUTY-CYCLE”)

→ (t_0/τ)

$$V_{MOTOR} = \left(\frac{t_0}{\tau} \right) \cdot V_{LINHA}$$