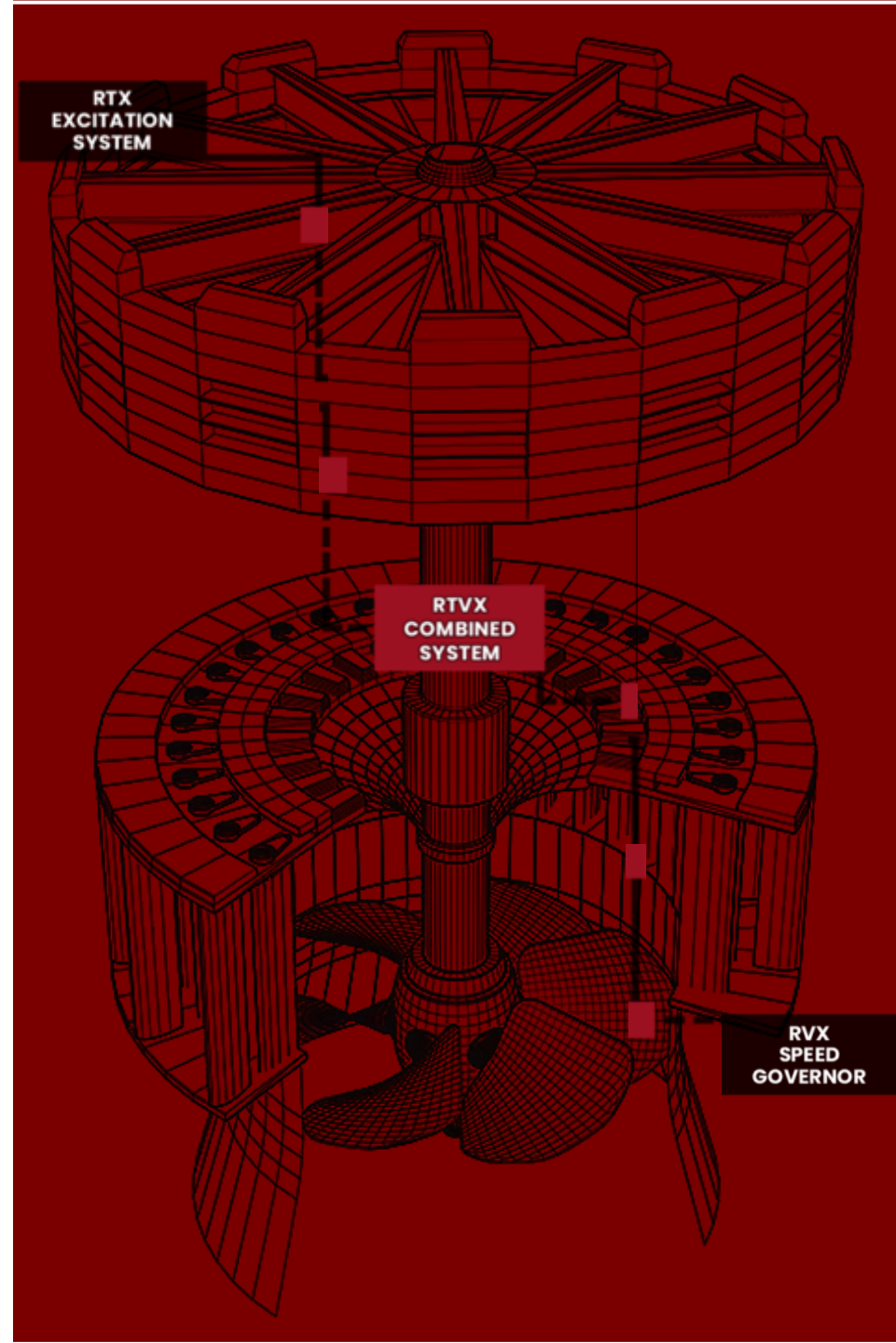


SISTEMAS DE EXCITAÇÃO E REGULADORES DE TENSÃO PARA MÁQUINAS SÍNCRONAS

POR ALÉCIO GRZYBOWSKI JUNIOR



CONTEÚDO

1) Máquinas Síncronas

2) Tipos de Sistemas de Excitação

3) Fundamentos do Controle de Tensão

4) Modos de Controle

5) Resposta Dinâmica

6) Aplicações :

- **Motores:**
 - Túneis de Vento
 - Usinas Elevatórias
- **Compensadores**
 - Subestações
- **Geradores**
 - Termelétricas
 - Hidrelétricas

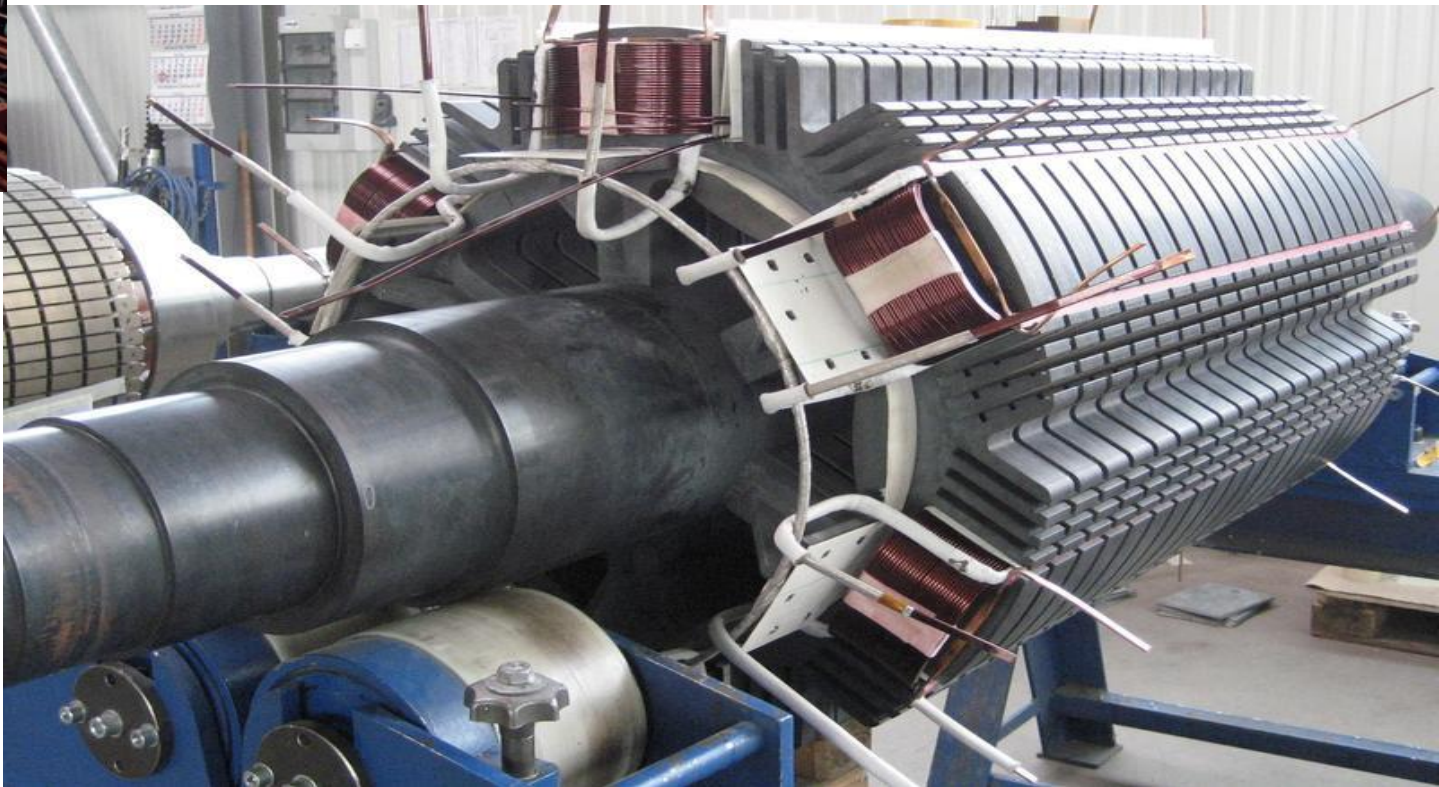
PRIMEIRA PARTE

MÁQUINAS SÍNCRONAS

GERADORES SÍNCRONOS



Fonte: <https://pebinhadeacucar.com.br/belo-monte-realiza-descida-de-rotor-com-12-mil-toneladas/>



Fonte: <https://en.partzsch.de/pol-wheel-windings>

MOTORES SÍNCRONOS

- **Alta Capacidade de Torque**
- **Alto Rendimento**
- **Velocidade Constante**
- **Fator de Potência Controlável**



Fonte: Acervo próprio

COMPENSADORES SÍNCRONOS

- **Aumento da Inércia do Sistema**
- **Compensação de Reativos**
- **Controle de Tensão do Sistema**

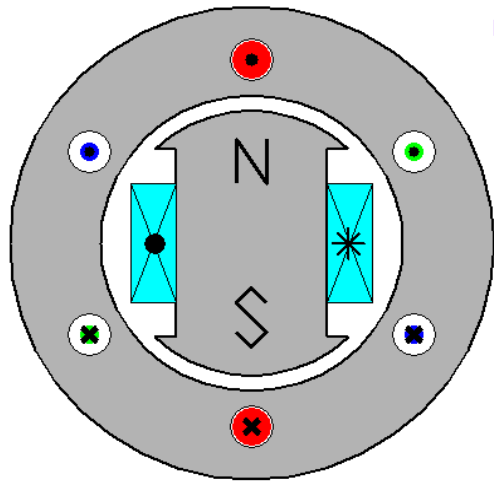


Fonte: Acervo próprio

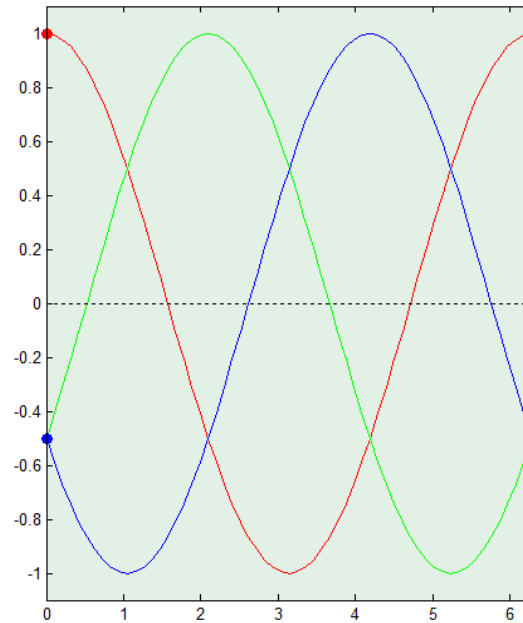


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=F3TUvkI1dTo>

MÁQUINAS SÍNCRONAS



Phase A
Phase B
Phase C



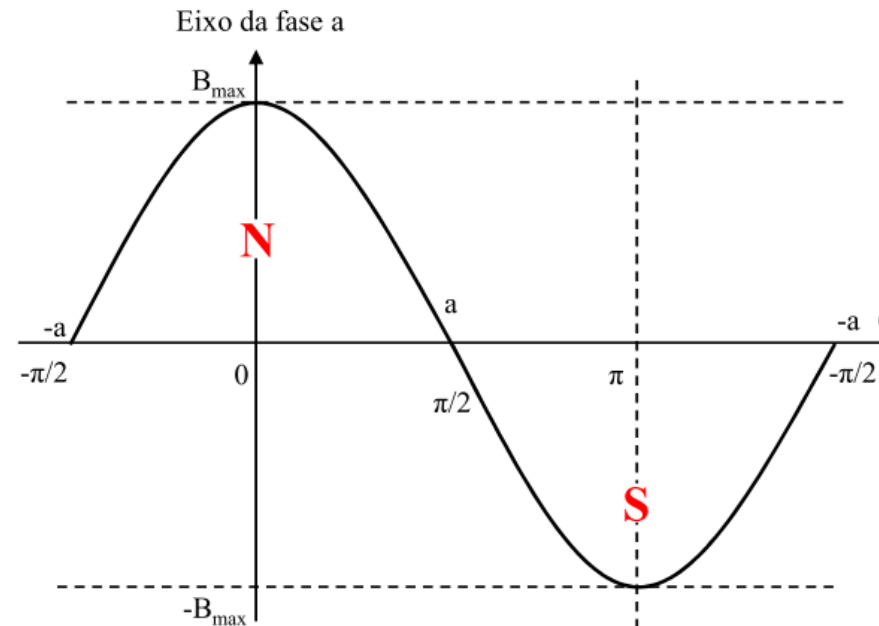
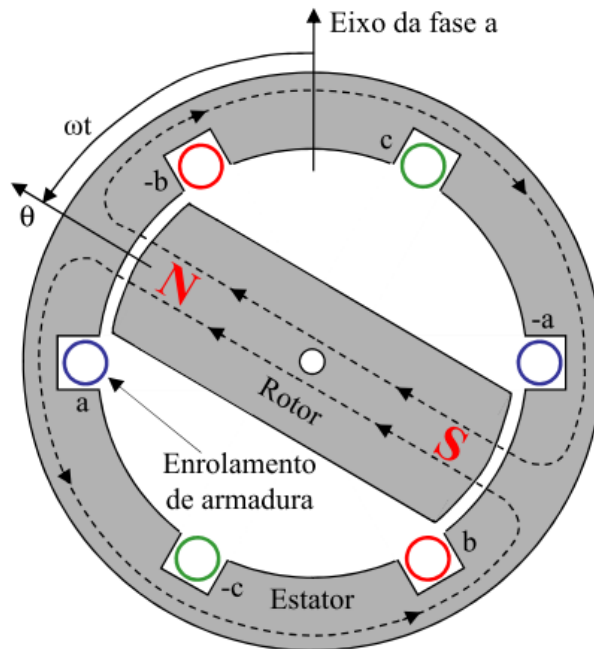
$$n = \frac{120 * f}{p}$$

$n =$ Velocidade síncrona (rpm)

$f =$ Frequência (Hz)

$p =$ Número de pólos

Fonte: <https://thumbs.gfycat.com/BoilingClosedIndianglassfish-mobile.mp4>

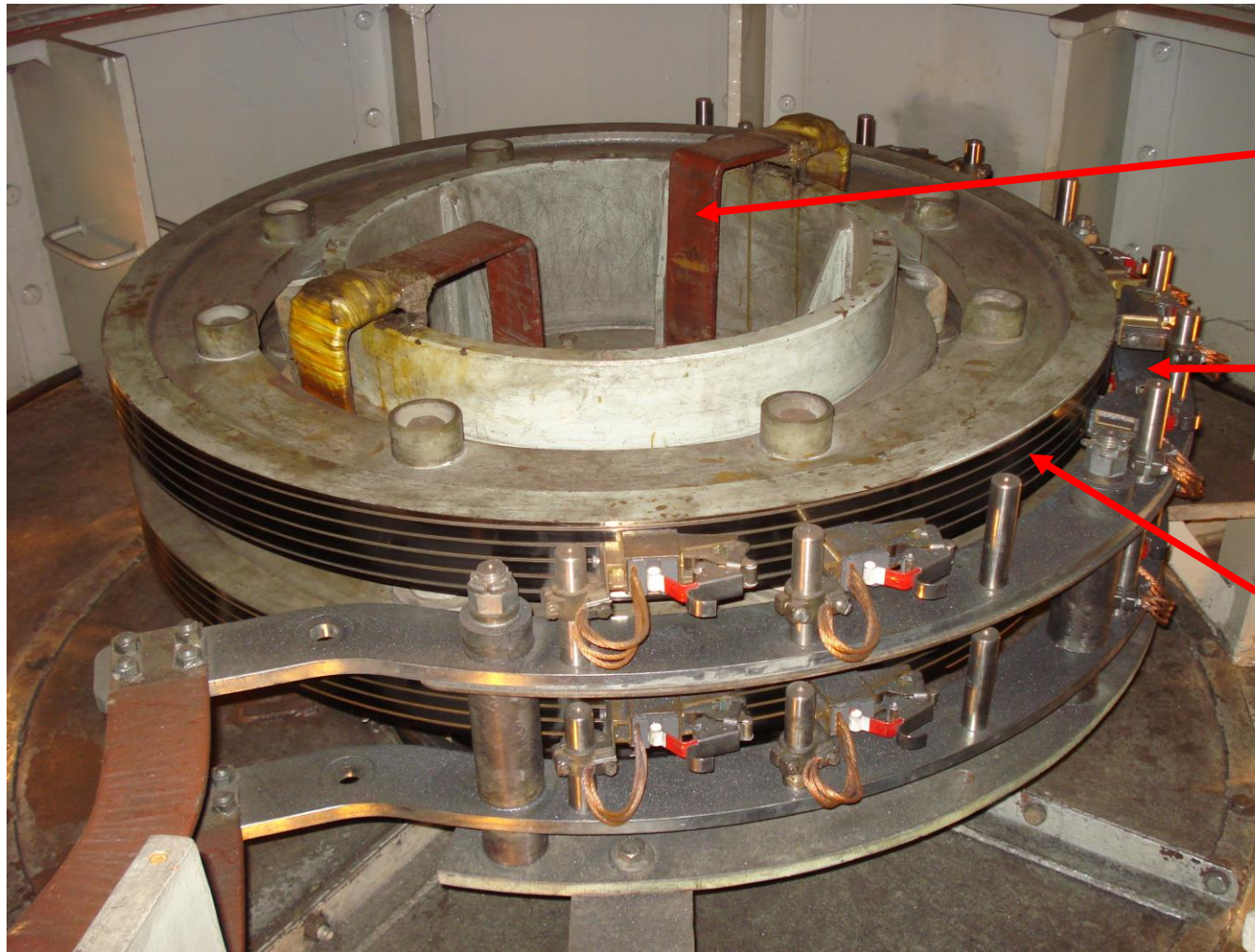


Fonte: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/slides-2016-cap5_elerotecnica_fabiola.pdf

SEGUNDA PARTE

TIPOS DE SISTEMAS DE EXCITAÇÃO

SISTEMA DE EXCITAÇÃO ESTÁTICO

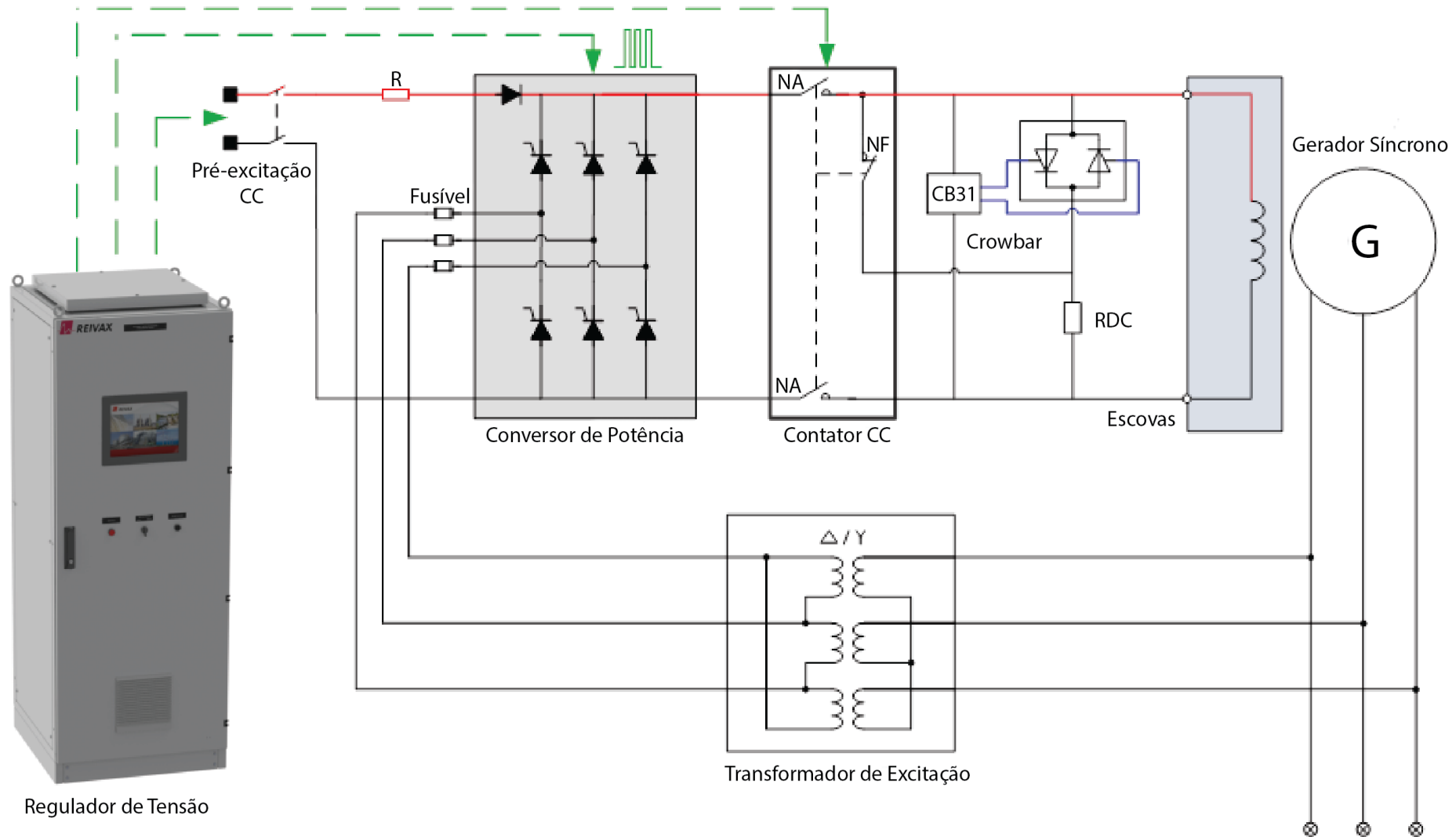


Campo do Gerador

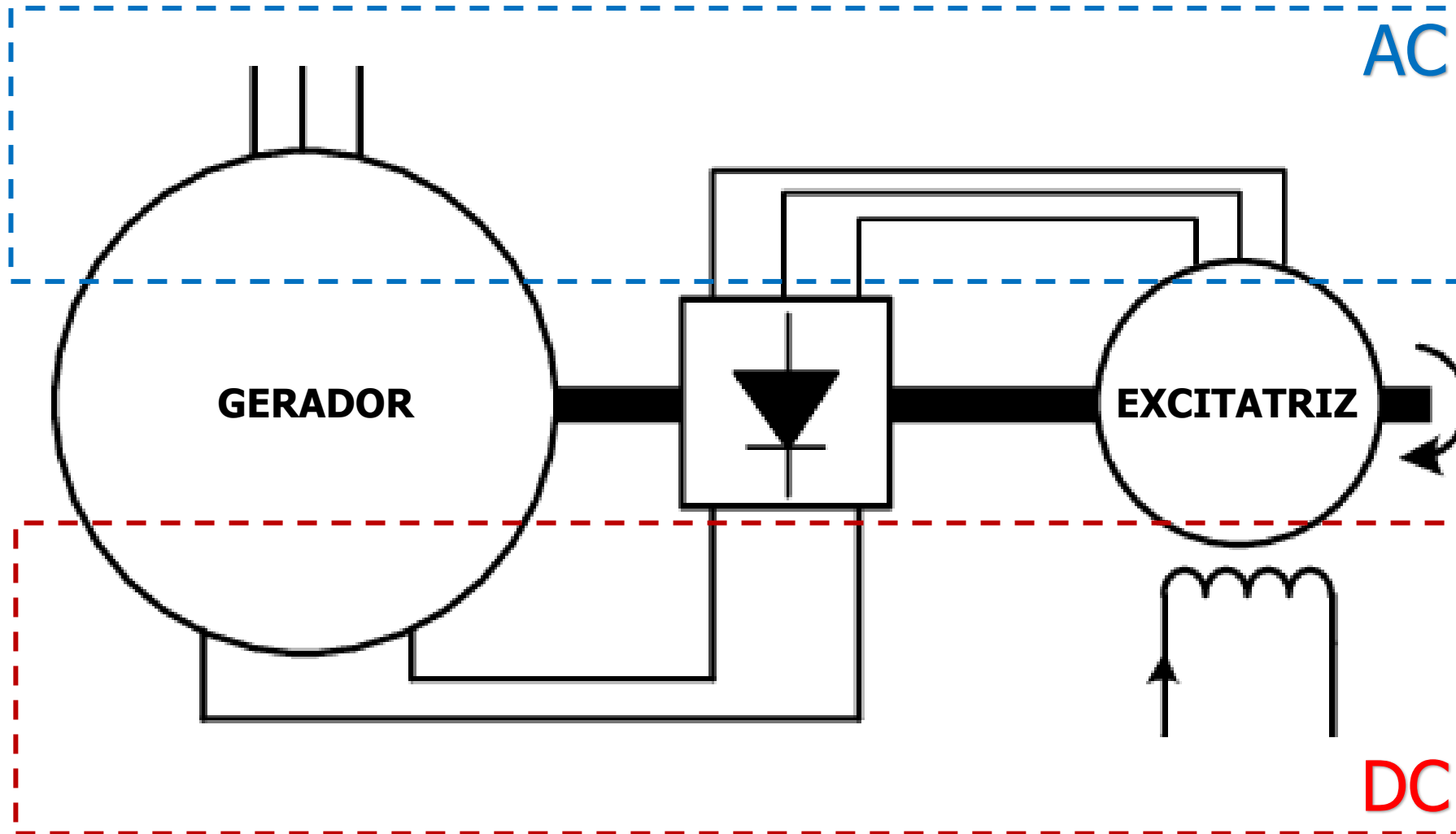
Escovas

Anéis Coletores

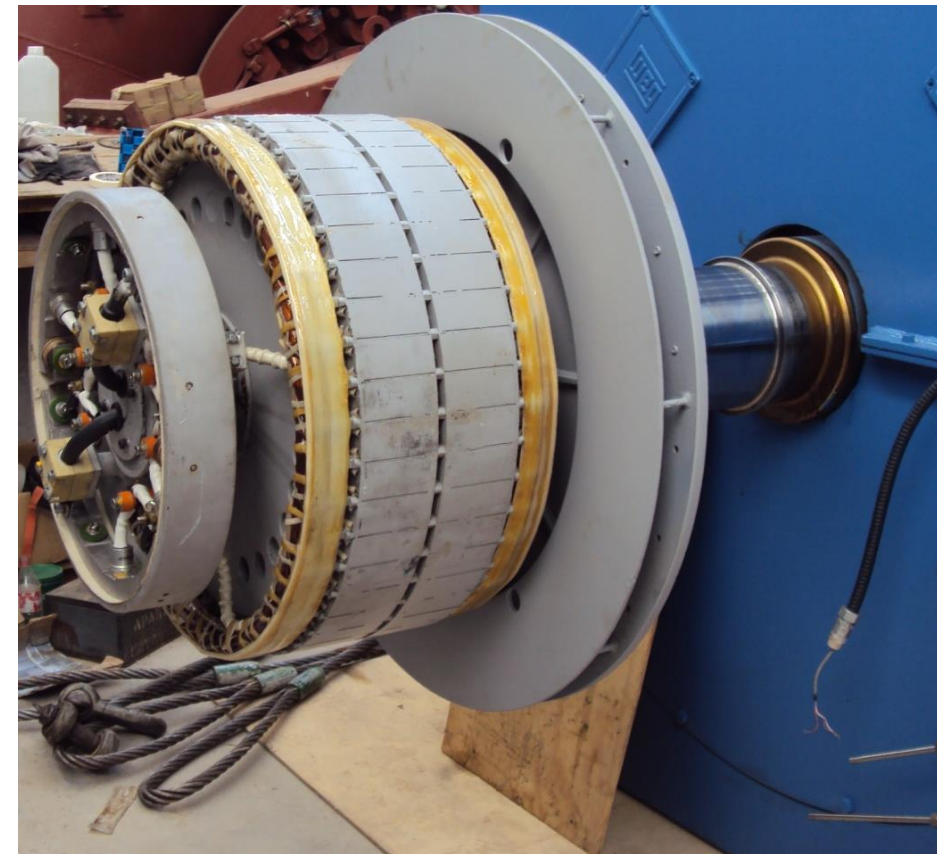
SISTEMA DE EXCITAÇÃO ESTÁTICO



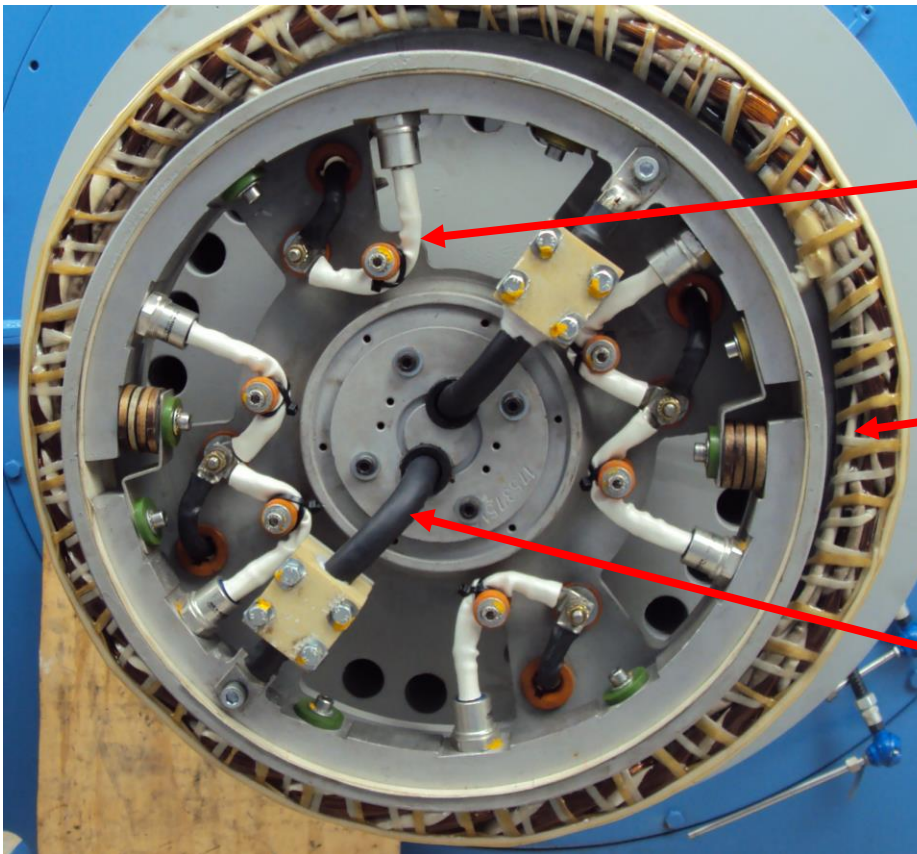
SISTEMA DE EXCITAÇÃO BRUSHLESS



SISTEMA DE EXCITAÇÃO BRUSHLESS



Fonte: Acervo próprio



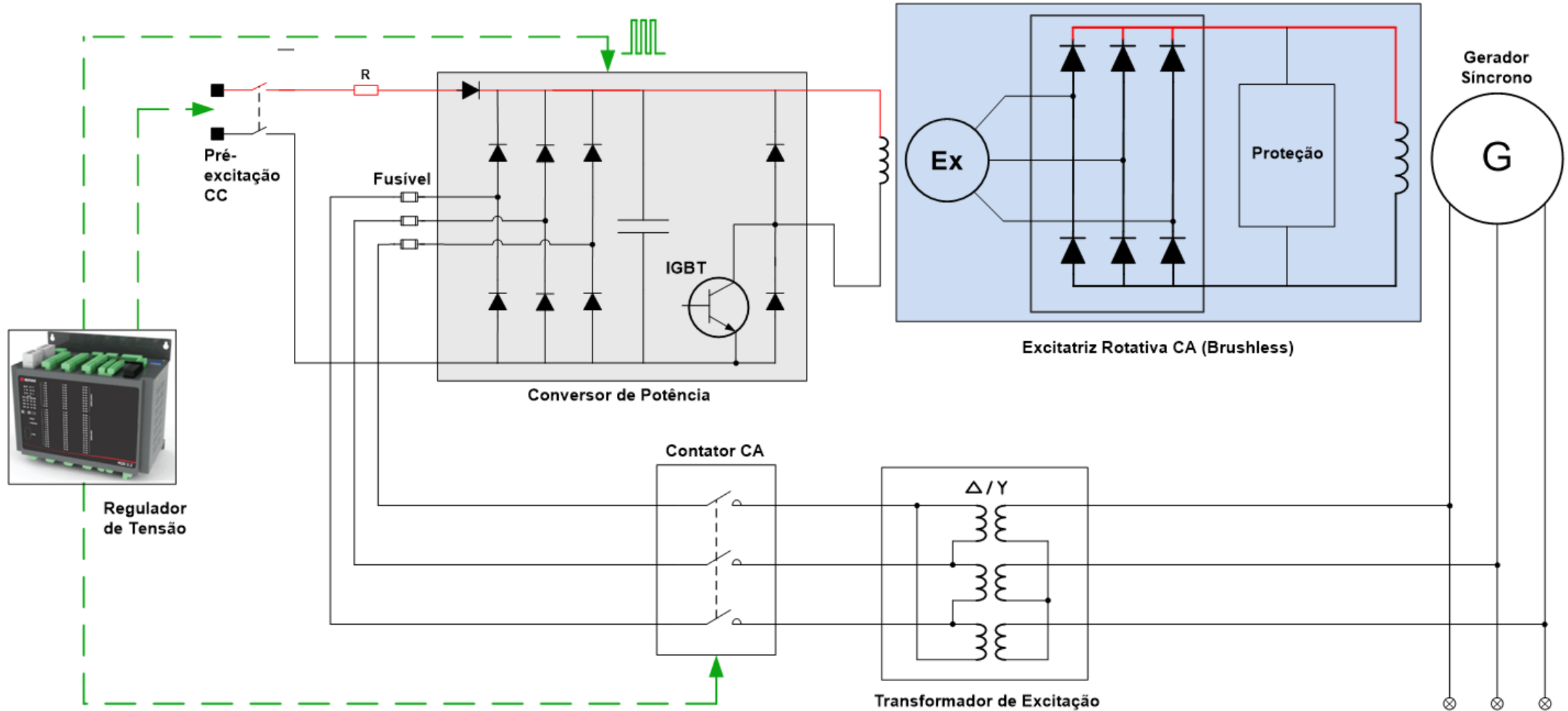
Fonte: Acervo próprio

Diodos Rotativos

Campo da Excitatriz

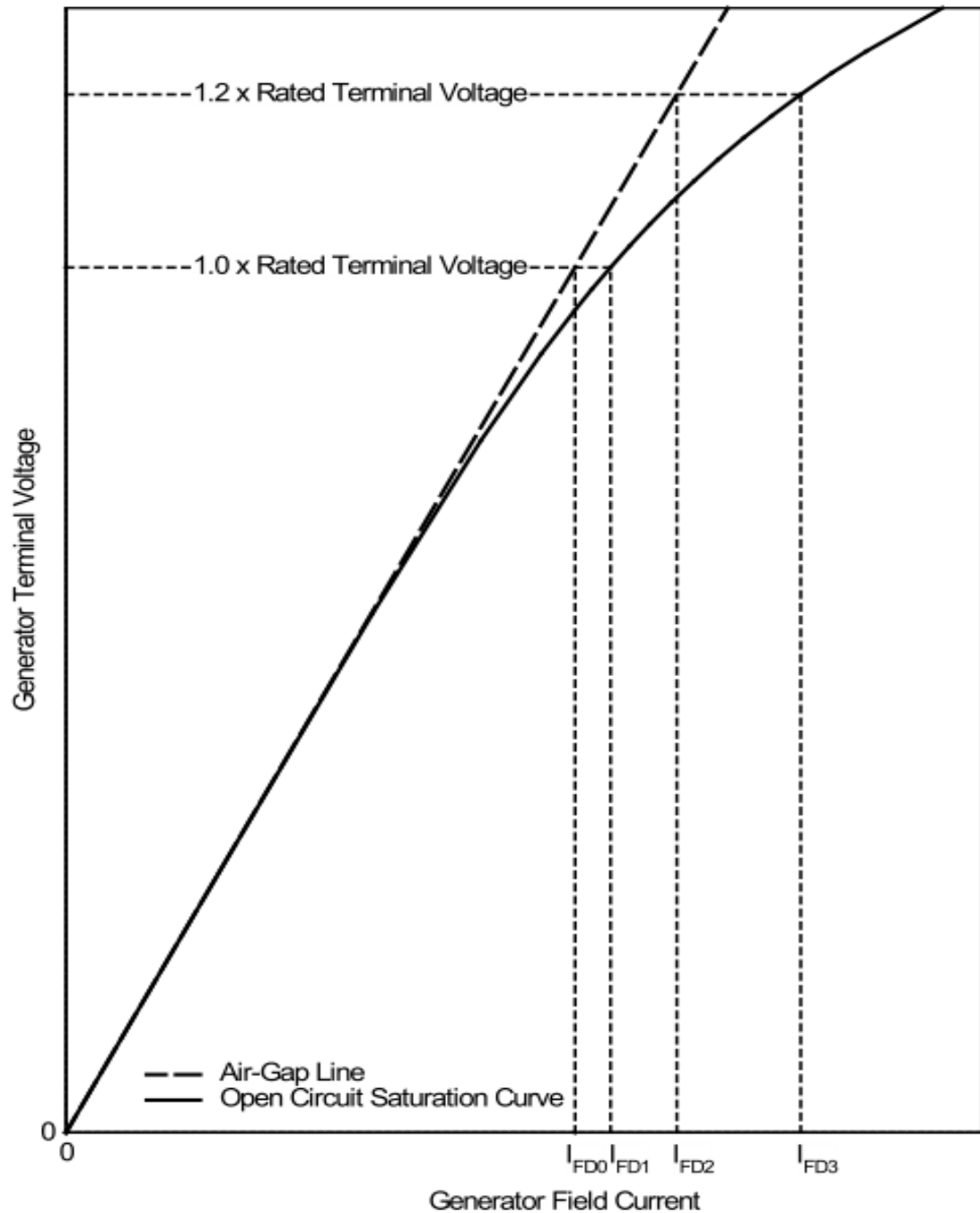
Campo do Gerador

SISTEMA DE EXCITAÇÃO BRUSHLESS



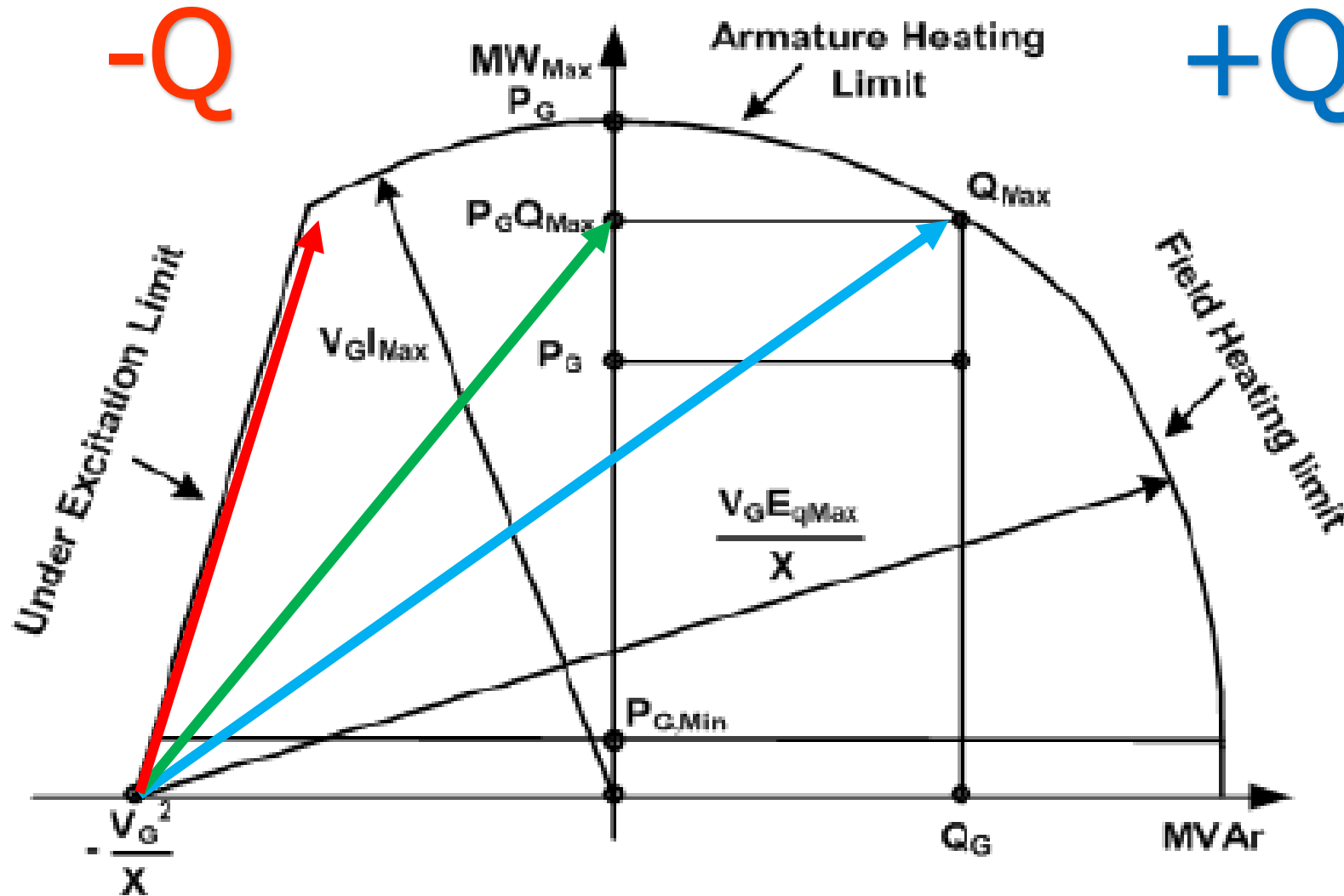
TERCEIRA PARTE

FUNDAMENTOS DO CONTROLE DE TENSÃO

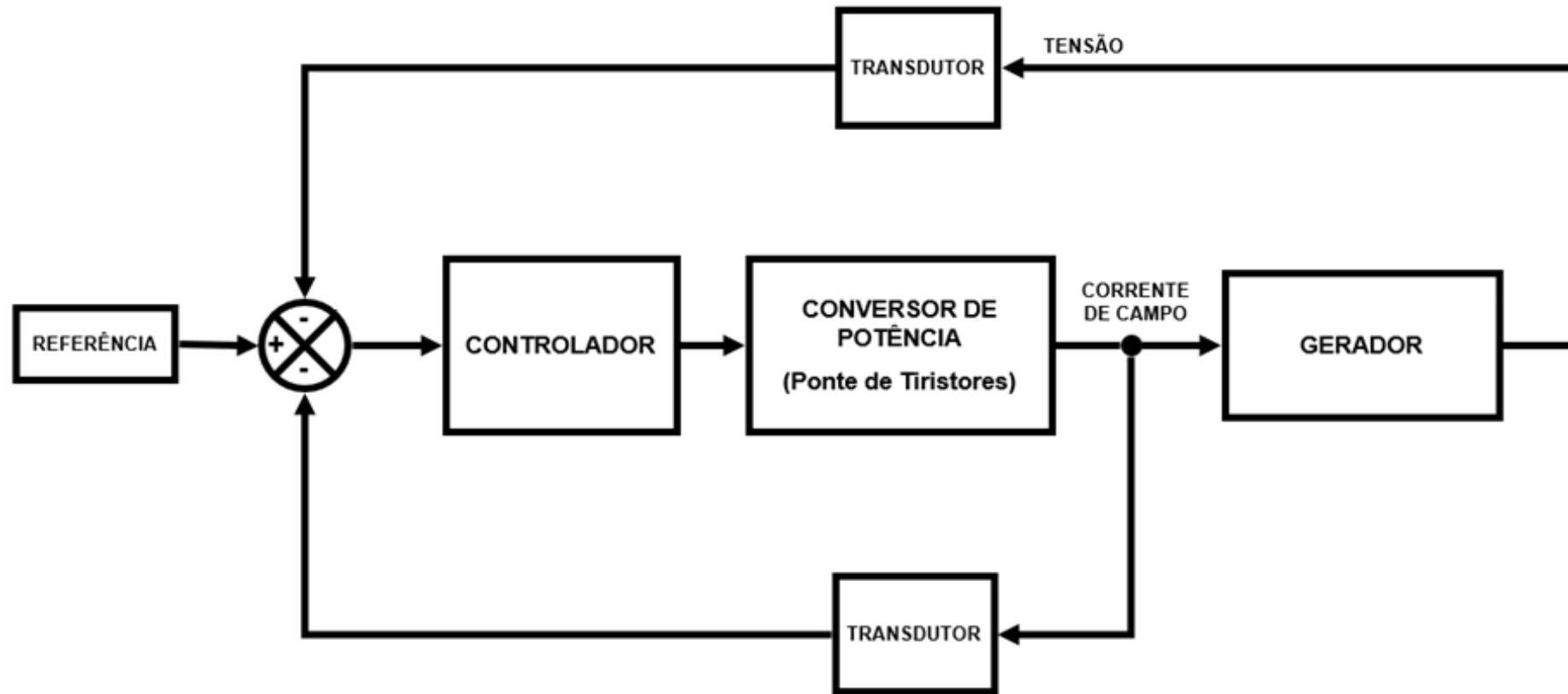


FUNDAMENTOS DO CONTROLE DE TENSÃO

FUNDAMENTOS DO CONTROLE DE TENSÃO



FUNDAMENTOS DO CONTROLE DE TENSÃO



QUARTA PARTE

MODOS DE CONTROLE

MODOS DE CONTROLE DO RT

Operação em Vazio:

- Auto – Tensão Terminal
- Manual – Corrente de Campo

Operação em Carga:

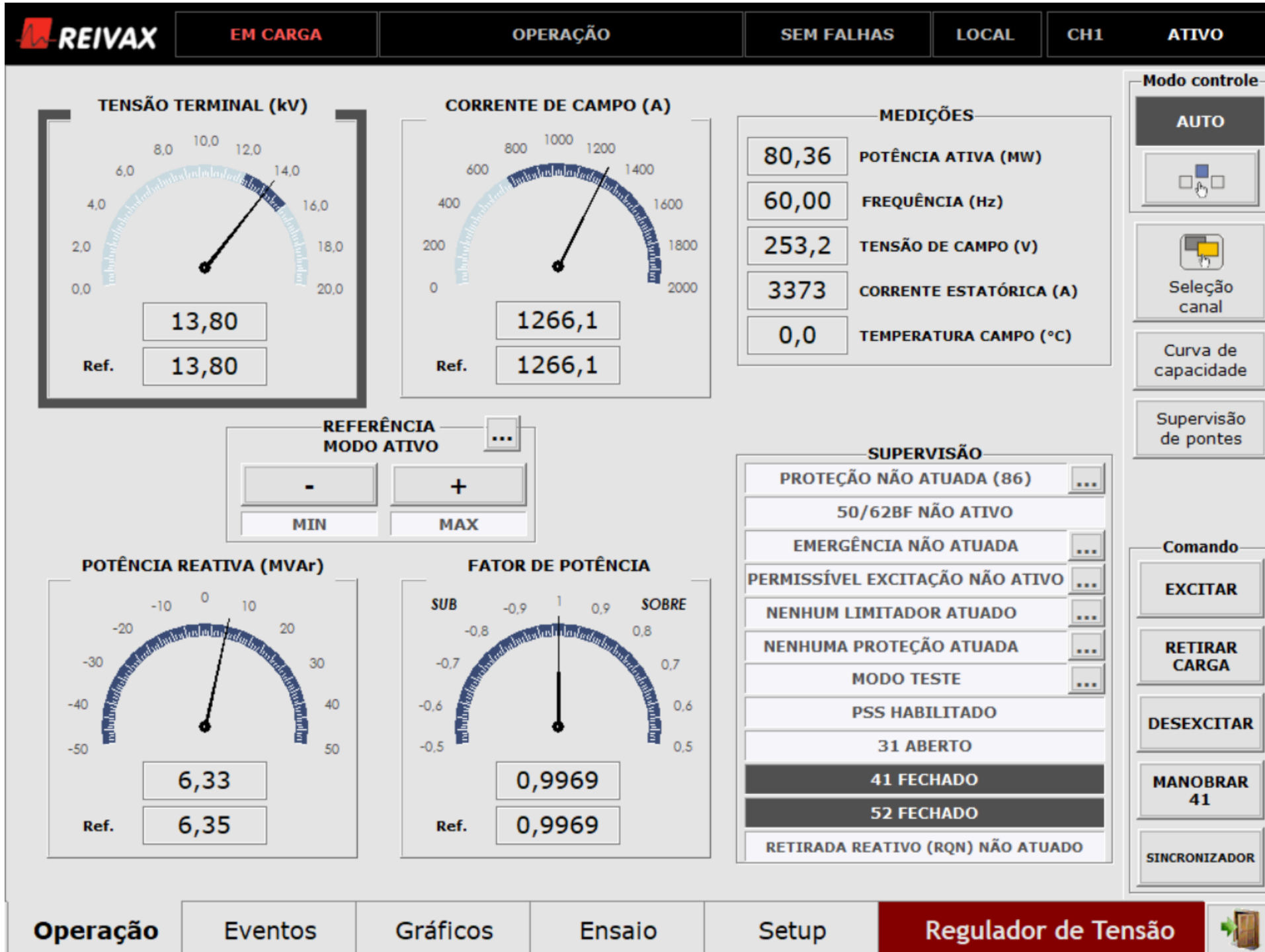
- Auto – Tensão Terminal
- Manual – Corrente de Campo
- VAR – Reativo
- FP – Fator de Potência



Fonte: Acervo próprio

MODOS DE CONTROLE DO RT

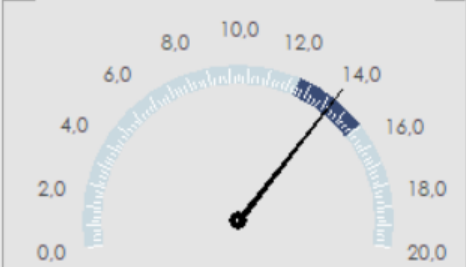
Automático -
Tensão Terminal



MODOS DE CONTROLE DO RT

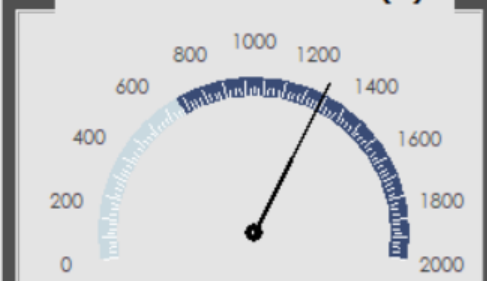
REIVAX **EM CARGA** **OPERAÇÃO** **SEM FALHAS** **LOCAL** **CH1** **ATIVO**

TENSÃO TERMINAL (kV)



13,80
Ref. 13,80

CORRENTE DE CAMPO (A)



1265,9
Ref. 1265,9


MEDIÇÕES

80,09	POTÊNCIA ATIVA (MW)
60,00	FREQUÊNCIA (Hz)
253,2	TENSÃO DE CAMPO (V)
3362	CORRENTE ESTATÓRICA (A)
0,0	TEMPERATURA CAMPO (°C)

REFERÊNCIA MODO ATIVO


MIN MAX

POTÊNCIA REATIVA (MVar)



6,46
Ref. 6,46

FATOR DE POTÊNCIA



0,9968
Ref. 0,9968

SUPERVISÃO

PROTEÇÃO NÃO ATUADA (86) ...

50/62BF NÃO ATIVO

EMERGÊNCIA NÃO ATUADA ...

PERMISSÍVEL EXCITAÇÃO NÃO ATIVO ...

NENHUM LIMITADOR ATUADO ...

NENHUMA PROTEÇÃO ATUADA ...

MODO TESTE ...

PSS HABILITADO

31 ABERTO

41 FECHADO

52 FECHADO

RETIRADA REATIVO (RQN) NÃO ATUADO

Modo controle

MANUAL

Seleção canal

Curva de capacidade

Supervisão de pontes

Comando


EXCITAR

RETIRAR CARGA

DESEXCITAR

MANOBRAR 41

SINCRONIZADOR

Operação | Eventos | Gráficos | Ensaio | Setup | **Regulador de Tensão** | 

Manual – Corrente de Campo

MODOS DE CONTROLE DO RT

VAR – Potência Reativa

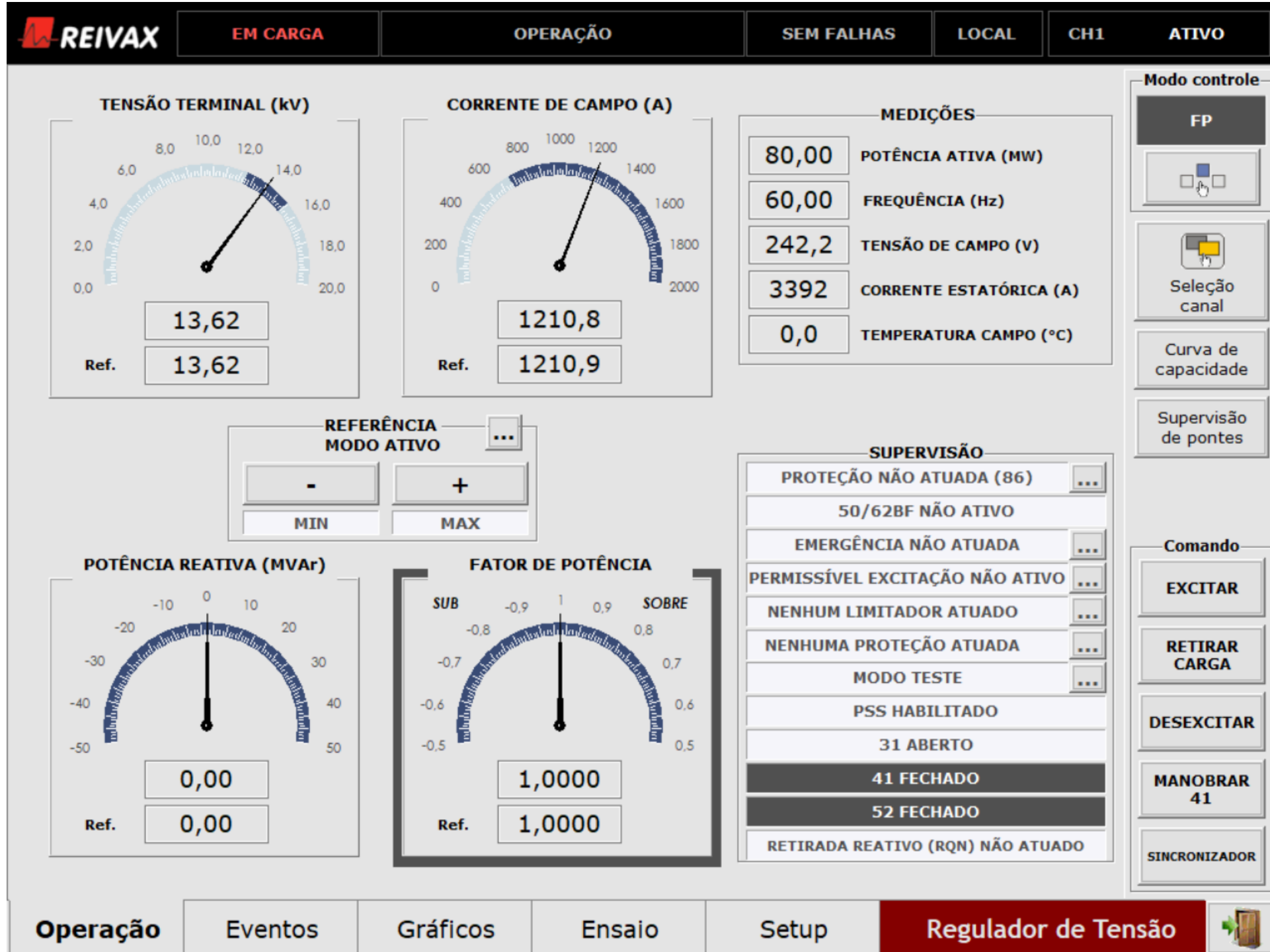
The interface displays several key metrics and control elements:

- TENSÃO TERMINAL (kV):** Gauge showing 13,80 kV. Reference (Ref.) is 13,80.
- CORRENTE DE CAMPO (A):** Gauge showing 1265,9 A. Reference (Ref.) is 1265,9.
- MEDIÇÕES:**
 - POTÊNCIA ATIVA (MW): 80,01
 - FREQUÊNCIA (Hz): 60,00
 - TENSÃO DE CAMPO (V): 253,2
 - CORRENTE ESTATÓRICA (A): 3358
 - TEMPERATURA CAMPO (°C): 0,0
- REFERÊNCIA MODO ATIVO:** Control panel with MIN (-) and MAX (+) buttons.
- POTÊNCIA REATIVA (MVar):** Gauge showing 6,50 MVar. Reference (Ref.) is 6,50.
- FATOR DE POTÊNCIA:** Gauge showing 0,9967. Reference (Ref.) is 0,9967.
- SUPERVISÃO:**
 - PROTEÇÃO NÃO ATUADA (86)
 - 50/62BF NÃO ATIVO
 - EMERGÊNCIA NÃO ATUADA
 - PERMISSÍVEL EXCITAÇÃO NÃO ATIVO
 - NENHUM LIMITADOR ATUADO
 - NENHUMA PROTEÇÃO ATUADA
 - MODO TESTE
 - PSS HABILITADO
 - 31 ABERTO
 - 41 FECHADO
 - 52 FECHADO
 - RETIRADA REATIVO (RQN) NÃO ATUADO
- Modo controle:**
 - MVAR
 - Seleção canal
 - Curva de capacidade
 - Supervisão de pontes
- Comando:**
 - EXCITAR
 - RETIRAR CARGA
 - DESEXCITAR
 - MANOBRAR 41
 - SINCRONIZADOR
- Operação:**
 - Operação
 - Eventos
 - Gráficos
 - Ensaio
 - Setup
 - Regulador de Tensão

MODOS DE CONTROLE DO RT

FP –

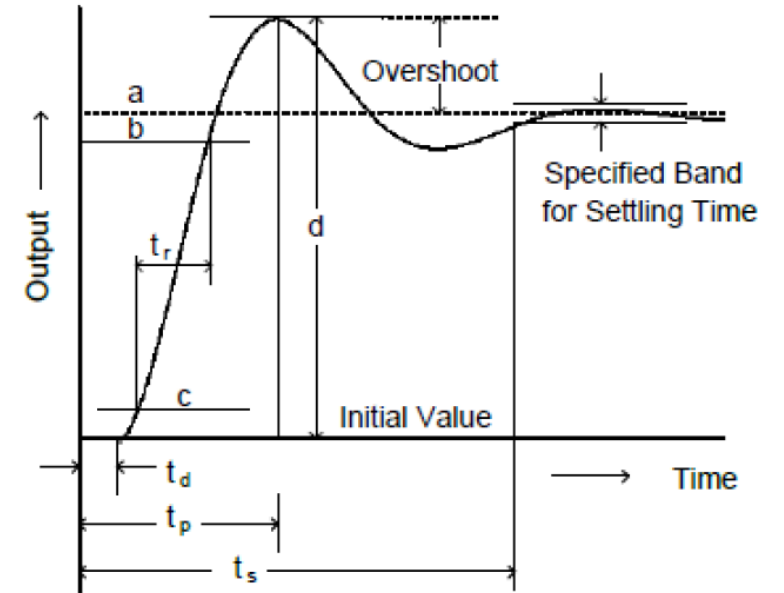
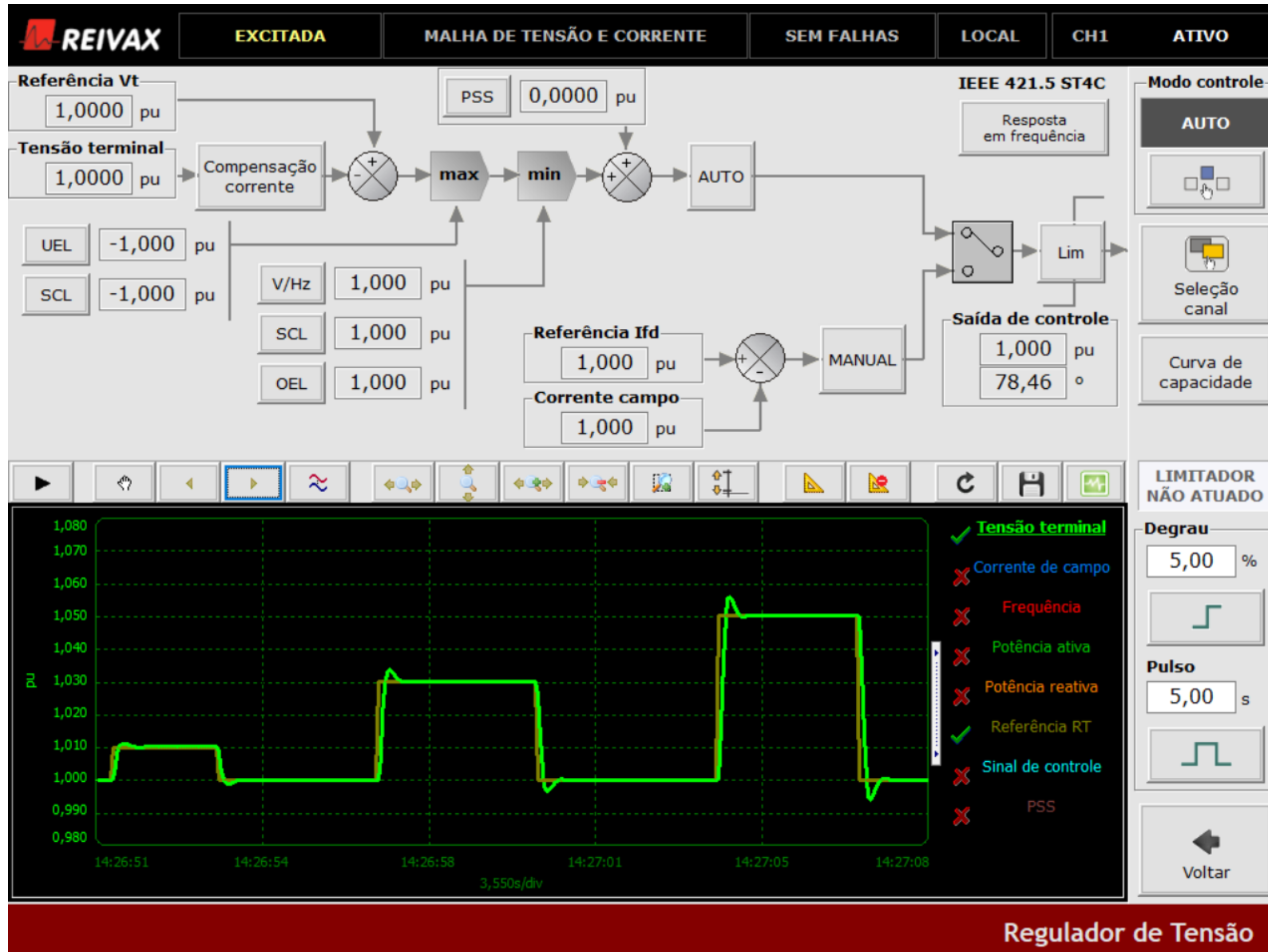
Fator de Potência



QUINTA PARTE

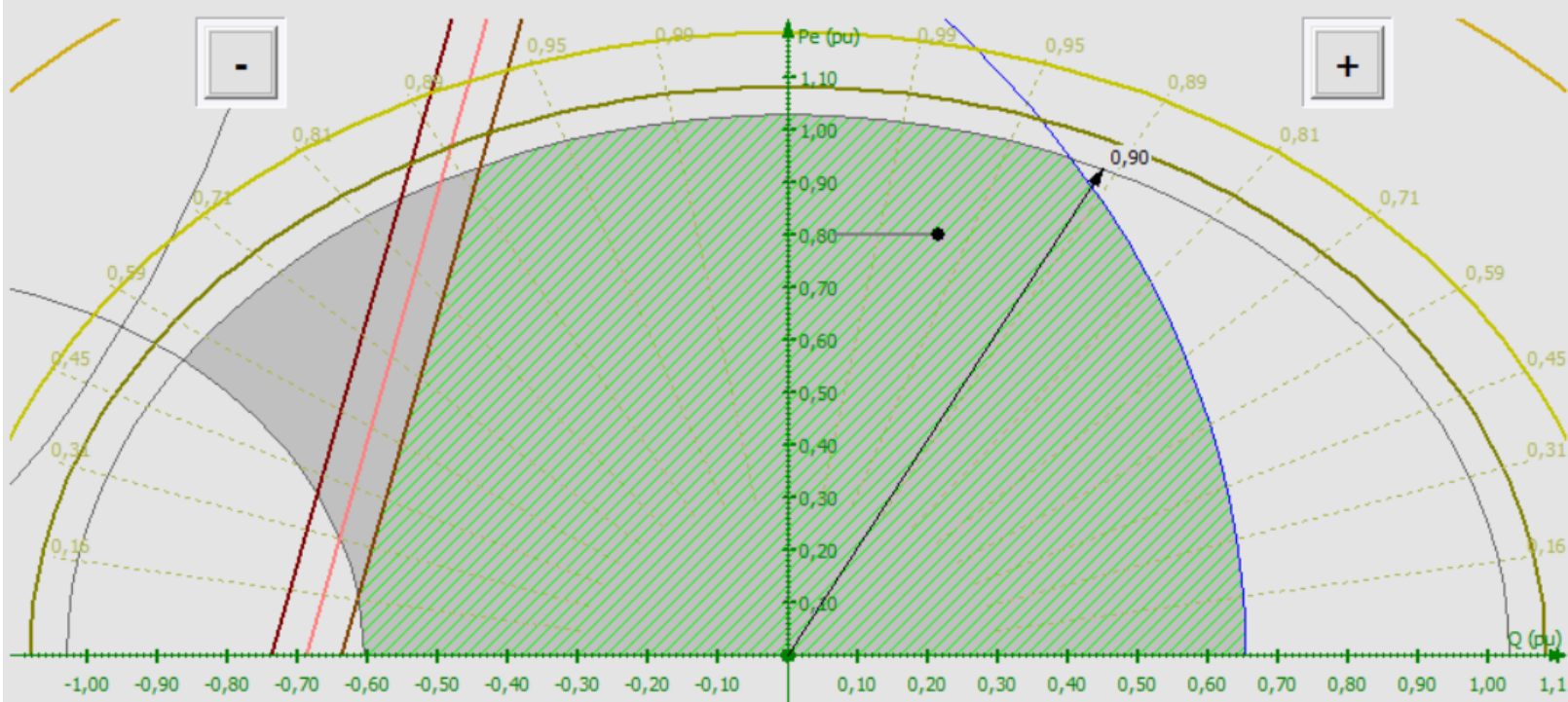
RESPOSTA DINÂMICA

RESPOSTA DINÂMICA



a: Steady-state value t_d : Delay time
 b: 90% of steady-state value t_p : Time to reach peak value
 c: 10% of steady-state value t_s : Settling time
 d: Peak value t_r : Rise time

IEEE 421.2



UEL SCL **Alarme 40/32Q** **Trip 40/32Q** **Alarme 50/51** **Trip 50/51**

Limitadores

NENHUM LIMITADOR ATUADO

V/Hz OEL UEL SCL MEL

Proteções

NENHUMA PROTEÇÃO ATUADA

Ajuste proteções...

Curva de capacidade

Dados da máquina

Salvar

Ponto de operação

Potência ativa	<input type="text" value="0,8002"/> pu	Fator de potência	<input type="text" value="0,9646"/>	Frequência	<input type="text" value="1,0000"/> pu
Potência reativa	<input type="text" value="0,2149"/> pu	Corrente estatórica	<input type="text" value="0,8051"/> pu	Referência	<input type="text" value="1,030"/> pu
Tensão terminal	<input type="text" value="1,0296"/> pu	Corrente de campo	<input type="text" value="1,396"/> pu	Controle	<input type="text" value="1,396"/> pu

Modo controle

AUTO



Seleção canal

Simulação

Degrau

%

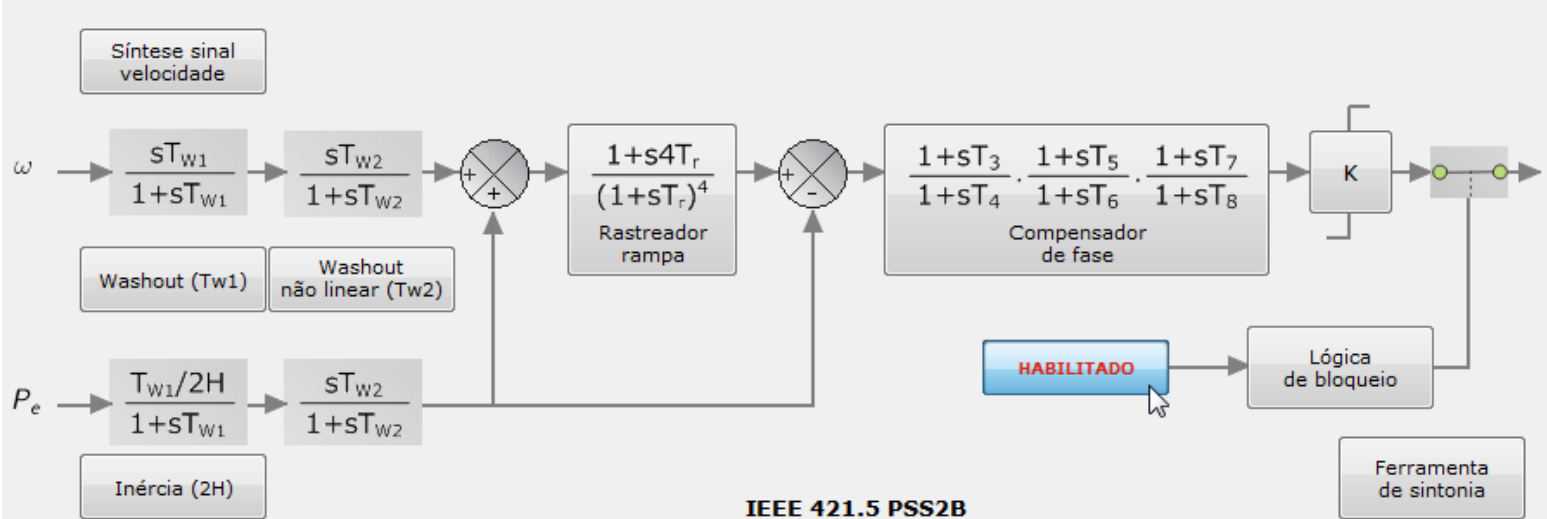


Pulso

s



Voltar



Modo de controle

AUTO

Seleção canal

Ferramenta de sintonia



- ✓ Tensão terminal 1.000 pu
- ✗ Frequência 1.000 pu
- ✓ Potência ativa 0.900 pu
- ✗ Potência reativa 0.082 pu
- ✗ Referência 1.000 pu
- ✗ Sinal de controle 1.328 pu
- ✗ ESP 0.000 pu
- ✗ Delta w 0.500 pu
- ✗ Washout w 0.000 pu
- ✗ Washout Pe 0.000 pu
- ✗ Entrada rastreador 0.000 pu
- ✗ Entrada comp fase 0.000 pu
- ✗ Saída comp fase 0.000 pu

ESP ATIVO

Degrau

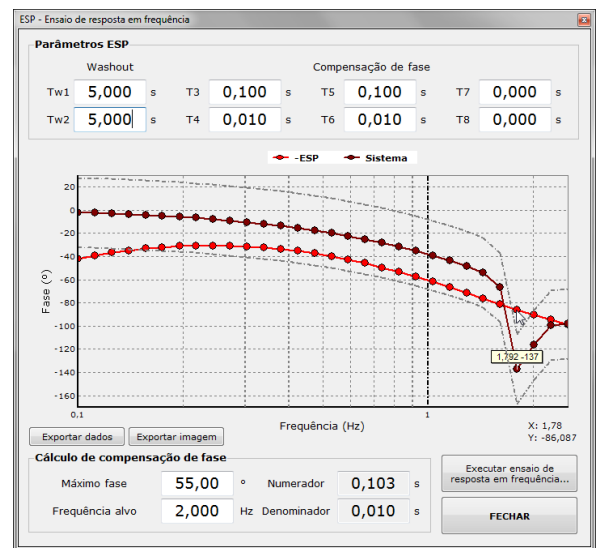
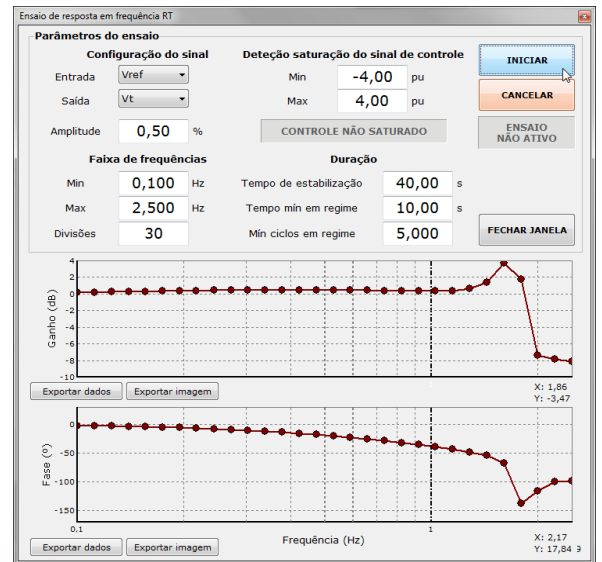
4.00 %

Pulso

5.00 s

Voltar

ESTABILIZADOR

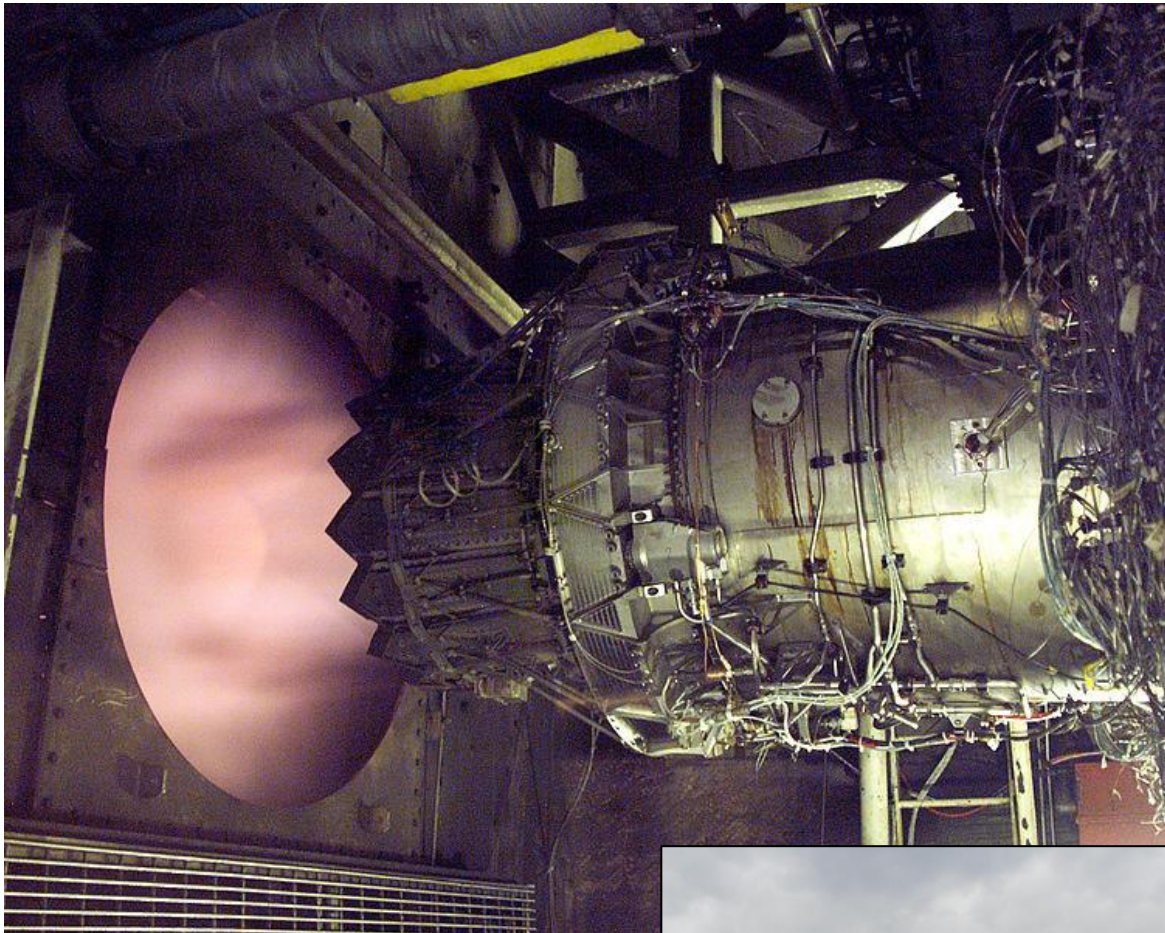


Regulador de Tensão

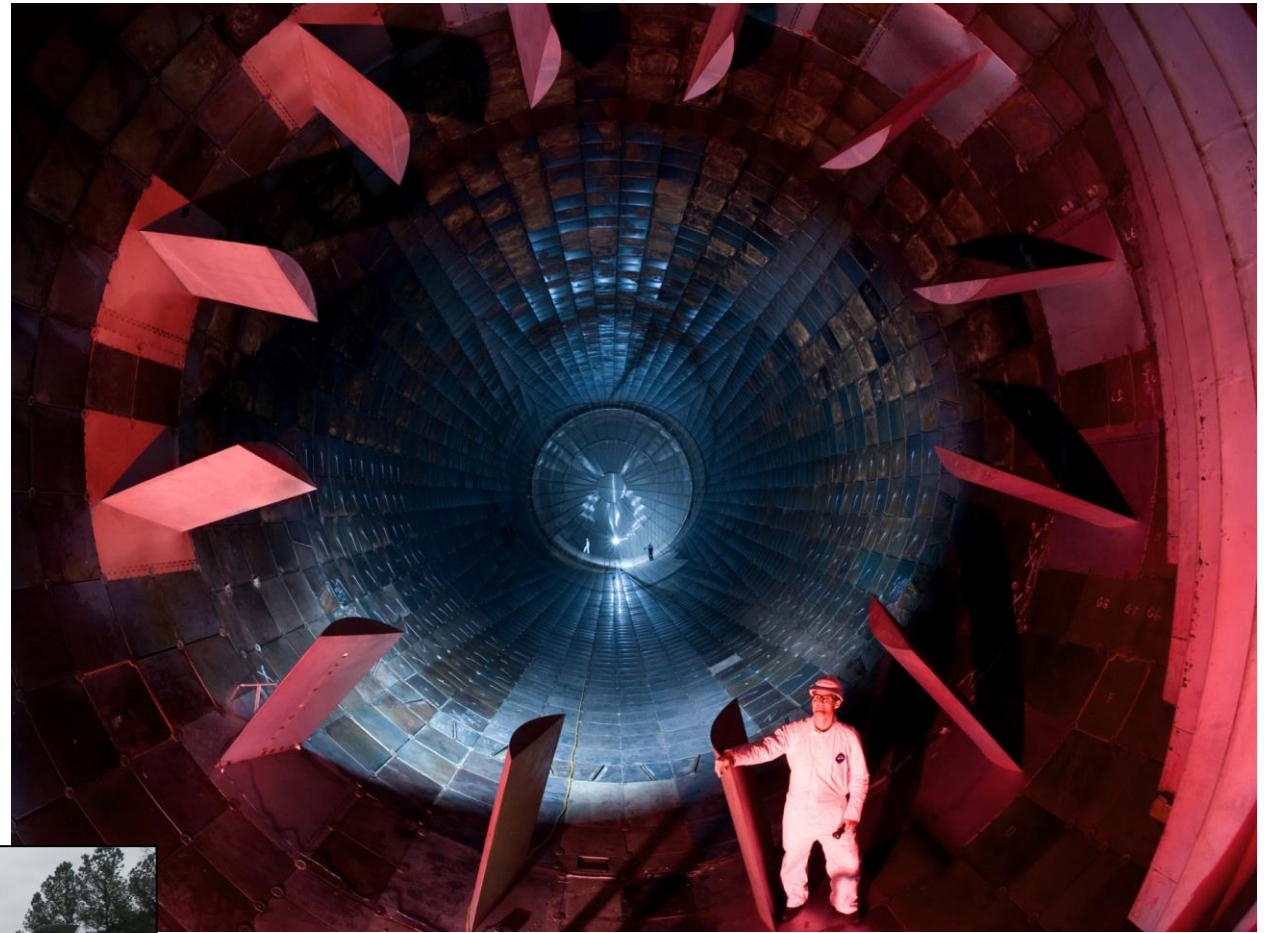
SEXTA PARTE

APLICAÇÕES

MOTORES: TÚNEIS DE VENTO



Fonte: fotos cedidas pela AEDC.



Fonte: fotos cedidas pela AEDC



MOTORES: TÚNEIS DE VENTO



Fonte: fotos cedidas pela AEDC.

MOTORES: USINAS ELEVATÓRIAS



Fonte: <http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=Elevat%C3%B3rias>



Fonte: <http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=Elevat%C3%B3rias>

MOTORES: USINAS ELEVATÓRIAS



Fonte: <http://www.emae.com.br/conteudo.asp?id=Elevat%C3%B3rias>

COMPENSADORES: SUBESTAÇÕES



Fonte: Acervo próprio

COMPENSADORES: SUBESTAÇÕES

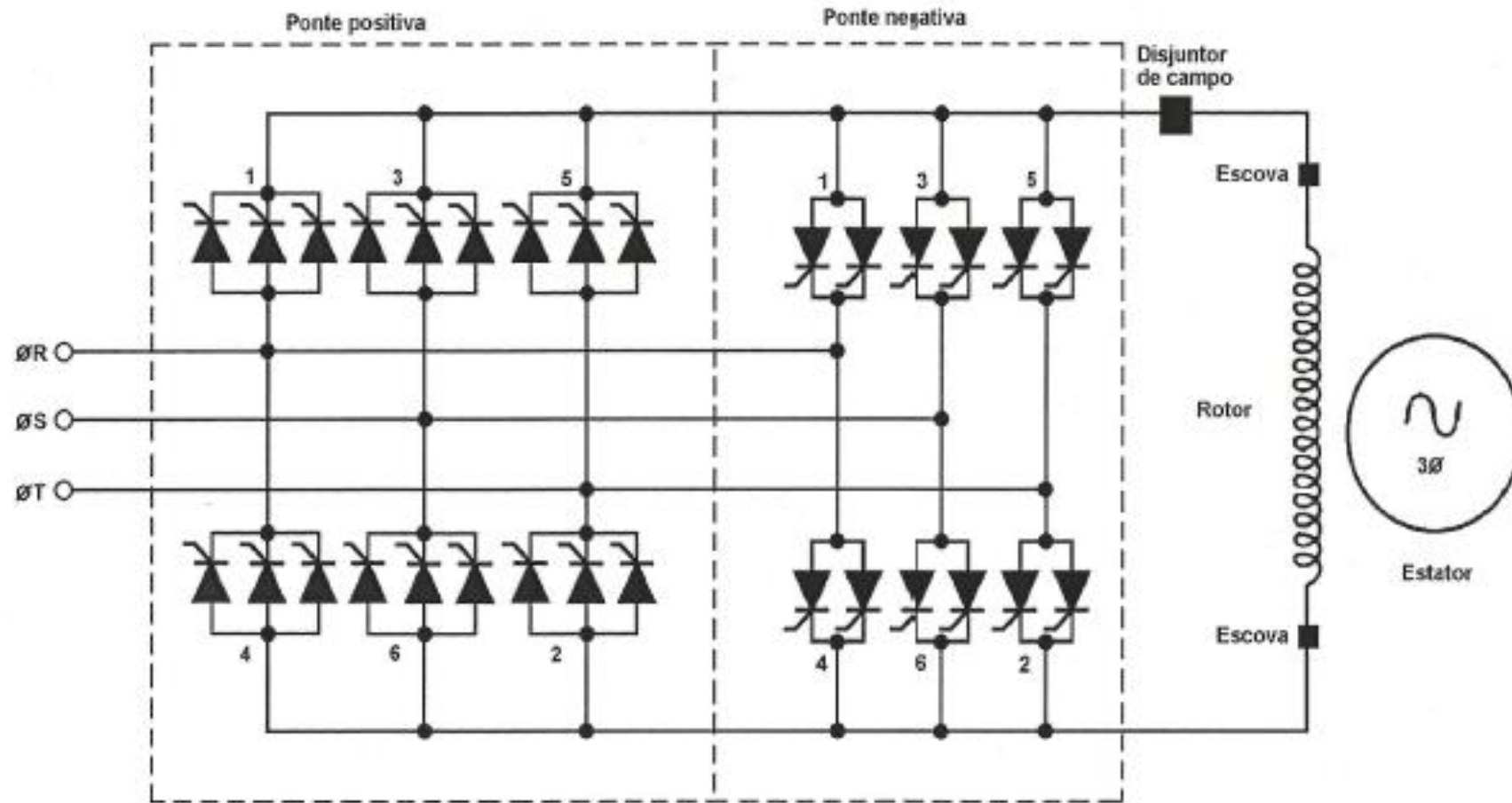


COMPENSADORES: SUBESTAÇÕES



Fonte: Acervo próprio

COMPENSADORES: SUBESTAÇÕES



GERADORES: TERMELÉTRICAS

Fonte: www.engie.com.br/complexo-gerador/usinas/complexo-termeletrico-jorge-lacerda/



GERADORES: HIDRELÉTRICAS





www.reivax.com

**REIVAX S/A AUTOMAÇÃO E
CONTROLE**

Rodovia José Carlos Daux, 600
João Paulo - 88030-904
Florianópolis - Brasil

Tel.: +55 48 3027-3700
Fax: +55 48 3027-3735

VENDAS@reivax.com

**REIVAX NORTH AMERICA,
INC**

666 Sherbrooke West, suite 900
Montreal, QC, H3A 1E7 - Canadá

Tel.: +1 438 288-0246
Fax: +1 514 228-7401

RNA@reivax.com

**REIVAX of SWITZERLAND
AG**

Stadtturmstrasse 19, 5400
Baden - Suíça

Tel.: +41 56 282 43 08
+41 79 300 54 30

RoS@reivax.com