

MANUAL DE ESCOVAS ELÉTRICAS



CARBOMECC

ESCOVAS ELÉTRICAS

FABRICAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A fabricação da matéria-prima é um processo científico realizado com toda a técnica, habilidade e dedicação de um profissional. Como os cozinheiros-chefes famosos mundialmente são meticolosos quanto ao uso de condimentos em seus pratos, os engenheiros envolvidos na fabricação da matéria-prima são os mais minuciosos possíveis quanto à especificação para matérias-primas. Amostras são enviadas para o nosso laboratório a fim de análise e aprovação do controle de qualidade, antes que qualquer lote seja aceito.

O fumo, o coque, o piche e o alcatrão, os quais fazem parte da família dos carvões grafite – que são baseados nos graus eletrografíticos – são calcinados, peneirados e graduados sob condições controladas.

Depois da mistura, são moldados sob pressão hidráulica (processo isostático) em chapas, cuidadosamente verificadas pelos novos testes estatísticos do controle de qualidade antes de serem enviados para acondicionamento em estufas ou fornos.

A grafitização é contínua, em fornos especialmente desenhados a fim de permitir controle exato de temperatura até 3.000°C. Os engenheiros da TOYO TANSO CO., LTD. desenvolveram um sistema homogêneo de lote a lote, de ano a ano.

Os instrumentos deste controle são sistemática e continuamente verificados e periodicamente comparados com o padrão.

A) CARVÃO GRAFITE

As primeiras escovas de carvão eram em forma de carvão amorfo ou carvão amorfo juntamente com materiais de grafite natural. Hoje, são muitas as qualidades atuantes apesar de terem sido modificadas pelas técnicas de fabricação modernas.

As matérias-primas são misturadas e graduadas com o mesmo cuidado e sob o mesmo controle das qualidades eletrografíticas. São moldadas conforme já dissemos em chapas sob pressão hidráulica, as quais são posteriormente aquecidas à temperaturas de 816°C a 1538°C. As qualidades de carvão grafite são mais fortes que os materiais eletrografitados, e têm uma

ação definida quanto ao polimento. Existe um limite para a velocidade na qual eles possam ser operados, e a capacidade de corrente não é tão alta quanto a das qualidades eletrografitadas. No entanto, para aplicações onde a força mecânica e condições atmosféricas adversas são consideradas, esse tipo de material é bastante adequado.

Podemos, de uma forma geral, indicar estas qualidades do carvão para coletores com mica rente, com baixa rotação, como, por exemplo, geradores de baixa velocidade, motores que necessitem de uma ação polidora (laminadores de guindastes e de mineração) e também para alguns tipos de escovas para motores fracionários. São muito utilizadas, também, na confecção de contatos, onde a densidade de corrente não seja alta.

B) ELETROGRAFITE

São preparadas, essas matérias-primas, da mesma forma que os carvões grafite e sofrem um tratamento à alta temperatura (2300° a 2800°C) com a finalidade de transformar o carvão amorfo em grafite artificial. Apresentam como características principais uma mediana queda ao contato, ou seja, de perdas reduzidas e, são particularmente indicadas para velocidades periféricas elevadas (até 60 m/s). Seu emprego é praticamente total nos motores e geradores modernos, onde se requer um ótimo fator de comutação aliado a uma lubrificação excepcional em velocidades periféricas geralmente altas.

Trabalham excepcionalmente em máquinas de tarefas pesadas, como motores de laminadores, motores de tração e geradores para locomotivas.

C) METAL-GRAFITE

Temos dois tipos de metal-grafite: o primeiro é obtido através de misturas de pó de grafite ou carvão grafite com pó metálico e, logo após, prensados com um agente ligador e tratados termicamente; o segundo é obtido pela impregnação de metal fundido nos poros do material.

No primeiro caso, as porcentagens de metal variam de 30% a 97% de metal (em peso). No segundo, são menores as porcentagens de metal e variam de acordo com a porosidade do material. De uma forma geral, as porcentagens vão de 40% a 75%. Seu controle, porém,

Do Material Bruto para o Produto Final - Linha de Produção Modernizada

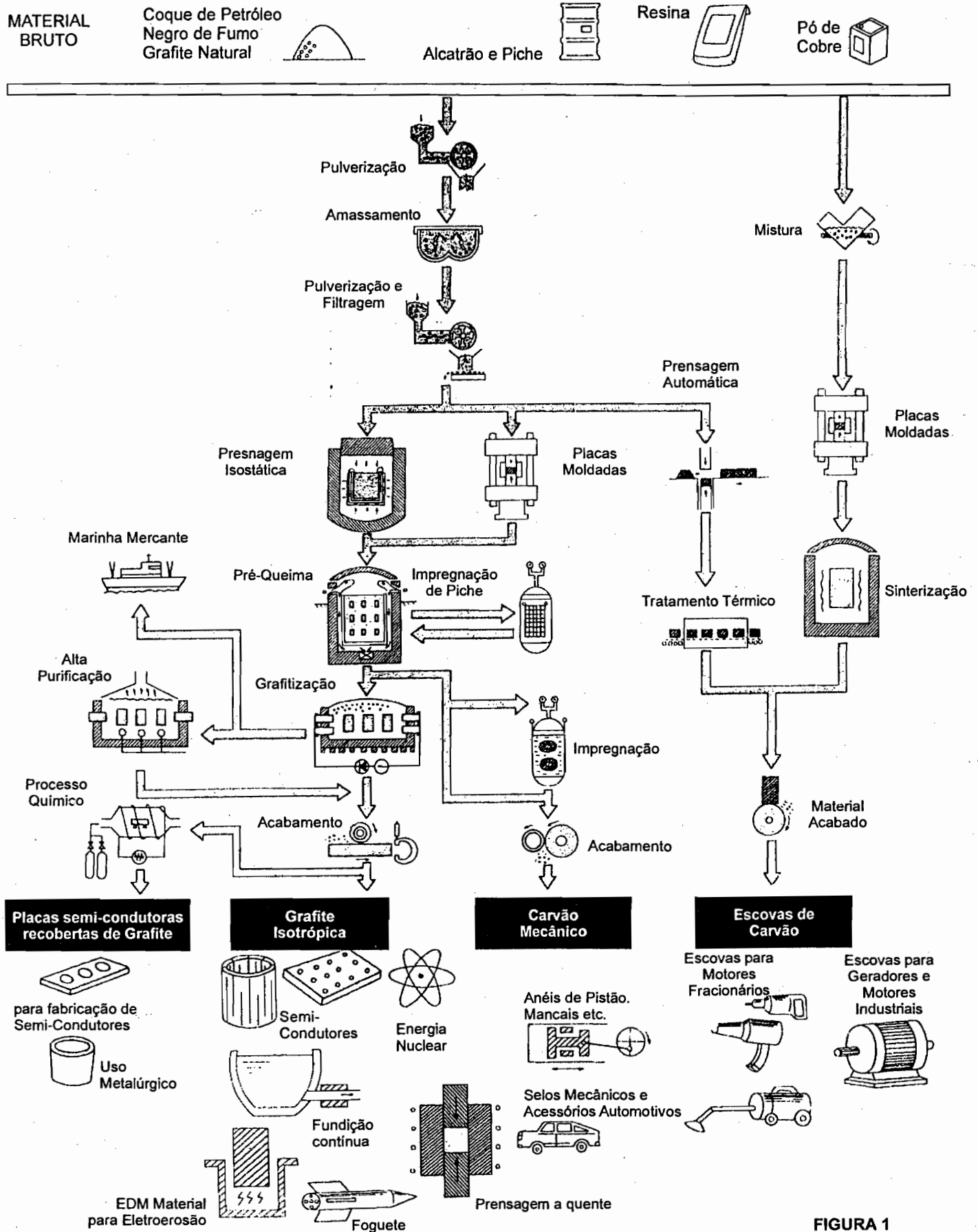


FIGURA 1

possuir outras propriedades importantes para esta aplicação em especial.

Dentre estas propriedades podemos destacar:

a) Resistente aos efeitos de temperaturas elevadas

Em todo contato deslizante, são produzidas temperaturas locais instantâneas muito elevadas. O carvão mantém suas propriedades sob estas condições devido ao fato de permanecer em estado sólido até temperaturas de 3.000°C.

b) Baixa densidade

O carvão é mais leve que a maioria dos metais. Somente o magnésio lhe é próximo. A pequena inércia da escova de carvão permite-lhe seguir facilmente as irregularidades das superfícies em movimento.

c) Não solda com metais

O carvão não se solda com outros metais, mesmo sob condições nas quais estes se soldariam entre si, tais como sob o calor gerado por um arco elétrico. O carvão, à pressão atmosférica, não existe no estado líquido, pois entre 3.600°C e 4.000°C passa diretamente do estado sólido para o estado gasoso.

COMPONENTES DE UMA ESCOVA

De modo geral, uma escova compreende as seguintes partes:

A) Corpo da escova

O corpo da escova corresponde à peça de carvão usinada, sendo a parte mais importante, pois uma escova pode ou não ter cordoalhas, terminais ou acessórios; seu corpo, porém, é necessariamente uma condição de existência da mesma.

• Como medir

Para medir uma escova temos dois casos a considerar:

- Escova para comutadores (figura 6);
- Escova para anéis coletores (figura 6); onde:

t = dimensão tangencial

a = dimensão axial

r = dimensão radial

Estas dimensões deverão ser dadas com a aproximação em décimos de milímetros e nos limites e tolerâncias aprovadas pelas Normas IEC e ABNT, conforme tabelas 1 e 2.

Na tabela 3 apresentamos todas as combinações recomendadas das dimensões principais "t", "a" e "r" - Normas IEC e ABNT.

TABELA 2

Tolerâncias para "t" e "a" em micrômetros e para "r" em milímetros para escovas de grafite natural e metal-grafite

VALORES NOMINAIS	PORTA-ESCOVA (1)			ESCOVA ELÉTRICA (2)			FOLGA		ESCOVA
	t	a		t	a				r
mm	Máx.	Min.	Dif.	Máx.	Min.	Dif.	Máx.	Min.	
1,6 2 2,5	+ 54	+ 14	40	- 120	- 60	60	174	74	± 0,3
3,2 4 5	+ 68	+ 20	48	- 150	- 70	80	218	90	± 0,3
6,3 8 10	+ 83	+ 25	58	- 170	- 80	90	253	105	± 0,3
12,5 16	+ 102	+ 32	70	- 260	- 150	110	362	182	± 0,5
20 25	+ 124	+ 40	84	- 290	- 160	130	414	200	± 0,5
32 40	+ 150	+ 50	100	- 330	- 170	160	480	220	± 0,8
50	+ 150	+ 50	100	- 340	- 180	160	490	230	± 0,8
64	+ 180	+ 60	120	- 380	- 190	190	560	250	± 0,8
80	+ 180	+ 60	120	- 390	- 200	190	570	260	± 0,8
100 125									± 1,0

- 1) - As tolerâncias para os porta-escovas são conforme a tolerância E10 da ISO. A verificação dimensional dos porta-escovas é efetuada com o calibrador "passa", "não passa".
 - 2) - As tolerâncias para as escovas são conforme a tolerância b11 da ISO para dimensões > 12,5mm e c11 da ISO para dimensões < 12,5 mm.
- Tabela extraída da Norma ABNT.

TABELA 3

Combinações recomendadas das dimensões principais "t", "a" e "r"

mm

t \ a	2*	2,5	3,2*	4*	5*	6,3	8*	10	12,5*	16	20*	25	32*	40	50*	r
1,6*	8*	8*														8
2*		8*	8*													8
2,5*			8* 10	8 10*	10 12,5*											8 10 12,5
3,2*		10*		8 10* 12,5	10 12,5*	12,5* 16										8 10 12,5 16
4*		10*	10*		10 12,5*	12,5 16*	16 20*	16 20*								10 12,5 16 20
5*			12,5*	12,5		12,5 16*	16 20* 25	16 20* 25	20 25* 32	20 25* 32	25 32*	32* 40	32 40*			12,5 16 20 25 32 40
6,3*			12,5*	12,5 16*	16		20* 25	20* 25 32	20 25* 32	25* 32	25 32* 40 50	32* 40 50	32 40* 50			12,5 16 20 25 32 40 50
8*				16 20*	16 20*	20		20 25* 32	25* 32	25 32* 40	25 32* 40 50	32* 40 50	32 40* 50 64			16 20 25 32 40 50 64
10*					16 20*	16 20* 25	20 25* 32		25* 32 40	25 32* 40	25 32* 40 50 64	32 40* 50 64	32 40* 50 64	40 50* 64		16 20 25 32 40 50 64
12,5*						20* 25	25* 32	25* 32		25 32* 40	32* 40 50	32 40* 50 64	32 40* 50 64 80	40 50* 64 80	50 64* 80	20 25 32 40 50 64 80
16*						20* 25	25* 32	25 32* 40	32* 40		32 40* 50	32 40 50* 64	32 40* 50 64 80	40 50* 64 80	50 64* 80	20 25 32 40 50 64 80
20*							25* 32	25 32* 40	32* 40 50	32* 40 50		32 40* 50 64	32 40* 50 64 80	40 50* 64 80	50 64* 80 100	25 32 40 50 64 80 100

continua

TABELA 3

➔ continuação

Combinações recomendadas das dimensões principais "t", "a" e "r"

		mm														
t \ a	2*	2,5	3,2*	4*	5*	6,3	8*	10	12,5*	16	20*	25	32*	40	50*	r
25*							32*	32*	32*	32	32		40*	40	50	32 40 50 64 80 100
32*								32*	32	32	32	40*		40	50	32 40 50 64 80 100 125
40*									40*	40*	40	40	50*		80*	40 50 64 80 100 125
50*											40	40	50	64		40 50 64 80 100 125

Notas: (1) - Escovas elétricas de seção quadrada não são recomendadas.

(2) - Quando da utilização de escovas com valores de "r" elevados, tomar a precaução de verificar que sejam adequadas ao tipo de porta-escovas utilizado.

(*) - Valor preferencial.

- Tabela extraída da Norma ABNT.

B) Rabichos (flexíveis)

É sempre vantajoso fabricar escovas equipadas com cabos flexíveis de cobre, para servirem como elo de ligação entre a escova e a rígida estrutura da máquina. O rabicho irá permitir um melhor caminho para a corrente fluir. Uma extremidade deverá estar bem fixada na escova, assim como uma outra estará fixada ao terminal.

Na tabela 4 demonstramos os valores recomendados da seção nominal - Normas IEC e ABNT.

A escolha do rabicho é feita considerando-se a corrente que irá conduzir, e esta é função da escova à qual o rabicho será conectado. Assim, para cada tipo de escova, há valores definidos para a bitola e formação dos rabichos.

Geralmente, são dimensionados para conduzir uma corrente bem maior que a corrente nominal da própria escova. Ao se apresentarem "queimados" é indicação de haverem conduzido sobrecarga acima de 300% por períodos prolongados.

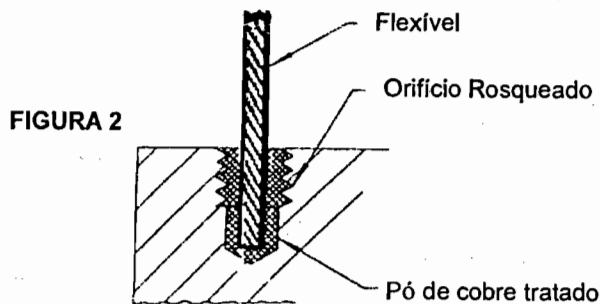
C) Conexões

A conexão do rabicho à escova pode ser feita das seguintes formas:

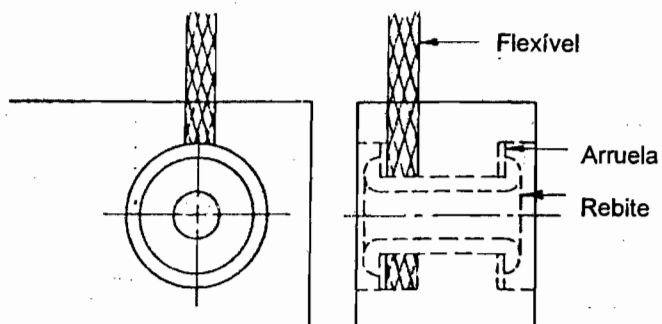
- 1.^a - Conexão com pó de cobre
- 2.^a - Conexão com rebite
- 3.^a - Conexão com solda
- 4.^a - Conexão no topo metálico

1.^a) Conexão com pó de cobre - O rabicho é preso à es-

cova, previamente furada com brocas especiais, com pó de cobre compactado em sua volta (figura 2).



2.^a) Conexão com rebite - O rabicho é fixado através de rebites ao corpo da escova (figura 3).



3.^a) Conexão com solda - O rabicho é fixado com solda branca à escova que previamente recebe um banho eletrolítico, depositando uma camada de cobre na escova (figura 4).

TABELA 4

Valores da seção nominal, do diâmetro aproximado e da massa aproximada de cordoalhas

Seção Nominal mm ²	Formação Efetiva		Diâmetro aproximado mm	Corrente máxima por cordoalha Amperes	Massa aproximada g / m
	Número de Fios	Diâmetro do fio elementar mm			
0,13	3x9	0,08	0,5	3	1,3
0,28	7x8	0,08	0,7	5	2,5
0,53	7x15	0,08	1,0	7	4,9
1,16	7x33	0,08	1,5	10	11,0
2,00	7x3x19	0,08	2,0	16	19,6
2,64	7x3x25	0,08	2,5	21	26,2
3,48	7x3x33	0,08	3,0	27	34,0
4,64	7x3x44	0,08	3,5	34	43,5
6,00	7x3x57	0,08	4,0	42	66,0
7,40	7x7x30	0,08	4,5	50	71,0
9,36	7x7x38	0,08	5,0	60	91,5
12,80	7x7x52	0,08	6,0	73	134,0

- Notas:** 1) - O fabricante das escovas elétricas deve ser avisado pelo fabricante da máquina no caso de sobrecorrentes excepcionais ou de ventilação reduzida a fim de que possa ajustar o diâmetro da cordoalha.
- 2) - Se a cordoalha for isolada, o fabricante da escova elétrica pode ajustar o seu diâmetro levando isso em consideração.
- 3) - Tabela extraída da Norma ABNT.

4.ª) Conexão no topo metálico - O rabicho é fixado por solda no topo metálico da escova que, por sua vez, é fixado a ela por rebites ou solda (figura 5).

Os rabichos das escovas elétricas serão conectados ao corpo das mesmas nas posições indicadas na figura 6.

Chamamos de "posição" ao local onde o rabicho é fixado no corpo da escova.

No comprimento dos rabichos recomenda-se usar uma das dimensões especificadas na tabela 5, considerando a definição de comprimento do flexível (rabicho) dada pela figura 7.

D) Terminais

Uma grande variedade de terminais é usada em escovas elétricas. Temos os terminais estampados e os de tubo prensado - Normas IEC e ABNT, conforme tabelas 6, 7, 8 e 9, e figuras 8, 9, 10 e 11.

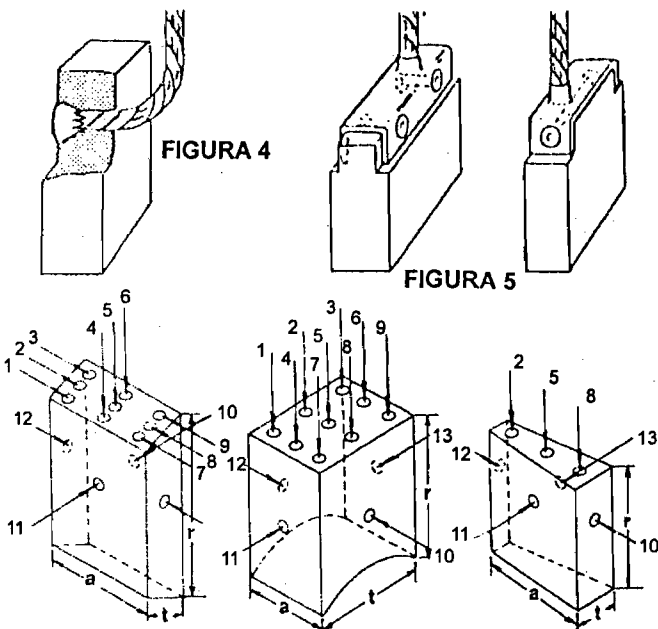


FIGURA 6

TABELA 5

REFERÊNCIA	COMPRIMENTO DO RABICHO	TOLERÂNCIA EM mm
1	16 mm	+ 3 - 0
2	20 mm	
3	25 mm	
4	32 mm	
5	40 mm	+ 5 - 5
6	50 mm	
7	63 mm	
8	80 mm	
9	100 mm	
10	125 mm	
11	160 mm	

Nota: Tabela extraída da Norma ABNT.

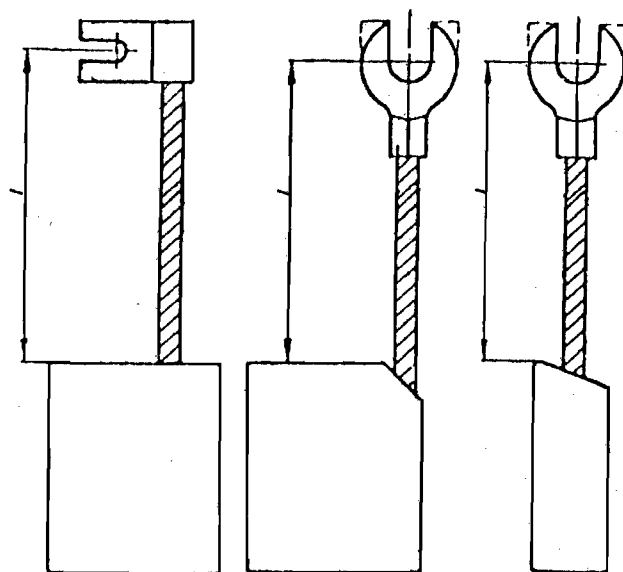


FIGURA 7

TABELA 6 - Terminais Axiais

Dimensões para os terminais axiais

Codificação correspondente ao furo ou ao rasgo do terminal	d + 0,3 0	B max.	L max.	X min.
				mm
TA 2,5	2,8	7	14	-
TA 4	4,3	11	18	6
TA 5	5,2	13	20	7
TA 6	6,5	17	28	8,5
TA 8	8,5	21	32	10,5
TA 10	10,5	23	40	13

Nota: As espessuras do material devem ser escolhidas entre os valores da série R20 da recomendação ISO/R388.
- Tabela baseada na Norma ABNT.

TABELA 7 - Terminais de Dupla Conexão

Dimensões para os terminais de dupla conexão

Codificação correspondente ao furo ou ao rasgo do terminal	d + 0,3 0	B max.	L max.	X min.
				mm
TDC 4	4,3	11	6	12
TDC 5	5,2	13	7	14
TDC 6	6,5	17	9	17
TDC 8	8,5	21	11	21
TDC 10	10,5	23	11	26

Notas: 1) - As tiras de larguras padronizadas podem ser utilizadas para a dimensão B dos terminais de dupla conexão.

2) - "b" aplica-se somente no caso de terminais de dupla conexão aberta, conforme figura 9.

3) - A espessura das tiras deve ser escolhida entre os valores da série R20 da recomendação ISO/R388.

4) - Tabela baseada na Norma ABNT.

E) Isolamento

Em muitos casos, alguns locais podem exigir que os flexíveis (rabichos) sejam isolados, a fim de impedir que haja um contato com a armadura da máquina. Para tanto, são utilizados ou espaguetes (de fibra de vidro ou porcelana) ou fibras espiraladas, as quais recobrem todo o rabicho, sem lhe tirar a capacidade de movimento.

F) Estribos

Muitas escovas são equipadas com acessórios especiais de topo. O material com que é feito o estribo pode ou não ser metálico (de preferência cobre ou latão). Podemos encontrar estribos de fibra, borracha, neoprens, celeron, plástico, ou mesmo uma combinação de dois diferentes materiais como cobre e neoprens, borracha e celeron, etc.

De acordo com a função, podemos classificar em:

- 1 - Estribos de proteção
- 2 - Estribos de distribuição de pressão
- 3 - Estribos limitadores de vida da escova
- 4 - Estribos com conexão

1 - Estribos de proteção - São usados em escovas muito macias (geralmente grafite) ou nas sujeitas a muita vibração. Sua função é evitar o desgaste da escova por parte do dedo de pressão do porta-escovas (figura 12).

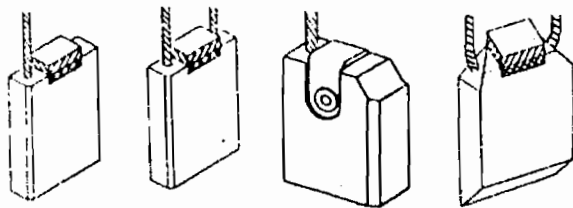


FIGURA 12

2 - Estribos de distribuição de pressão - Geralmente são usados em escovas duplas ou triplas cuja função é distribuir igualmente os esforços do dedo de pressão sobre cada uma das partes da escova (figura 13).

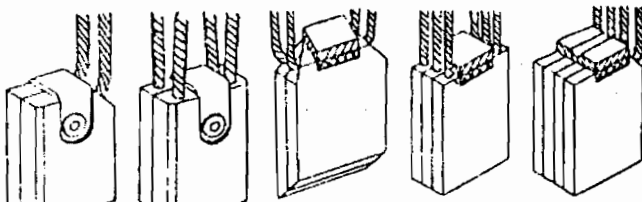


FIGURA 13

3 - Estribos limitadores de vida da escova - São topos geralmente estendidos além das faces das escovas, cuja função é determinar o limite máximo de uso da escova. Este estribo trabalha encaixado em rasgos nos porta-escovas e, quando o mesmo toca o fundo do rasgo, é sinal de que a escova chegou ao máximo de desgaste, devendo ser substituída (figura 14).

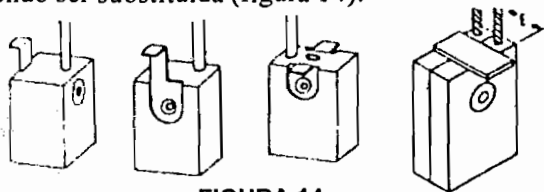


FIGURA 14

4 - Estribos com conexão - Em algumas escovas, os rabichos não são presos diretamente no carvão e sim soldados em peças metálicas. Sendo estas, por sua vez, presas às escovas. A estas peças metálicas dá-se o nome de estribos com conexão (figura 15).

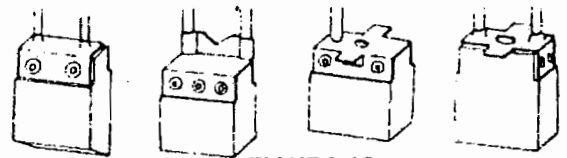


FIGURA 15

É comum encontrarmos estribos com mais de uma função, como, por exemplo, estribos de proteção e distribuição de pressão; estribos de conexão e limitadores de vida, etc.

G) Ângulos

Ângulos são cortes feitos nas extremidades das escovas, podendo ser divididos em dois tipos:

1 - Ângulos de bisel da face superior

São aqueles feitos na face superior das escovas, isto é, na face onde toca o dedo de pressão.

Os valores recomendados para o ângulo β são:
 0° $7,5^\circ$ 15° $22,5^\circ$ 30° $37,5^\circ$ 45°

As tolerâncias para todos estes valores são de $\pm 1^\circ$. Quando é superior a 15° , uma superfície plana de largura menor ou igual a 1mm pode ser deixada no vértice da escova elétrica (figura 16).

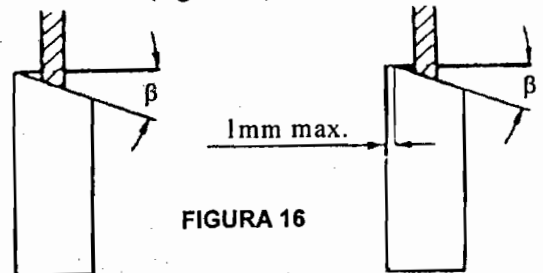


FIGURA 16

2 - Ângulos de bisel da face de contato

São aqueles feitos na face inferior ou face de contato com o comutador ou anel, conforme figura 17.

Os valores recomendados para o ângulo α são:
 0° $7,5^\circ$ 15° $22,5^\circ$ 30° $37,5^\circ$

As tolerâncias para todos estes valores são de $\pm 1^\circ$. Os ângulos de bisel superior e inferior deverão seguir orientação das Normas e serão medidos conforme figura 18, devendo ser descritos da seguinte forma:

- Bisel superior
- Bisel inferior

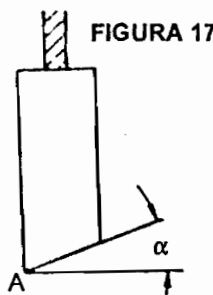


FIGURA 17

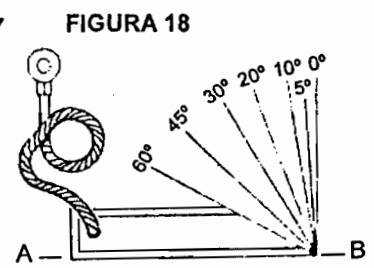
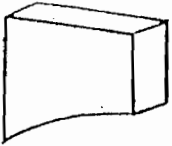
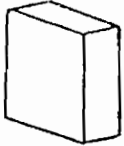
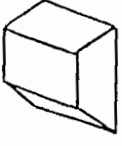
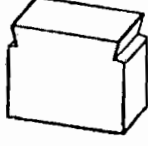

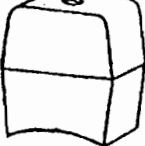
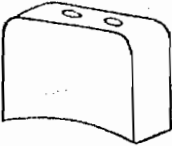
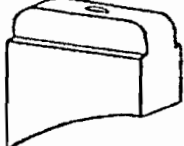
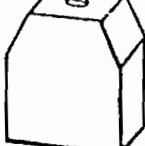

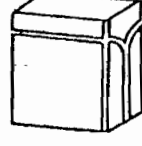
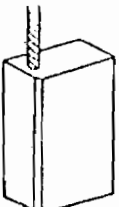
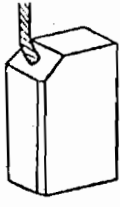
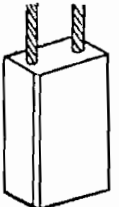
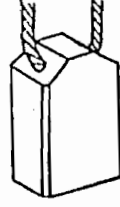
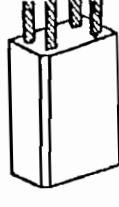
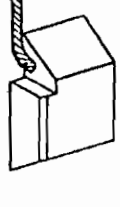
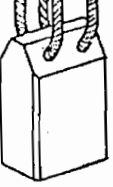
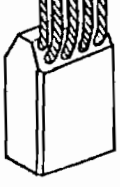
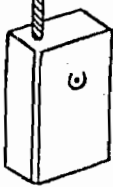
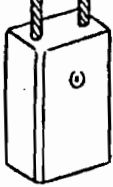
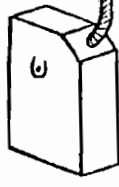
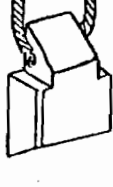
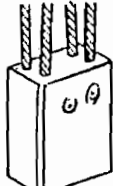
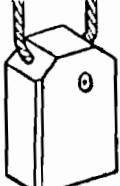
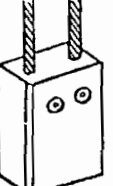

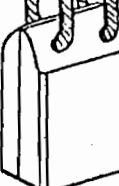
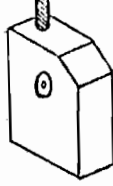

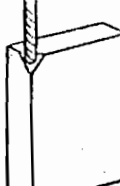
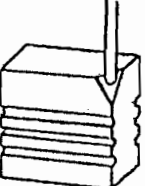

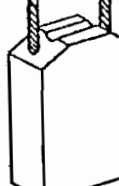

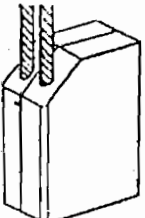
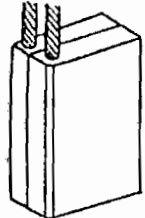
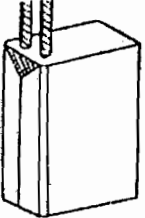
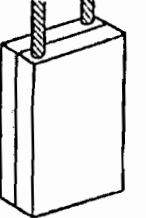
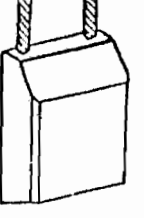
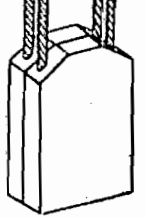
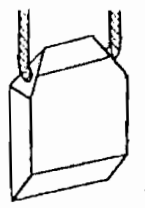
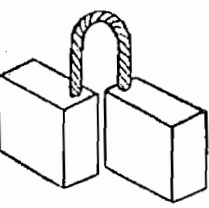
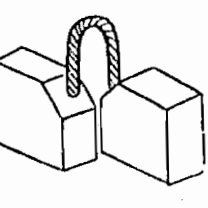
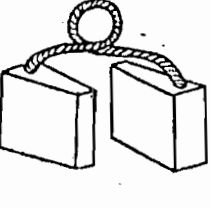
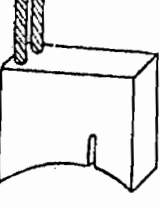
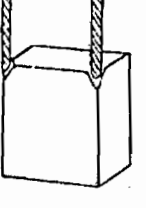
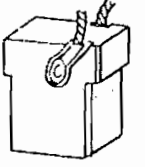
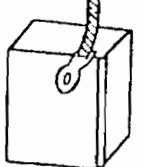
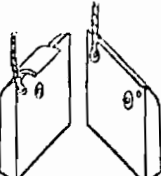
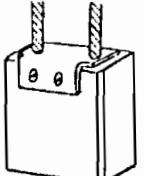
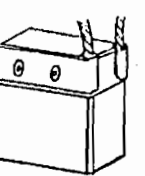
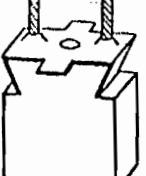
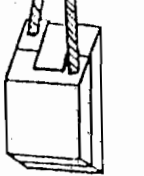
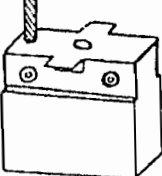
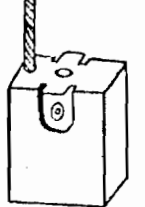
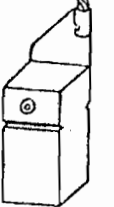
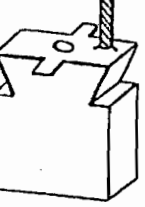
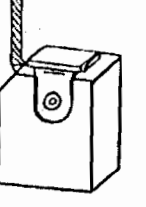
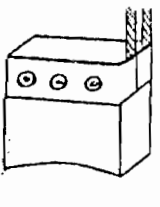
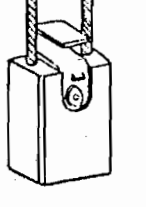
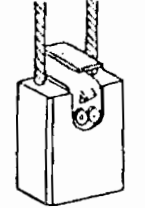
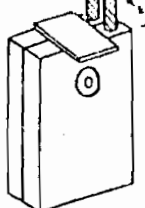
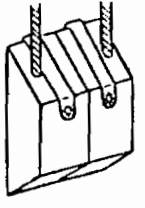
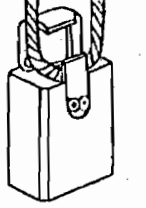
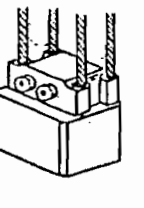
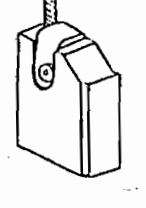
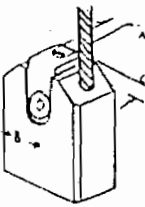
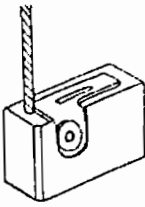
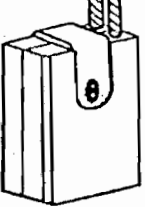
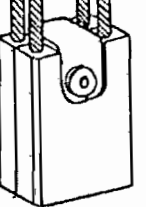
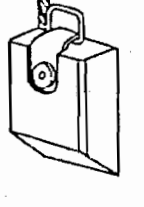
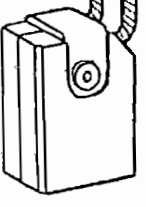


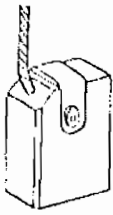
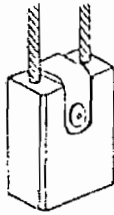
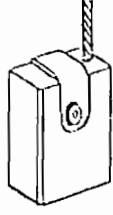

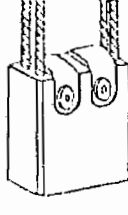
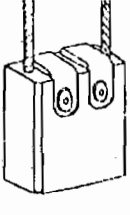
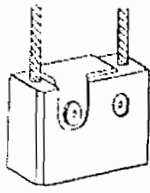
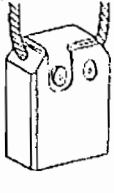
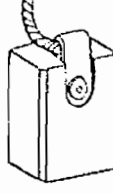
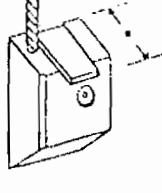
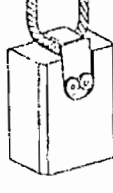
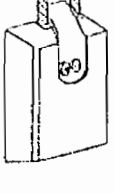
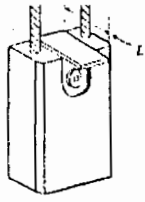
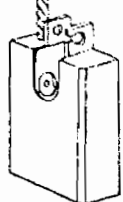
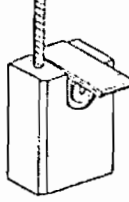
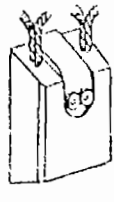
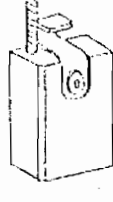
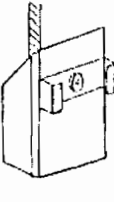
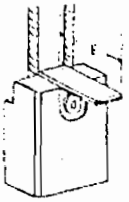
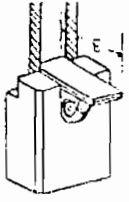
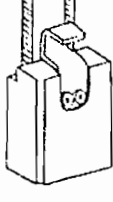
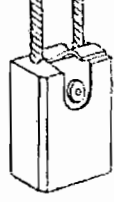
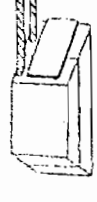
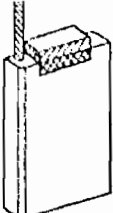
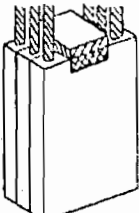
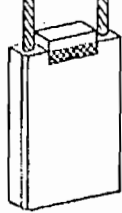
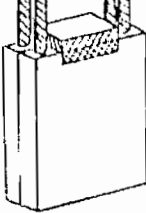
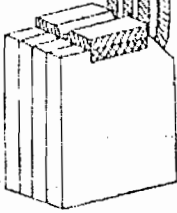
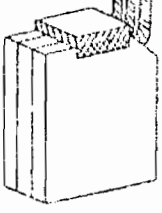
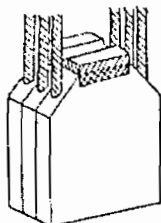
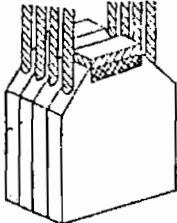
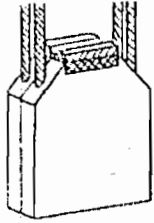
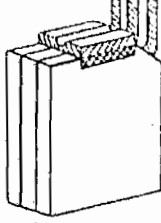
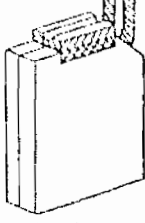
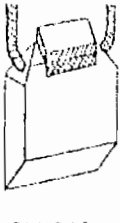
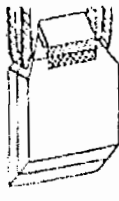
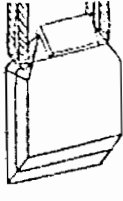
FIGURA 18

Os raios serão designados pelo seu comprimento em milímetros arredondado para cima "D".

Modelos de todos os tipos de Escovas

					
CM-01	CM-02	CM-03	CM-04	CM-05	CM-06
					
CM-07	CM-08	CM-09	CM-10	CM-11	
					
CM-101	CM-102	CM-103	CM-104	CM-105	CM-106
					
CM-107	CM-108	CM-109	CM-110	CM-111	CM-112
					
CM-113	CM-114	CM-115	CM-116	CM-117	CM-118
					
CM-119	CM-120	CM-121	CM-122	CM-123	CM-124

					
CM-125	CM-126	CM-127	CM-128	CM-129	CM-130
					
CM-131	CM-132	CM-133	CM-134	CM-135	CM-136
					
CM-137	CM-138				
					
CM-201	CM-202	CM-203	CM-204	CM-205	CM-206
					
CM-207	CM-208	CM-209	CM-210	CM-211	CM-212
					
CM-213	CM-214	CM-215	CM-216	CM-217	CM-218
					
CM-219	CM-220	CM-221	CM-222	CM-223	CM-224

					
CM-225	CM-226	CM-227	CM-228	CM-229	CM-230
					
CM-231	CM-232	CM-233	CM-234	CM-235	CM-236
					
CM-237	CM-238	CM-239	CM-240	CM-241	CM-242
					
CM-243	CM-244	CM-245	CM-246	CM-247	
					
CM-301	CM-302	CM-303	CM-304	CM-305	CM-306
					
CM-307	CM-308	CM-309	CM-310	CM-311	CM-312
					
CM-313	CM-314				

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS QUALIDADES

Quem lida com escovas elétricas está bastante familiarizado com suas propriedades físicas específicas; todavia, existem outros fatores secundários que influem na performance de uma escova. Como exemplos, podemos citar a umidade, a temperatura ambiente, as poeiras e os gases na atmosfera.

A composição da escova e o método de fabricação são os fatores preponderantes na determinação das características de operação.

Muitas vezes somos obrigados a lançar mão de confrontos de características para a escolha de uma qualidade de carvão que satisfaça determinada máquina.

Estas características físicas, que daremos a seguir, são obtidas experimentalmente, algumas com testes relativamente simples, por exemplo, na obtenção da resistência específica, dureza e resistência mecânica; outras como, por exemplo, na queda de tensão no ponto de contato, coeficiente de atrito requerem testes muito delicados. Devemos informar ainda que, para que sejam obtidos os mesmos resultados, os testes deverão ser feitos nas mesmas condições de temperatura, umidade, etc.

Ainda outras características como: densidade de corrente, abrasividade e velocidade periférica máxima permissível são impossíveis de ser obtidas através de qualquer teste. Assim, as escovas são agrupadas relativamente a estas características através de observações feitas em uma grande faixa de aplicações e serviços prestados em diversos tipos de campos de aplicação.

Definiremos, agora, cada uma das características físicas especificadas das escovas:

A) Resistência específica ou resistividade do material

Conforme sabemos, foi estabelecido que a resistência de um condutor homogêneo de seção S e comprimento l

é expressa pela relação $R = \rho \frac{l}{S}$, sendo um coeficiente

experimental, o qual depende, exclusivamente, da natureza do material condutor que se considera. Esse coeficiente experimental é chamado resistência específica ou resistividade do material em exame.

Calculando, por meio da fórmula $R = \rho \frac{l}{S}$, a

resistência elétrica de um condutor, tendo comprimento e seção unitário $l = 1$ e $S = 1$ resulta $R = \rho$.

A resistência específica ou resistividade de um material fica definida, portanto, como a resistência elétrica de um prisma desse material, tendo unidade de comprimento e unidade de seção.

Querendo calcular as resistências elétricas expressas em ohms, é necessário se definir a resistência específica ou resistividade dos condutores em ohms, mas, sendo esta a resistência de um condutor que tem 1 cm^2 de seção e 1 cm de comprimento, seria expressa por números muito pequenos para quase todos os materiais usados em eletrotécnica. Para evitar este inconveniente,

praticamente exprime-se a resistividade dos materiais em microhms. Portanto, a resistência específica dos materiais é expressa em microhms cm^2 por cm ($\mu\Omega \text{cm}$).

Na aplicação da relação $R = \rho \frac{l}{S}$, querendo obter

a resistência expressa em ohms, é necessário multiplicar o segundo membro pelo fator de redução 10^{-6} , exprimindo o comprimento do condutor em cm e a seção em cm^2 .

A fórmula para o cálculo da resistência dos condutores será:

$$R (\Omega) = 10^{-6} \cdot \rho (\mu\Omega \text{cm}) \cdot \frac{l (\text{cm})}{S (\text{cm}^2)}$$

O carvão tem um coeficiente negativo de resistência, isto é, a resistência diminui com o aumento da temperatura dentro da variação normal do trabalho das aplicações da escova.

Escovas de metal-grafite geralmente mostram poucas modificações de resistência específica com temperatura devido ao efeito de balanceamento do carvão cobre. A resistência específica é muito importante no controle de uniformidade da escova quando de sua fabricação. É proveitosa também na seleção da mesma quanto à variação geral da especificação do material.

B) Resistência mecânica

É a resistência transversal expressa em quilogramas por centímetro quadrado (kg/cm^2), determinada através de testes de resistência em uma máquina Olsen.

O teste é feito em corpos de prova de tamanho uniforme. O corpo de prova é sustentado por dois apoios, enquanto um cutelo desce sobre o centro do corpo de prova até que este se rompa. Nesse instante, lê-se no dinamômetro a carga aplicada e utiliza-se a seguinte fórmula para obter a resistência do material:

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}, \text{ onde}$$

S = Tensão em quilogramas por centímetro quadrado na fibra mais solicitada no momento da ruptura.

P = Carga em quilogramas aplicada entre os suportes.

L = Distância entre os suportes em centímetros.

b = Largura da seção do corpo de provas em cm .

d = Espessura da seção do corpo de provas em cm .

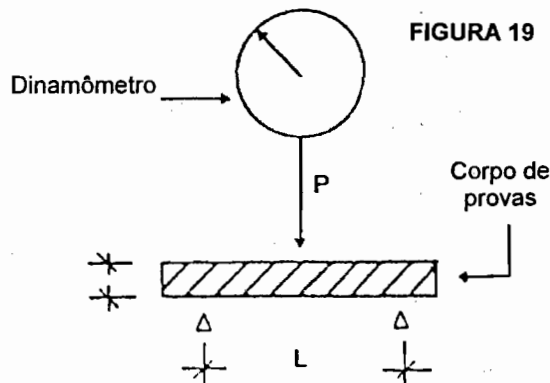


FIGURA 19

C) Dureza

A dureza é tirada da unidade de medida SHORE através do aparelho escleroscópico SHORE C2, e utilizando-se uma ponta de diamante e soltando-a de uma altura predefinida observa-se então o resultado.

A variação do acabamento do material sob testes tem algum efeito na interpretação obtida. A interpretação é relativa; por exemplo, o aço tem normalmente 105 e o latão 20.

D) Perdas por atrito nas escovas

A experiência tem mostrado grandes variações nos ensaios feitos na fábrica antes de o comutador e as escovas adquirirem superfícies lisas, como ocorre após certo tempo de operações. Por causa disso, devem ser usadas as seguintes fórmulas empíricas, que representam valores médios obtidos em muitos ensaios:

Escovas de grafite e eletrografite: $W = 0,25 \times V \times S$

Escovas de grafite metalizadas: $W = 0,15 \times V \times S$, onde:

W = Perdas por atrito nas escovas em centímetros quadrados.

V = Velocidade periférica do comutador, em metros por segundo.

S = Área de contato das escovas, em centímetros quadrados.

E) Velocidade periférica

É a velocidade superficial do comutador ou do anel expressa em metros por segundo. Os valores podem ser encontrados pela seguinte fórmula:

$$V_s = \frac{\pi \times D \times N}{60}, \text{ onde}$$

$\pi = 3,1416$

V_s = Velocidade superficial em m/s.

D = Diâmetro do comutador ou anel em metros.

N = Velocidade da máquina em rotações por minuto.

Se quisermos um valor muito aproximado, poderemos usar a seguinte fórmula:

$$V_s = \frac{D \times N}{20}$$

A escolha incorreta de uma qualidade pode acarretar um desgaste acentuado das escovas. Considerando-se que um comutador ou um anel deslizante nunca será idealmente redondo, com o aumento da velocidade periférica ocorrem falhas e até interrupções de contato, causando um excesso de desgaste mais do que proporcional (figura 20).

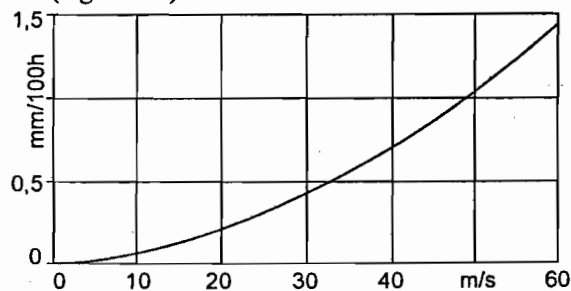


FIGURA 20

F) Queda de tensão no ponto de contato

É a queda de tensão entre a face da escova e o coletor. Os números da tabela 10, que se segue, foram obtidos sob rigorosas condições de controle, e que só podem ser obtidos novamente se tivermos estas mesmas condições. Servirá esta tabela para termos uma idéia ao compararmos uma qualidade com outra.

Seu valor varia consideravelmente dependendo da película do comutador ou do anel. Alguns fatores influenciáveis na queda de contato são a pressão da escova, temperatura da escova e do comutador, velocidade periférica e condições atmosféricas como umidade, gases estranhos, oxigênio e outros.

TABELA 10
Classificação de queda de tensão

CLASSIFICAÇÃO	QUEDA DE TENSÃO EM VOLTS (PÓS. + NEG.)			
	CARVÃO, GRAFITE E ELETROGRAFITE		METAL-GRAFITE	
	VARIAÇÃO	SÍMBOLO	VARIAÇÃO	SÍMBOLO
muito alta	acima de 2,5	MA	acima de 1,0	ma
alta	1,9 a 2,5	A	0,7 a 1,0	a
média	1,3 a 1,9	M	0,4 a 0,7	m
baixa	0,8 a 1,3	B	0,2 a 0,4	b
muito baixa	abaixo de 0,8	MB	abaixo de 0,2	mb

G) Coeficiente de atrito (fricção)

Atrito é a resistência que se opõe ao deslizamento de um objeto sobre outro. Nas escovas, refere-se ao contínuo atrito da escova com o coletor em movimento. É muito importante, pois afeta a máquina no que diz respeito ao trabalho silencioso, à elevação de temperatura do coletor e à energia total perdida da máquina.

Nossa meta é obter o mínimo de atrito, ou seja, um coeficiente mínimo de atrito entre a escova e coletor. Por exemplo: um homem, puxando uma caixa com 100 Kg de peso sobre uma superfície áspera de concreto, emprega uma força de 75 Kg para colocá-la em movimento. O coeficiente de atrito entre as duas superfícies (caixa e concreto áspero) será:

$$\frac{75 \text{ Kg}}{100 \text{ Kg}} = 0,75$$

Porém, quando este homem puxa a mesma caixa sobre uma superfície polvilhada com grafite, ele encontra muito maior facilidade em deslocá-la, usando apenas um esforço de 25 Kg; portanto, o coeficiente de atrito será:

$$\frac{25 \text{ Kg}}{100 \text{ Kg}} = 0,25$$

Logo, alterando a natureza do contato entre as superfícies, também alteramos o coeficiente de atrito. Na figura 21 mostramos, através de gráfico, o comportamento do coeficiente de atrito em relação à temperatura.

Para propósitos de comparação, classificamos o coeficiente de atrito como segue:

Alto - (A) - acima de 0,3 - 10 a 12 A/cm²

Médio - (M) - de 0,225 a 0,3 - 8 a 12 A/cm²

Baixo - (B) - abaixo de 0,225 - 6 a 12 A/cm²

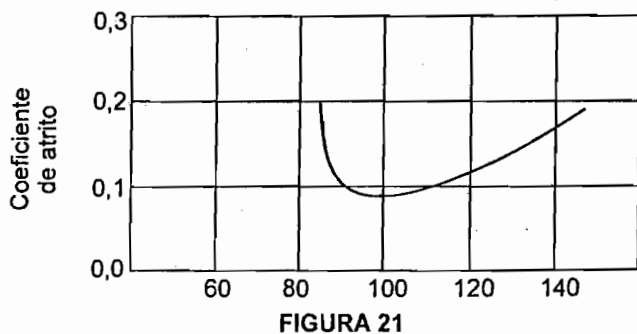


FIGURA 21

H) Densidade de corrente (A/cm²)

É a densidade de corrente medida em amperes por centímetro quadrado (A/cm²), da seção do material que uma escova pode suportar sem grande aquecimento. Também devemos levar em conta o aquecimento produzido pelas correntes em curto-circuito, pelo atrito de contato entre as duas superfícies. O valor então obtido, após estas considerações, representa a capacidade de carga que uma escova pode suportar, sem danos, sob condições normais de operação, em uma máquina de propósitos comuns. Dada a grande faixa de segurança com que é feito este material para compensar as correntes em curto-circuito e o aquecimento, é frequentemente possível, em máquinas possuindo ótima comutação, exceder o valor tabelado da densidade de corrente.

Em máquinas que trabalham intermitentemente, e para pequenos períodos, como, por exemplo, os motores de elevadores, o valor normal tabelado pode ser ultrapassado em 50 a 75%. Para escovas de comutadores e anéis, o valor tabelado pode ser excedido em 25%, ou talvez um pouco mais para o caso de anéis, dependendo das condições de ventilação e outras condições de operação.

Para máquinas de corrente contínua, onde a corrente em amperes é conhecida, a densidade de corrente (Dc), em amperes por cm² da seção da escova, pode ser calculada através da seguinte fórmula:

$$Dc = \frac{In}{N/2 \times L \times E}, \text{ onde}$$

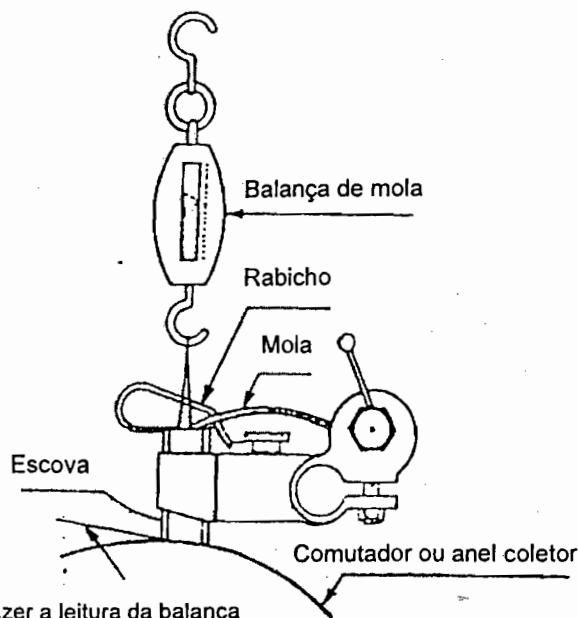
- Dc = Densidade de corrente em A/cm².
- I = Corrente da máquina em amperes.
- N = Número total de escovas na máquina.
- L = Largura da escova em centímetro.
- E = Espessura da escova em centímetro.

Para anéis coletores, onde In é a intensidade da corrente por anel e N é o número de escovas por anel, aplicamos a seguinte fórmula:

$$Dc = \frac{In}{N \times L \times E}$$

I) Pressão na escova

A pressão nos é dada em gramas por cm² de seção da escova. A medição da pressão nas molas dos porta-escovas pode ser feita de forma acurada através das balanças de pressão (dinamômetro); esta operação pode ser feita compreendendo a seguinte figura 22.



Fazer a leitura da balança quando a tira de papel puder ser puxada de entre a escova e o coletor

FIGURA 22

Coloca-se o laço de couro envolvendo o dedo de pressão, e, assim que a escova deixar de ter contato com o coletor, faz-se a leitura na escala. A fim de saber quando a escova deixa de ter contato com o coletor, coloca-se entre ambos uma tira de papel e, logo que esta tira se soltar, devemos ler na escala a pressão correspondente. A tira de papel deve ser levemente puxada.

Para geradores e motores estacionários, recomendamos uma pressão nunca abaixo da tabela 11, exceto em condições especiais. Uma boa regra a seguir é usar a pressão dentro do limite recomendado, o que nos dá a mais satisfatória comutação. Esta raramente deverá ser menor que 125 g/cm² para motores estacionários, exceto para determinadas escovas de grafite que podem trabalhar com pressão abaixo deste valor.

Pressões abaixo das recomendadas nunca devem ser usadas com o intuito de aumentar a eficiência ou reduzir o atrito. Tal prática pode resultar em dano para o coletor, pois não haverá o firme contato entre escovas e coletor. A mesma recomendação se aplica também para o caso de anéis.

TABELA 11

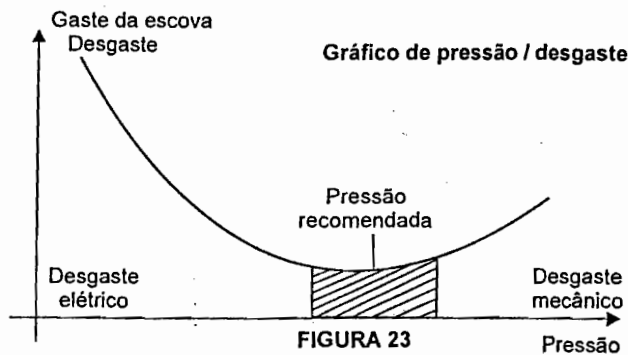
TIPOS DE MÁQUINA	PRESSÃO NA ESCOVA
Máquinas estacionárias livres de vibração e ruído	150 a 200 g/cm ²
Anéis deslizantes	170 a 250 g/cm ²
Motores de tração	250 a 570 g/cm ²
Máquina com alta vibração	até 350 g/cm ²
Motores fracionários	até 450 g/cm ²

Para escovas de tração, é usada geralmente uma pressão que varia de 250 a 570 g/cm², dependendo da velocidade ou de outras condições.

Para máquinas sujeitas a grande vibração, a pressão recomendada é aproximadamente a mesma das escovas de tração.

Para motores e geradores modernos de alta velocidade e para tarefas pesadas, como, por exemplo, para laminadores, onde são usadas as escovas de eletrografite, devemos ter um especial cuidado no uso de uma pressão exata e também verificar se todas as escovas possuem a mesma pressão.

Na figura 23 mostramos como a pressão afeta o desgaste da escova.



J) Temperatura

Como o filme (patina) que se forma nos comutadores ou anéis tem propriedades largamente semicondutoras, ele é altamente influenciado pela temperatura de trabalho, a resistência de contato medida em rotores frios é alta em função da baixa condutibilidade elétrica do filme (patina); com o gradativo aumento de temperatura esta resistência vai diminuindo. De forma idêntica ocorre com o coeficiente de atrito: com o aumento de temperatura ele vai se reduzindo a um mínimo, porém, torna a elevar-se após uma certa faixa de temperatura.

Na tabela 12 demonstramos os valores ideais de funcionamento de temperatura.

TABELA 12

APLICAÇÃO	COLETOR TEMPERATURA	ESCOVA TEMPERATURA
Motores de tração	125°C	150°C
Máquinas normais de potência	80°C	90°C
Máquinas fracionárias	85 a 100°C	100°C
Máquinas de aviação	100°C	150°C
Anéis de turbo geradores	80°C	80°C
Alternadores de carro	75°C	75°C
Anéis de prata	70°C	70°C

L) Filme (Patina)

Chamamos de filme à película lubrificante formada sobre o comutador ou anel coletor que tem a espessura de aproximadamente 0,02 micra, ou seja, 1000 vezes mais fino que o fio de cabelo humano.

A operação eficiente de todas as máquinas de c.c. depende da formação de uma película apropriada na superfície do comutador. Essa película de carvão, grafite, óxido de cobre e vapor de água é depositada no comutador por ação eletroquímica, sendo formada pelo contato deslizante da escova sobre o comutador e pelo fluxo normal de corrente entre a escova e o comutador.

O fato de a superfície do comutador não ser nunca absolutamente lisa, embora possa ter esse aspecto ao

tato e à primeira vista, possibilita a permanência da película. Normalmente, nos comutadores novos ou reconicionados, a escova começa a formar essa película característica logo que é iniciado o fluxo de corrente. Podem ser necessárias várias horas ou alguns dias para completar uma película de boa qualidade. Mas, depois disso, a tarefa principal consiste em preservá-la.

A temperatura, o ambiente e o tipo de escova adotada afetam a formação dessa película. Se ela for deteriorada elétrica ou mecanicamente, tanto o desgaste da escova quanto o do comutador serão acelerados.

Nunca será demais acenar a importância da superfície da película do comutador. A formação e preservação adequada dessa película assegurará o bom desempenho das escovas (menor desgaste das escovas e do comutador) e a comutação satisfatória (sem faiscamento destrutivo).

As alterações na cor do cobre, até marrom escuro ou cor de chocolate, não devem constituir motivo para preocupações, enquanto a superfície for mantida lisa e polida (aparência brilhante).

Filme inadequado

As causas que contribuem para que haja um filme inadequado são:

- Contatos perigosos
- Escolha errada de granulação da escova
- Excesso de umidade
- Pouca ou ausência de umidade
- Densidade da corrente

Chamamos de contatos perigosos toda a substância que, entrando em contato com as escovas e o comutador, pode prejudicar o funcionamento da máquina, inclusive, danificando o comutador.

Apontamos abaixo alguns contatos perigosos mais frequentes em nossas indústrias:

Vapores ácidos - Graxas - Poeiras - Detergentes - Álcoois - Cetonas - Fumaça de cigarro - Amônia.

No caso de contatos perigosos, o que temos a fazer é tentar eliminá-los ou, na sua impossibilidade, pelo menos, tentar atenuar ao máximo seus efeitos, através de ventilação forçada.

No caso de óleo ou graxa, melhorar a proteção contra poeiras, evitar a limpeza do comutador com detergentes, gasolina, removedores, etc., evitar a aproximação de álcool, amoníaco, cetonas, bem como até fumaça do seu próprio cigarro.

Devemos, por outro lado, ter muito cuidado na escolha de uma granulação para as escovas, porque uma escolha errada pode trazer consequências trágicas para sua máquina, senão vejamos: Se escolhermos uma granulação na faixa de trabalho de 10 a 12 A/cm² e a máquina trabalhar na faixa de 6 a 12 A/cm², teremos ausência de filme e desgaste rápido do comutador e das escovas.

Se a densidade de corrente for alta demais para as escovas, esta irá formar muito filme, sujando o comutador, aumentando a resistência entre escovas e comutador, provocando um centelhamento destrutivo.

Se, no caso inverso, a densidade da corrente for baixa demais para a granulação escolhida, pouco ou

nenhum filme irá formar. Teremos, como resultado um comutador ranhurado e um desgaste muito grande no coeficiente de atrito que poderá causar trepidação nas escovas, desprendimento dos flexíveis e até quebra nas escovas.

No caso de ambiente muito úmido, também haverá muita formação de filme. Nesta situação, deveremos usar escovas que tenham pouca tendência à formação de filme; no caso de termos pouca ou mesmo ausência de umidade na atmosfera, deveremos usar escovas com tendência pronunciada à formação de filme.

Outros casos mais difíceis que os já apresentados poderão surgir e, para a solução dos mesmos, os interessados poderão contar, como salientamos no início, com a ajuda do Departamento Técnico da CARBOMEC.

CONDIÇÕES EXIGIDAS PARA UMA BOA PERFORMANCE

Dentre os muitos fatores de real importância ao bom funcionamento de uma máquina interessam-nos, naturalmente, os mais relevantes.

Quando as máquinas são projetadas e fabricadas, muitos destes fatores são levados em consideração. Seis deles, intimamente ligados à manutenção tanto do coletor como das escovas, foram os escolhidos para esta apresentação.

No final, em anexo, apresentamos uma tabela onde procuraremos sugerir modos que melhor mantenham suas máquinas em bom funcionamento, com máximo rendimento, principalmente:

A) Ausência de centelhamento

O centelhamento, na maioria das vezes, é o primeiro sinal de sérias complicações. Três são as causas mais frequentes e danosas: grandes sobrecargas, vibração e condições atmosféricas adversas. Mas, outros fatores podem também contribuir como: defeitos mecânicos na máquina, escolha de escovas de granulação inadequada, defeitos elétricos na máquina e pressão incorreta.

B) Uniformidade do filme na superfície do comutador

O bom estado da superfície do comutador é de grande influência para a "saúde" do restante da máquina.

A uniformidade e o grau de polimento do filme formado traduzem o comportamento da escova e indicam o caminho para um trabalho satisfatório da máquina. Quando a superfície de um comutador começa repentinamente a se alterar em seu aspecto, é necessário que se tome uma rápida providência para restituir-lhe suas condições originais, e isto é muito importante.

C) Mínimo desgaste do comutador

Como causas mais importantes no desgaste do comutador temos: forte centelhamento, escovas abrasivas e queima de superfície do comutador. Esta última, por sua vez, tem origem em várias causas. O resultado de tudo isto são grandes perdas de tempo e de dinheiro em retificações do comutador e na paralisação (para os devidos consertos) das máquinas.

D) Perdas mínimas elétricas e mecânicas

Pelo fato de não existir, na verdade, máquinas 100%

eficientes, algumas perdas tornam-se inevitáveis. Perdas por atrito das escovas, resistência do filme sobre a superfície do comutador, calor excessivo localizado, tudo isto junto pode resultar em prejuízo maior para a eficiência de um motor ou gerador, enquanto que a adoção de escovas de qualidade adequadamente selecionada motivará uma operação correta, reduzirá estas perdas ao mínimo, aumentando a eficiência da máquina.

E) Trabalho silencioso

O contato constante e ininterrupto das escovas com o comutador constitui um dos fatores básicos para o bom funcionamento de uma máquina. Um trabalho silencioso é bom indício de contato correto. A trepidação ou barulho pode desenvolver-se sob várias condições, todas de modo a reduzir a eficiência da máquina, ou, eventualmente mesmo, causar sua própria destruição.

Como exemplos comuns das causas desses distúrbios, vale citar: segmentos altos, filme muito denso sobre o comutador, ângulo ou pressão incorreta na escova, etc.

F) Vida longa da escova

A vida longa da escova é interessante e indica, geralmente, um trabalho satisfatório da máquina. Mas, não devemos sacrificar os cinco elementos anteriores só para se ter uma vida longa da escova, pois os prejuízos advindos serão mais altos do que o preço de um novo jogo de escovas.

MANUTENÇÃO E CUIDADOS COM AS MÁQUINAS QUE USAM ESCOVAS

A) Comutador - Introdução

O comutador (mais comumente chamado "coletor") é uma peça vital de todos os motores e geradores de corrente contínua, merecendo, por isso, o melhor tratamento possível. Via de regra, o fato de os comutadores solicitarem manutenção, apresentando indícios de dificuldades antes da ocorrência de defeitos, constitui grande vantagem para os encarregados de manutenção.

Se reconhecer esses indícios e souber como atuar poderá, com frequência, corrigir defeitos antes que eles se convertam em problemas graves.

Função: Os comutadores exercem três funções:

1- Fornecem o contato elétrico deslizante indispensável entre as escovas fixas e a armadura em rotação.

2- Atuam como chave de reversão. À medida em que as pontas das bobinas da armadura passam pelas escovas, o comutador transfere-as de um circuito para outro, fazendo com que todas as bobinas sejam atravessadas por corrente elétrica, fluindo sempre na direção correta.

3- Eles também conduzem à superfície das escovas a tensão total de operação da máquina.

Comutação

É a inversão da corrente em uma bobina que está sendo curto-circuitada por uma escova.

A circulação da corrente através das escovas e dos

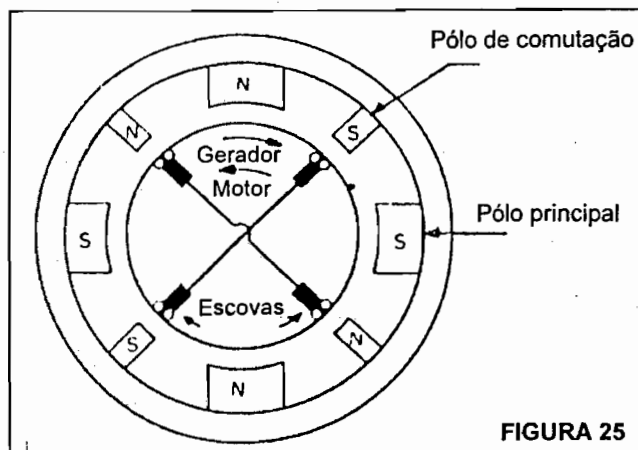
enrolamentos da armadura de uma máquina de corrente contínua normalmente segue vários caminhos ao penetrar nos enrolamentos, vinda do comutador. Depois de circular pelos enrolamentos, esses caminhos juntam-se novamente e saem através da escova de saída. À medida em que cada bobina passa por baixo da escova (veja figura 24), a corrente circula em uma direção, quando em um lado da escova, e na direção oposta, quando no outro lado: assim, a corrente deve passar pelo valor zero, em seguida é invertida na fração de segundo que demora para a bobina passar por baixo da escova. Note que cada escova é bastante larga para alcançar duas lâminas adjacentes comutadoras e curto-circuita a bobina do induzido durante um instante.

Este fenômeno é o da comutação.

Que é que acontece se a corrente não for invertida a tempo? A bobina sairá debaixo da escova com a corrente ainda fluindo na direção primitiva. O ponto de encontro com a corrente que flui no outro caminho (chamado "ponto neutro") não mais estará por baixo da escova. Esta mudança do "ponto neutro" acumula a corrente em uma das bordas da escova. Em seguida, ela bate para a superfície do comutador sob a forma de uma centelha para alcançar este ponto mudado.



Desenho da armadura mostrando a direção do fluxo de corrente através das bobinas. É indicada a polaridade do gerador.



Posições relativas dos pólos principais, pólos de comutação e em curto-circuito, onde a corrente está sendo invertida.

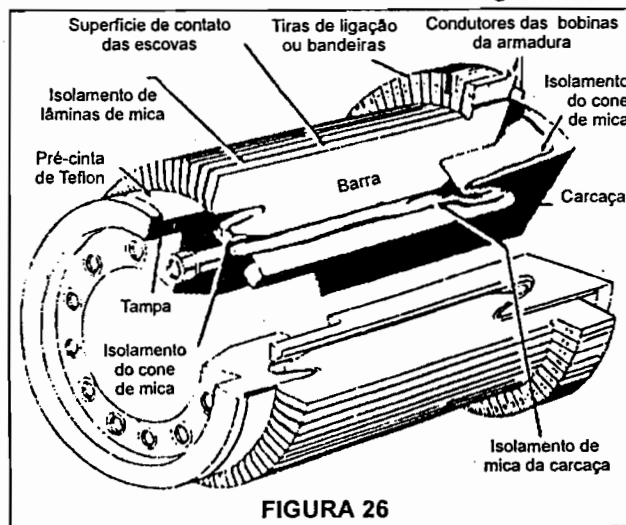
Estas máquinas operam com uma ampla faixa de corrente de carga e, quanto maior for a corrente, mais difícil será atingir uma inversão completa quando a bobina corre por baixo da escova. Assim, a maioria das grandes máquinas de corrente contínua são dotadas de interpólos (ou pólos de comutação) para acelerar esta inversão de corrente e para manter o "ponto neutro" embaixo da escova. Estes pólos são menores e ficam localizados entre os pólos principais da carcaça do gerador ou do motor (figura 25). A polaridade é a mesma que no pólo seguinte na direção de rotação de um gerador e a mesma que no pólo no caso de um motor. Eles não trabalham para outra coisa que não seja ajudar o trabalho da comutação. O magnetismo destes pólos forma uma tensão nas bobinas do induzido à medida que passam pela zona coberta pelo contato da escova. Esta tensão acelera a inversão de corrente para completá-la antes que a bobina deixe o contato da escova.

Estes pólos são projetados para realizarem um bom trabalho de comutação a plena carga e mesmo até além dela. Quando, entretanto, ocorre uma súbita passagem de excesso de corrente pelos enrolamentos, o magnetismo do ferro não pode crescer de modo bastante rápido. É quase a mesma coisa que subitamente abrir uma mangueira de água de jardim - demora alguns segundos antes que a água possa sair pelo bocal.

Isto significa que não há tensão suficiente para inverter a corrente no tempo concedido e, como resultado, ocorre o centelhamento. Além disso, somente se pode aplicar um certo grau de magnetismo em uma peça de ferro. No seu valor máximo fica cheio ou saturado. É como o caso de tentar forçar a passagem por uma mangueira de uma quantidade de água maior do que é capaz. Daí, portanto, existe um limite para a ajuda que os pólos possam prestar na inversão da corrente da bobina. Quando a corrente fica tão intensa que este auxílio não é suficiente, caso de se ter na máquina uma carga maior do que a mesma é capaz, ocorrerá, como resultado, o centelhamento.

Construção

Os comutadores são construídos com segmentos al-



Corte do comutador.

ternados de cobre e de mica (figura 26). Os segmentos de cobre recebem com frequência o nome de barras, sendo as seções de mica chamadas simplesmente "micas". As seções de mica separam eletricamente as barras, sendo rebaixadas em relação à superfície das barras para não interferirem no deslizamento das escovas sobre a superfície do comutador. As barras (ou lâminas) têm perfil de cunha, de maneira a formarem um cilindro quando montadas.

Cada barra possui uma bandeira em uma extremidade onde são feitas as ligações com a bobina da armadura. As barras são mantidas em posição pela ação de aperto de uma capa de aço parafusada em uma carcaça de aço (figura 27).

Os cones de mica, com contorno adequado para se encaixarem entre a carcaça e a capa, isolam as barras do terra (induzido).

Uma bandagem de Teflon para isolamento superficial, aplicada sobre o isolamento exposto de cone, protege a mica contra avarias e apresenta uma superfície lisa de isolamento superficial que é fácil de manter limpa.

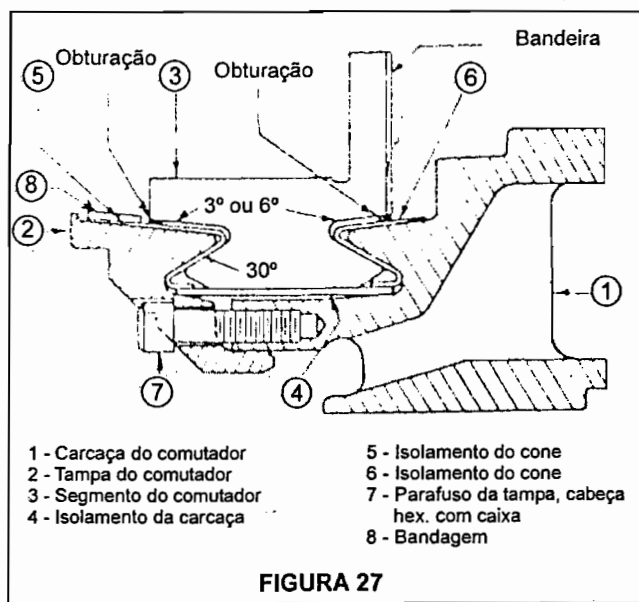


FIGURA 27

Conjunto de comutador em arco.

Processamento

Durante a manufatura dos comutadores é feito um grande esforço para se assegurar que ele seja estável depois de concluído. Essa estabilidade significa que a superfície do comutador no ponto de ataque das escovas:

- 1.º - Não se torna áspera a velocidades muito altas.
- 2.º - Não fica áspera ao ser aquecida (isto é, com altas correntes de partida), ou, se amacia quando quente, não se torna áspera ao esfriar.
- 3.º - Não fica áspera em resultado do movimento das barras (ou lâminas), depois de ter estado em serviço durante algum tempo.

Para se conseguir um comutador estável, são aplicados diversos recozimentos e apertos a alta temperatura, tanto no anel de lâminas de cobre e de mica, antes de serem estas retificadas, quanto no conjunto completo do comutador. As temperaturas de recozimento

excedem as que os comutadores podem encontrar na prática.

Um grande número de comutadores para motores e geradores de tração são "sazonados" em cavaletes de rotação, depois de terem sido montados nas armaduras e de estes terem recebido as bobinas. Nesses cavaletes, os comutadores são submetidos a ciclos sucessivos de aquecimento e esfriamento durante a sua rotação, a velocidades que excedem de cerca de 20% a máxima velocidade de funcionamento. Um dos ciclos mais comuns consiste em aquecer o comutador até 160°C em uma hora, manter essa temperatura durante 1/2 hora e esfriar até a temperatura ambiente em 1/2 hora, sempre a grande velocidade. Esse ciclo é repetido diversas vezes, até serem obtidos os resultados desejados.

Excentricidade

Embora a superfície do comutador esteja lisa, ele pode estar descentrado. Diz-se, então, que o comutador está excêntrico. Esse é um defeito comum, sendo geralmente a alteração da superfície compensada com maior facilidade pelas escovas. Estas limitam-se apenas a subir e descer nos porta-escovas, em cada rotação. Porém esse movimento excêntrico torna-se mais rápido à medida que a velocidade aumenta. Finalmente, as escovas começam a não fazer contato, acabando por queimar a superfície do comutador. A continuação dessa queima causa destruição ainda maior na superfície do comutador (figura 28).

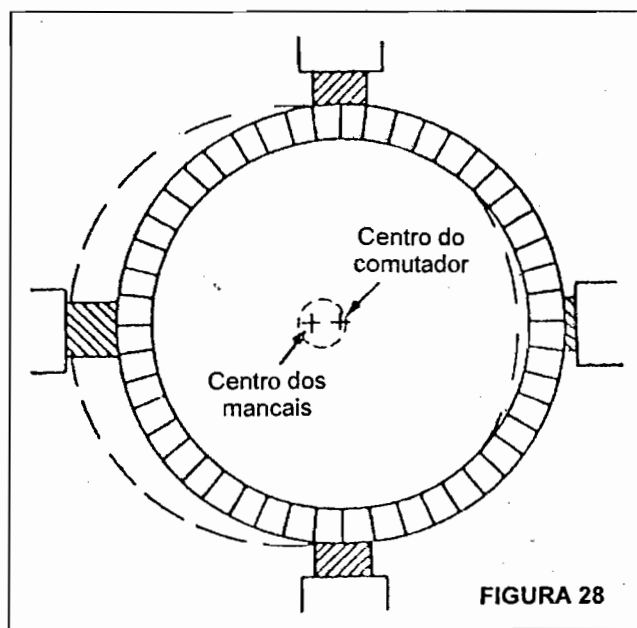


FIGURA 28

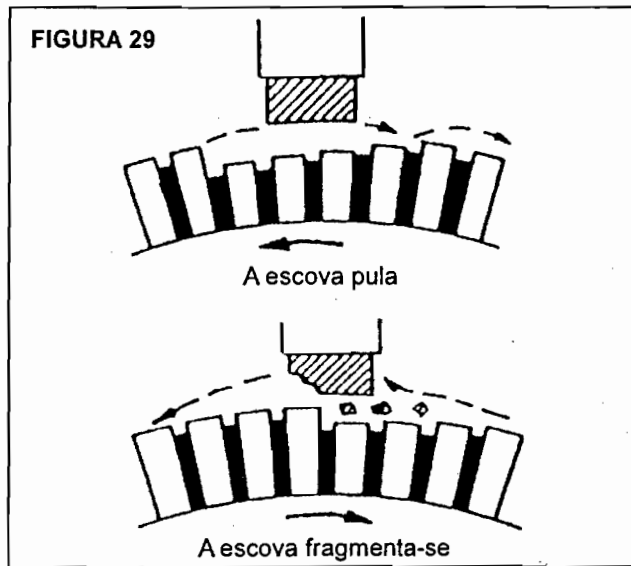
Exemplo do comutador excêntrico (exagerado para melhor esclarecimento)

As causas possíveis de excentricidade são:

- 1 - Eixo empenado
- 2 - Mancais desalinhados
- 3 - Comutador usinado entre centros desalinhados.
- 4 - Deformações causadas por grandes alterações de temperatura a alta velocidade.
- 5 - Acoplamento descentrado nos geradores de tração de um só mancal.

Desnívelamentos na superfície

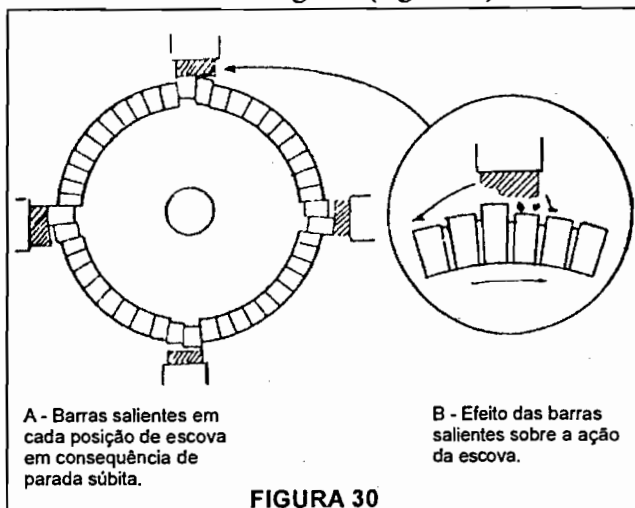
Por vezes surgem desnívelamentos acentuados ou "degraus" na superfície dos comutadores. Tais defeitos podem ser causados por choques ou pancadas no comutador. Ainda que a alteração na superfície possa ser pequena, nenhuma mola, por mais forte que seja, pode manter a escova em contato com o rebaixo na superfície. A escova pode bater (pular) do nível mais alto ou, se a rotação for invertida, o degrau pode bater nas escovas e expulsá-las da superfície. A velocidades mais altas, essa pancada pode ser bastante forte para fragmentar as escovas (figura 29).



Efeito das barras recuadas.

Barras Salientes

Se o motor for mantido parado com a força ligada, as barras do comutador situadas debaixo das escovas serão superaquecidas. Tais barras dilatam-se e levantam-se em relação às outras. As barras salientes batem nas escovas, produzindo faiscamento e queima, agravando, ainda mais, a superfície do comutador. Se isso não for corrigido, as escovas acabarão por despedaçar-se e haverá faiscamento grave (figura 30).



Efeito das barras salientes sobre as escovas.

Nos casos mais sérios, a temperatura pode aumentar até ao ponto de recozer ou destemperar o cobre.

A pré-cinta de mica poderá ser mesmo queimada. Flocos de mica serão expulsos dos pontos de maior pressão, afrouxando a ação de aperto das barras aquecidas. Os comutadores, nessas condições, criam muitos problemas. As barras amolecidas desgastam-se de maneira diferente das barras adjacentes e, por estarem soltas, serão levantadas a velocidades altas.

Se suspeitar que há barras destemperadas, verifique-as com um escleroscópio ou por outro método equivalente. Em alguns casos, as barras recozidas podem ser descobertas por sua descoloração, principalmente nas extremidades onde as escovas não tocam.

Micas Salientes

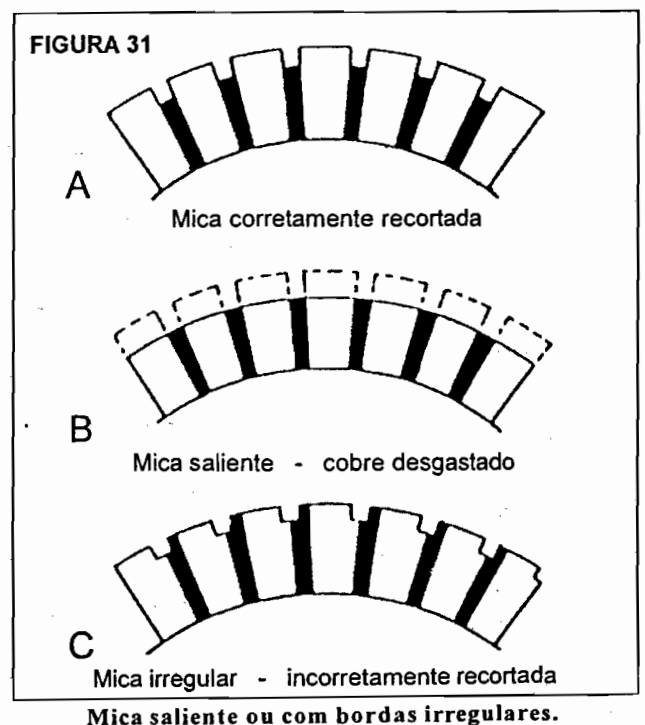
A expressão mica saliente refere-se à relação de altura entre a superfície das barras do comutador (figura 31A).

Em operação normal, a superfície do comutador desgasta-se gradativamente. À proporção em que o cobre é removido por desgaste, a profundidade do rebaixamento (ranhuras) é diminuída até que as bordas das micas fiquem niveladas (ou levemente mais altas) com a superfície do comutador (figura 31B). Neste ponto, diz-se que é "mica saliente".

A mica saliente pode ser o resultado de desgaste eletromecânico normal ou pode ser uma falha no rebaixamento da mica após as operações de retificação do comutador.

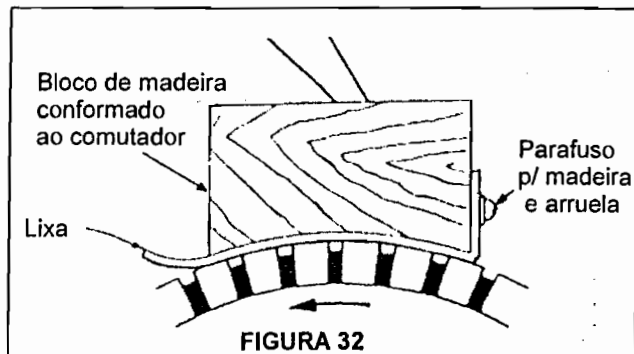
A formação de penas ou bigodes de mica nas arestas resulta do rebaixamento incorreto da mica saliente (figura 31C) a qual deixa penas de mica junto à superfície do comutador.

Qualquer que seja a forma da mica saliente ela perturba o processo da comutação. Isto, por sua vez, aumenta o desgaste das barras do comutador e o das escovas que irá expor mais mica, aumentando a perturbação do comutador.



Polimento

Se a superfície do comutador estiver simplesmente manchada poder-se-á limpá-la polindo-a com lona. Se isso não for suficiente, ou se o comutador estiver levemente áspero, poderão ser utilizados um pano de brilhar ou uma lixa fina de madeira. Todos devem ser montados num bloco de madeira conformado, para se adaptar à superfície do comutador (figura 32).



Lixa fina montada num bloco de madeira perfilado.

Escovas e superfície do comutador devem, de início, ter bom contato elétrico e admissão perfeita. Um fator de grande influência nisto é a rugosidade da superfície do comutador. Se ela for muito lisa, deve-se contar com elevações periódicas dos valores dos atritos, mesmo a baixas velocidades de deslizamento, pois as escovas de carvão chegam próximas ao atrito de aderência enquanto que em altas velocidades de deslizamento está presente o risco de manifestação dos efeitos aerodinâmicos. Ambos os efeitos conduzem a um contato inseguro e irregular sobre o perímetro do coletor.

Além disso, em superfícies lisas, as partículas de carvão e grafite, provenientes do desgaste da superfície de funcionamento da escova, têm dificuldades de aderência, de modo que a formação do filme é lenta e imperfeita.

Em particular, nas máquinas com comutação complexa, isto pode levar rapidamente a danos na superfície das barras, na forma de manchas que produzem, como consequência, o faiscamento nas escovas.

Uma superfície muito áspera do comutador leva em pouco tempo a um grande desgaste inicial, que também deve ser evitado, embora para a admissão uma superfície áspera seja preferível a uma superfície lisa.

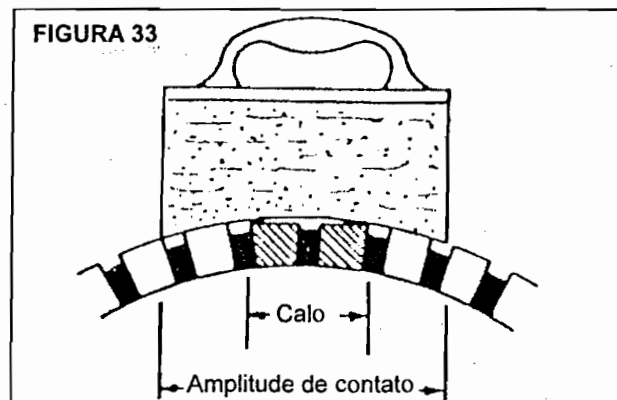
Portanto, para uma admissão ótima das escovas, a superfície do comutador não deve ser muito áspera nem tampouco muito lisa.

Pesquisas e experiências mostraram que a profundidade ideal para as ranhuras é $R_z = 5 \sim 8 \mu\text{m}$. Ressalte-se que esta profundidade deve ser igualmente produzida e distribuída por torneamento ou polimento na direção axial.

Retificação com pedra

Se a superfície do comutador tiver ranhuras pouco profundas ou se estiver riscada ou queimada, e se for suficiente retirar uma pequena espessura de cobre para corrigir o defeito, o método mais apropriado é a retificação com pedra, que deve ter a superfície confor-

mada, de maneira a adaptar-se à do comutador. Além disso, a pedra deve ser bastante comprida para abranger todo o defeito a ser corrigido; se não for assim, ela entrará e sairá do defeito, sem de maneira alguma corrigi-lo. Via de regra, o comprimento da pedra é limitado pelo espaço entre porta-escova. Porém, se isso não for suficiente, poderá ser retirado um porta-escova a fim de permitir a utilização de uma pedra maior (figura 33).



Aplicação correta da pedra de retificar

A retificação com pedra, porém, não corrigirá os comutadores excêntricos ou descentrados.

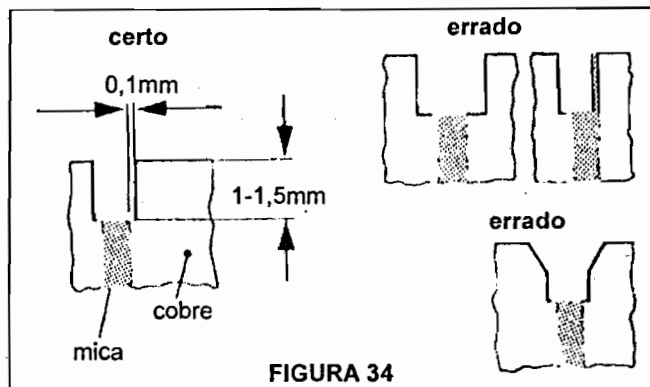
Rebaixando a isolamento das barras

Para instalações nas atuais máquinas industriais e ferroviárias, praticamente só são utilizadas qualidades de escovas de carvão que não desgastam a isolamento entre as barras do comutador. Com isto, a isolamento das barras pode ser feita sem dificuldades. A isolamento imperfeita das barras ou resíduos de mica salientes causam problemas de contato, manchas no comutador e desgaste das escovas.

Para o formato da fenda das barras, para corte ou fresa da mica, para um bom desmicamento da isolamento, bem como para chanfrar os cantos, não existem normas que forçosamente devam ser obedecidas. Em geral, uma largura de isolamento correspondente à profundidade da fresa tem se mostrado suficiente.

O importante é que não haja resíduos de mica da isolamento salientes nas laterais. Por isso, e também para eliminar eventuais erros de escala, a fresa deve ser lateralmente cerca de 1/10 mm maior que a ponte isolante, conforme mostra a figura 34.

Após o desmicamento da isolamento das barras e tam-



Corte correto da isolamento das lamelas do coletor.

bém após fortes polimentos ou torneamento, é recomendável chanfrar levemente os cantos vivos das barras. Para isso, podem ser usadas ferramentas desbastantes ou semelhantes (figura 35).

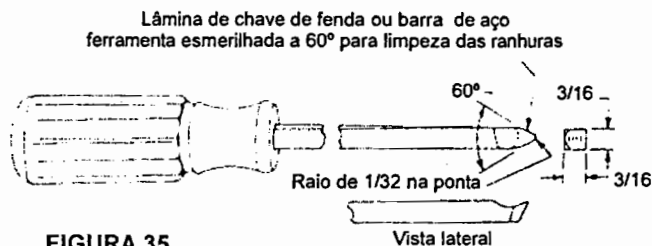


FIGURA 35

Os ângulos mais usados para o chanfro dos cantos das barras situam-se entre 60° e 90° (figura 36).

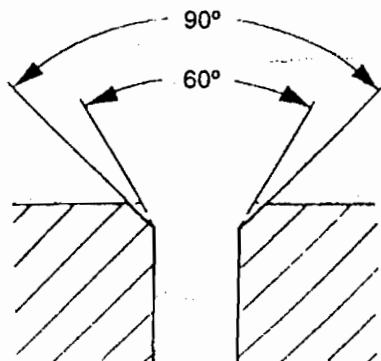


FIGURA 36

Valores limites do ângulo de chanfro dos cantos.

Nas pequenas máquinas, o rebaixamento da isolação das barras pode ser obtido através de métodos manuais. Porém, para usos mais complexos torna-se necessário a utilização de máquinas especiais oferecidas no mercado.

Se os cantos das barras tiverem que ser chanfrados, isto deve ser feito antes da última etapa de polimento ou torneamento. Geralmente, após a usinagem deve-se proceder a uma limpeza das fendas.

Após a retífica e polimento

- Para velocidade superficial 45 m/s a excentricidade ou leitura total do indicador deve ser menor que 0,013 mm.

- Para velocidade superficial entre 25,4 e 45 m/s a excentricidade deve ser menor que 0,025 mm.

- Para baixa velocidade e diâmetro grande, a excentricidade deve ser ao redor 0,0762 mm.

- O comutador não deve ter lâminas altas e baixas. Variações de uma lâmina a outra da ordem de 0,0025 mm podem trazer complicações na operação.

B) Alinhamento das escovas

O alinhamento das escovas é outro problema que deve ser tratado com toda a atenção. Devemos respeitar três regras importantes:

1 - Os porta-escovas devem ficar dispostos paralelamente às lâminas do comutador.

2 - A superfície do comutador deverá ser completamente coberta pelas pistas das escovas.

3 - Toda pista deverá ser percorrida por escovas positivas e negativas, e sempre em igual número (figura 37).

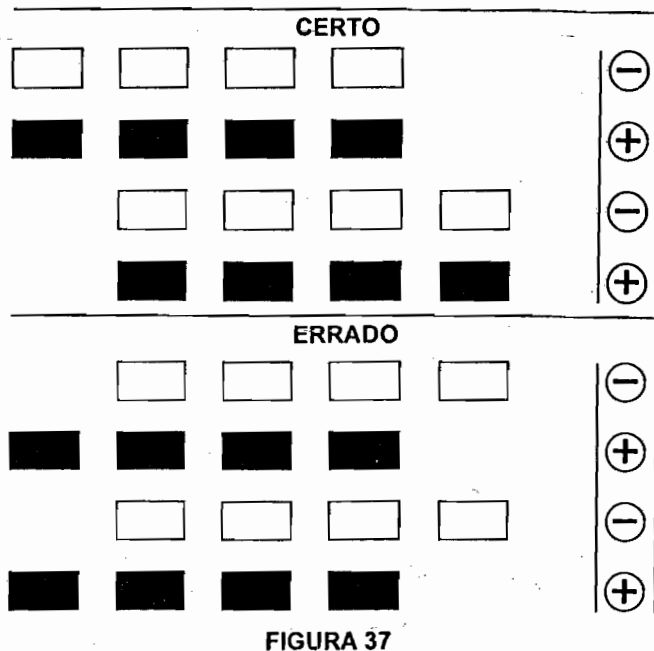


FIGURA 37

Obs.: Pista é a faixa que uma escova determina sobre o comutador quando este está em movimento, e tem a largura igual à largura da escova.

C) Outros cuidados que devemos levar em consideração

1 - Pressão. Verificar se a pressão nas escovas está correta e se todas têm a mesma pressão, pois pressões diferentes causam desgastes também diferentes.

2 - Escovas de qualidades diferentes e com densidade de correntes diferentes resultam na sobrecarga das escovas de menor densidade de corrente, acarretando no maior desgaste das mesmas e dificultando a comutação. A este fenômeno chamamos de ação seletiva das escovas.

3 - Aperto nos parafusos terminais. O terminal deve ser bem apertado, senão a corrente fluirá através dos porta-escovas, aquecendo-os e danificando-os.

4 - Porta-escovas. Verificar a ausência de rebarbas no interior dos porta-escovas, bem como sua fixação no pente. O fundo do porta-escovas deve estar assentado em ângulo correto. A distância do porta-escovas e o comutador deve estar entre 1,6 a 3,2 mm.

5 - Assentamento. Fazer assentamento das escovas de modo a se obter uma curva na superfície de contato igual à curvatura do comutador. O assentamento deverá ter aproximadamente 75% da área de contato das escovas.

MEDIDAS A SEREM TOMADAS NA APLICAÇÃO DE ESCOVAS PARA TESTES

A) Observações preliminares

1 - Condições do comutador

a) Antes de ser colocado o jogo de escovas para experiência, deverá o comutador estar limpo e livre de qualquer elemento deixado pelas escovas usadas anteriormente.

b) O filme formado pelas escovas retiradas deve ser limpo.

c) Verificar se a mica entre as lâminas de cobre está rebaixada e se não existe rebarbas salientes.

2 - Porta-escovas

Verificar, ao colocar as escovas, se estas têm um movimento livre nos porta-escovas, não devendo ser folgadas demais, mas, por outro lado, não devendo ficar apertadas.

3 - Ajuste das escovas

A superfície de contato das escovas deve ser lixada e ajustada à curva do comutador. Deverá ser tomada a precaução de retirar todo o pó de carvão existente, deixando o comutador limpo.

4 - Pressão

A pressão aplicada nas escovas deve ser uniforme e calculada para as condições de trabalho a que estão sujeitas.

B) Observações durante o teste

1 - Durante o teste, devem as escovas ser examinadas periodicamente e verificados os desgastes.

2 - Verificar e anotar se existem quebras na parte inferior das escovas, relativamente à direção em que trabalham. Caso existam, verificar se são devidas a:

- a) Trepidação
- b) Barras soltas
- c) Má comutação
- d) Faiscamento
- e) Pressão inadequada

3 - Verificar se existe desgaste pronunciado nas escovas, no ponto em que os dedos de pressão lhes tocam.

4 - Verificar se o dedo de pressão coincide com o centro da escova.

5 - Verificar se durante o funcionamento da máquina as escovas recebem alguma sobrecarga que possa redundar em queimaduras dos flexíveis, prejudicando as condições gerais de manutenção na parte mecânica.

6 - Verificar as condições gerais de manutenção na parte mecânica.

7 - Observar quaisquer outros pontos que possam afetar a performance das escovas.

PROBLEMAS OPERACIONAIS

A) Erosão excessiva das faces das escovas em contato com o porta-escovas

Isso é causado geralmente pela passagem de corrente entre as faces da escova e as paredes do porta-escovas. Este fenômeno é frequente com escovas sem rabichos. Se ocorrer nas escovas com rabichos pode indicar uma alta resistência de contato, escova-rabicho ou entre terminal do rabicho e o porta-escova.

B) Escovas lascadas ou quebradas

Lascas na face de contato podem ser provocadas por irregularidades dos comutadores tais como lâminas altas. Caso as escovas se rompam em vários pedaços, é sinal que foram submetidas a vibrações de alta frequência, vibrações que provêm de trepidações.

Funcionamento com baixa carga é a causa mais provável e, neste caso, deve se pensar em mudar a granulação da escova.

C) Desgaste desigual de escovas

É um sintoma de pressões desiguais nas escovas o que pode ser corrigido. Verificar se não foram colocadas várias granulações.

D) Vitrificação da face de contato da escova

É uma consequência do funcionamento em baixa carga que faz com que a superfície de contato da escova torne-se extremamente polida, fenômeno chamado de "vitrificação". O comutador também se torna polido. A vitrificação em si não traz problemas mais sérios como quebra de escovas.

E) Quebra do rabicho

Pode resultar de um funcionamento com baixa carga, neste caso o rabicho é cizalhado na saída da escova. O perigo vem do fato que o rabicho quebrado pode tocar a carcaça do motor e causar um aterramento ou flash. Pode-se reduzir esses cizalhamentos usando rabicho de cobre reforçado com aço.

F) Conexões soltas

Os dois tipos de conexões, rebitada ou socada, podem se afrouxar devido às vibrações. Pode-se reforçar a conexão socada usando um composto especial. Uma conexão bem feita deve ter a mesma vida que a da escova. Conexões frouxas podem provocar flashes.

G) Conexões superaquecidas

Isso é as vezes acompanhado por um superaquecimento do rabicho. A causa provável é uma conexão malfeita o que deve ser comunicado ao fabricante de escovas.

H) Escovas presas

Obviamente isso pode ser causado por cotas de escovas com dimensões superiores ou de porta-escovas inferiores ou porta-escovas que sofreram danos. Outra causa frequente é a entrada excessiva de sujeira, o que é comum nas máquinas montadas embaixo de chassis de locomotivas.

Às vezes é preciso alterar as entradas de ar para resolver este problema.

I) Mistura de granulação de escovas

Um grande cuidado deve ser tomado para evitar a mistura de granulações numa máquina. Várias granulações, sejam ou não de um mesmo fabricante, não têm as mesmas características. No caso extremo, isso pode causar danos ao comutador.

J) Desgaste excessivo das escovas

As causas podem ser elétricas ou mecânicas. A mais provável causa elétrica é a má comutação, que pode provir do próprio projeto da máquina ou do ciclo de trabalho da mesma.

A troca de granulação pode ajudar a resolver este problema. Um comutador em mau estado, do ponto de vista mecânico, trará obviamente um desgaste excessivo das escovas, mas não necessariamente em todas as pistas. Velocidades além do máximo permitido constituem um problema sério e podem danificar o comutador. Excessivo depósito de pó de carvão dentro da máquina deve ser evitada, caso contrário, podem

surgir problemas de isolamento que consequentemente podem obrigar a refazer o enrolamento.

L) Ataque do cobre

Provém geralmente de uma escova que não forma filme na superfície do comutador. Pode resultar em desgaste importante do comutador. A troca de granulação pode ajudar

M) Riscos no comutador

O comutador tem a aparência de uma rosca fina. Pode ser outro sintoma de uma escova incapaz de formar patina. As causas podem ser um funcionamento à baixa temperatura ou baixa densidade de corrente. Trocar a granulação ou tirar algumas escovas pode resolver. Acontece, às vezes, que uma máquina que funcionou bem, durante um certo tempo, começa a apresentar problemas. As razões típicas são:

1 - A carga elétrica diminui, por exemplo, quando não se usa o ar condicionado no inverno.

2 - Mudança das condições atmosféricas devido à queda da umidade. Uma deterioração pode acontecer se a taxa de vapor d'água fica abaixo de 15g/cm^3 , mas isso acontece só em condições extremas.

3 - Excesso de vapor de óleo pode causar uma deterioração da superfície.

N) Lâminas marcadas

Muitas máquinas apresentam marcas nas lâminas. Geralmente tem-se uma distribuição regular de lâminas claras e lâminas escuras. O espaço entre uma lâmina escura e uma outra é uma função dos números de bobinas/ranhuras. A lâmina escura é normalmente a última bobina da ranhura a ser comutada. Lâminas marcadas aparecem logo após a entrada em funcionamento das máquinas estabilizando-se sozinhas. Caso não chegue a queimar a lâmina, não é muito grave.

O) Queima de lâminas

Pode ser estágio mais avançado de lâmina marcada e a queima pode estender-se às lâminas vizinhas e indica faiscamento das escovas. Uma troca de granulação ou do desenho da escova deve ser considerada.

Uma outra forma de queima num arranjo coincide com a distância entre porta-escovas. Isso indica que uma corrente pesada atravessou as escovas enquanto o comutador estava parado, e isso acontece quando aplica-se potência em motores de tração com os freios acionados.

P) Formação de parte plana no comutador

Se se permite ao fenômeno de queima se desenvolver, a situação pode piorar ao ponto de se criar uma erosão severa do cobre. Quando essas lâminas passam embaixo das escovas, aparece um faiscamento importante e vai piorando. Se não há um recondiçãoamento do comutador pode ocorrer um flash.

Q) Copper dragging

O mecanismo de formação não é totalmente conhecido, mas a camada superior do comutador "flui" de tal maneira que se estende além da borda da lâmina. Nas piores condições, uma agulha de cobre forma-se ao longo da borda de saída da lâmina - no caso

de máquinas com um único sentido de rotação. Caso se permita ao fenômeno se desenvolver livremente, pode fechar a folga entre duas lâminas e criar condições para um flash.

O cooper drag é associado, geralmente, ao funcionamento com baixa carga. O remédio consiste em trocar para uma granulação mais apropriada. Chanfrar as lâminas também ajuda.

R) Mica saliente

Quando as micas são bem fresadas, umas rebarbas de mica podem ficar ao lado da fenda.

A mica perturba o funcionamento suave das escovas. O faiscamento se manifesta, o que pode provocar queimas, frequentemente com arranjo aleatório e, não necessariamente, sobre todo comprimento da lâmina. A solução é assegurar um bom procedimento para manutenção do comutador. Uma mica saliente pode também aparecer quando há um desgaste importante do comutador.

S) Lâmina alta

Lâmina alta pode lascas as escovas e também queimar o comutador. Se aparecem no início da vida de um rotor, pode significar uma má estabilização do comutador durante a fabricação. Ultrapassagem da velocidade limite nos motores pode também resultar em lâminas altas.

T) Excesso de graxa

Graxa na superfície de um comutador pode impedir a formação de um bom filme. Pode também contribuir para criação de curto entre lâminas.

Uma fonte comum de graxa é o mancal: se ele contém um excesso de graxa, pode esta penetrar dentro da máquina e formar um filme isolante sobre a superfície do comutador e na superfície de isolamento e, consequentemente, reduzir sensivelmente a resistência de isolamento da máquina.

U) Desgaste excessivo das caixas de porta-escovas

Um desgaste excessivo resulta num alojamento precário das escovas. Isso é particularmente sério para as escovas radiais instaladas nos motores. Folga excessiva cria instabilidade da escova, má superfície do comutador, má comutação e possíveis flashes.

V) Superaquecimento das molas do porta-escovas

A passagem de corrente através das molas do porta-escovas deve ser evitada, do contrário, a mola pode perder as suas características e a sua pressão diminuir.

X) Flash

Flash pode causar mais preocupação a um engenheiro de manutenção do que qualquer outro defeito elétrico. O conserto pode levar tempo e, às vezes, as máquinas têm que ser retiradas do local para permitir maiores reparos.

Como explicado acima, muitos defeitos podem finalmente produzir flash, mas, com uma boa manutenção preventiva, pode-se minimizar a incidência.

PLANO DE MANUTENÇÃO PARA MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

Este plano de manutenção para motores de corrente contínua pode ser ajustado quando necessário.

Com um bom plano de manutenção, consegue-se evitar paradas dispendiosas e reparos demorados.

SEMANALMENTE

COMPONENTES	TRABALHOS DE INSPEÇÃO OU MANUTENÇÃO
Escovas e Porta-Escovas	Examinar as escovas quanto ao desgaste e a mobilidade. Controlar o estado em que se encontram os porta-escovas.
Comutador	Verificar o estado e o desgaste do comutador.

MENSALMENTE

COMPONENTES	TRABALHOS DE INSPEÇÃO OU MANUTENÇÃO
Rolamentos	Observar se não há vazamento de graxa nos assentos dos rolamentos. Se houver, corrija antes de pôr a máquina em funcionamento. Verificar o ruído nos rolamentos. Se o rolamento apresenta ruídos progressivos, deve ser substituído na próxima parada. Relubrifique, se for o caso.
Escovas e Porta-Escovas	Verificar o comprimento das escovas. Quando a escova desaparecer totalmente dentro do porta-escova substitua-a. Use escova do mesmo tipo para reposição. Inspeção o desgaste, a mobilidade dentro do porta-escovas, o contato do rabicho, lascas ou escovas quebradas.
Escovas e Porta-Escovas	Remova algumas escovas e verifique a superfície em contato com o comutador. Áreas escuras indicam problemas na comutação. Limpe as escovas e os porta-escovas do pó de escovas com jatos de ar seco.
Comutador	Verificar a rugosidade do comutador. Sinta a trepidação das escovas com um bastão de fibra colocado sobre a escova. Escovas saltando provocam aquecimento e desgaste excessivo do comutador. Observar os sinais na superfície do comutador. Se for lisa e sem estrias... Ok. Se as estrias estiverem aumentando... Tome providências. Observar o desgaste do comutador, as estrias, o atrito no cobre e deformação das lâminas.
Comutador	A ovalização do comutador não deve ultrapassar a 0,05mm, e a altura de uma lâmina com sua adjacente não deve ser superior a 0,005mm. Se isto ocorrer o comutador deve ser usinado.
Isolação	Inspeccionar visualmente.
Filtro de Ar	Trocar quando necessário.

Parafusos	Observar visualmente os parafusos soltos, partes frouxas ou conexões elétricas frouxas.
Ruídos e vibração	Ruídos estranhos ou vibrações merecem observação cuidadosa.

TRIMESTRALMENTE

COMPONENTES	TRABALHOS DE INSPEÇÃO OU MANUTENÇÃO
Rolamentos	Controlar o estado dos rolamentos. Remover impurezas eventualmente existentes.
Escovas	Examinar os terminais e a pressão das escovas.

SEMESTRALMENTE

COMPONENTES	TRABALHOS DE INSPEÇÃO OU MANUTENÇÃO
Rolamentos	Verificar o ruído em todos os rolamentos. Retirar a tampa do rolamento e inspecionar o estado da graxa.
Comutador	Verificar a formação de fendas ou rachaduras. Se houver, verificar também as pontas de eixo, chaveta e o eixo do ventilador. (Rachaduras ou fendas significa extrema vibração e torção no sistema).
Isolação	Medir a resistência de isolamento. Remover todos os depósitos de pó em torno das ligações da bobina de campo onde mais ocorre "passagem a massa". Retirar os depósitos de pó na área do comutador com um jato de ar seco. Inspeccionar visualmente os sinais de sobreaquecimento (secagem, rachaduras na impregnação e no verniz).
Parafusos	Verificar todas as ligações elétricas. Procurar sinais de maus contatos (arcos, descoloração, aquecimento). Inspeccione as fendas ou rachaduras no fundamento, calços deslocados, aperto dos parafusos dos pés. Checar todos os parafusos de acoplamento.
Eixo	Verificar se há rachaduras nos cantos expostos dos eixos e chavetas (devido à extrema vibração de torção). Se houver, verificar também o comutador e eixo do ventilador.
Ventilação	Verificar pressão, vazão, filtros, etc.
Vibração	Verificar o balanceamento ou o alinhamento das máquinas se vibrações estranhas estiverem ocorrendo. Se a vibração não pode ser vista durante a operação, verificar os sinais de vibração (partes soltas ou frouxas, depósitos de pó, ruídos, etc.).

ANUALMENTE

COMPONENTES	TRABALHOS DE INSPEÇÃO OU MANUTENÇÃO
Rolamentos	Controle minucioso dos mancais. Lavar e colocar graxa nova nos rolamentos, usando o tipo de graxa correto.
Limpeza	Fazer uma limpeza rigorosa de toda a máquina.

ANORMALIDADES EM SERVIÇO

DEFEITOS	CAUSAS PROVAVÉIS	PROVIDÊNCIAS
Motor não arranca em vazio	Circuito da armadura interrompido	Examinar condutores de entrada e bornes.
	Fusível Queimado	Substituir o fusível queimado.
	Equipamento de partida defeituoso ou ligado errado	Verificar se há interrupção ou defeito no equipamento de partida.
	Bobinas da armadura queimada ou em curto-circuito	Remover o curto-circuito (só é possível em oficina autorizada).
	Mau assentamento das escovas	Verificar a posição e o assentamento das escovas, substituindo as que estiverem gastas.
	Circuito de campo interrompido	Eliminar a interrupção.
Motor arranca aos solavancos	Circuito de partida defeituoso	Sanar o defeito.
	Curto entre espiras na armadura	Recondicionar na oficina.
	Curto-circuito entre lâminas do comutador	Examinar o comutador e eliminar o curto-circuito.
Motor não aceita carga	Curto-circuito na linha da entrada. Sobrecarga	Localizar o curto-circuito e eliminá-lo. Controlar a corrente absorvida; eliminar a sobrecarga.
	Queda de tensão	Reforçar as seções dos condutores de entrada.
	Escovas deslocadas da zona neutra, acompanhando o sentido de rotação	Reajustar a posição das escovas na zona neutra tal como indicado na marcação.
Motor roda demasiadamente acelerado e oscila quando enfrenta carga	Escovas deslocadas da zona neutra em sentido contrário ao da rotação	Reajustar a posição das escovas, obedecendo a marcação.
	Circuito de campo interrompido ou reostato de campo com resistência excessiva	Sanar a interrupção. Ajustar a resistência corretamente.
	Enrolamento em série, auxiliar, ligado errado	Verificar a ligação e corrigi-la.
Aquecimento anormal em serviço	Sobrecarga	Testar a tensão e corrente. Eliminar a sobrecarga.
	Volume de ar refrigerante não é suficiente	Obter melhores condições de ventilação. Limpar dutos de ar no interior do motor e fora dele.
	Curto-circuito nos enrolamentos de armadura e campo	Verificar os enrolamentos e os pontos de solda. Reparar as bobinas e/ou enrolamentos.
	Tampa de inspeção aberta	Fechá-la.
Aquecimento anormal dos rolamentos	Graxa demasiada	Relubrificar com quantidade correta de graxa.
	Graxa em mau estado	Relubrificar com graxa correta.
	Rolamento em mau estado	Substituir rolamento.
	Velocidade ou carga excessiva	Diminuir velocidade ou retirar carga excessiva.

ANORMALIDADES EM SERVIÇO

DEFEITOS	CAUSAS PROVAVÉIS	PROVIDÊNCIAS
Formação de centelhas quando o motor enfrenta carga (centelhamento nas escovas)	Comutador ovalizado	Retificá-lo.
	Superfície do comutador muito suja	Limpá-la com pano conforme orientação anterior.
	Formação de estrias sobre superfície do comutador	Verificar as escovas e sua disposição sobre o comutador.
	Isolação entre lâminas salientes (mica)	Acertar com fresa.
	Pressão das escovas insuficiente	Reajustá-las.
	Mau contato entre escovas e porta-escova	Apertar os parafusos. Firmar o prendedor de terminais.
	Escovas não assentam corretamente por estarem desgastadas	Substituir por outras de tipo idêntico.
	Tipos de escovas inadequado	Verificar que sejam usadas apenas escovas do tipo especificado.
	Escovas mal assentadas	Lixar as escovas e amoldá-las inteiramente à curvatura do comutador.
	Vibração das escovas	Verificar situação do comutador e dimensões das escovas.
	Escovas fora de zona neutra	Ajustá-las obedecendo a marcação.
	Curto-circuito entre lâminas do comutador	Chanfrar arestas das lâminas e comunicar o fabricante da escova.
Tipos de escovas inadequadas	Comunicar o fabricante.	
Centelhamento em algumas escovas	Mau contato. Escovas mal distribuídas	Controlar contatos e distribuição das escovas.
Centelhamento em todas as escovas em um ou outro braço do porta-escovas	Erro na distribuição das escovas. Distribuição desigual da corrente. Contatos deficientes.	Verificar a divisão dos braços do porta-escovas. Testar os contatos. Verificar uniformidade do entreferro dos pólos auxiliares.
Centelhas saltitantes	Partículas de impurezas se desprendem das escovas ou lâminas e se inflamam	Limpar o comutador e todos os aparelhos das escovas. Comunicar o fabricante.
Centelhamento das escovas quando aumenta carga	Sobrecarga	Verificar os valores de carga.
Centelhamento das escovas quando a rotação aumenta demasiadamente	Rotação excessiva	Ajustar corretamente a velocidade de rotação.
Tendência ao centelhamento das escovas	Rolamento defeituoso. Desigualdade nos entreferros dos pólos	Substituir o rolamento. Centrar o rotor.
Enegrecimento de determinadas lâminas		Neste caso é aconselhável consultar o fabricante, pois seria temerário indicar esta ou aquela causa.

SUGESTÕES PARA APLICAÇÕES DAS QUALIDADES

As exigências impostas a carvão para escovas elétricas variam de acordo com a aplicação:

- Alta capacidade de comutação
- Longa vida útil
- Mínimo desgaste do comutador ou anel coletor
- Ampla adaptação a sub-carga
- Baixa sensibilidade a influências atmosféricas do ambiente de funcionamento
- Suficiente resistência mecânica e, simultaneamente, elasticidade e capacidade de atenuação adequadas.

Esta relação incompleta demonstra o grau de dificuldade existente na definição da qualidade ideal para casos de aplicações diversas.

Máquinas de C.C. - Estacionárias

Máquinas de grande porte

Motores para laminadores e mineração	BZ 229
Em casos de comutação difícil	351 A
Em casos de comutação muito difícil	641
Geradores de grupos conversores	BZ 229
Em casos de comutação difícil	351 A
Em casos de comutação muito difícil	641
Com enrolamentos em laço duplo	BZ 229
Excitatrizes de turbo-geradores	351 A
Para patina mais grossa	BZ 229

Máquinas de médio porte

Geradores	BZ 229
Motores	351 A
Motores auxiliares de laminadores	BZ 229
Em casos de comutação difícil	351 A
Em casos de frequente sub-carga	503

Máquinas de pequeno porte

Geradores e Motores	
Com pólos auxiliares	351 A
Sem pólos auxiliares	TR 19
Geradores tacométricos até 110 V	788

Máquinas de C.C. - Móveis

Locomotivas e trens suburbanos

Motores de tração	
Alimentados por conversores	321 T
Alimentados por retificador	321 T
Geradores diesel-elétricos	351 A
Acionamentos auxiliares	503
Motores de locomotivas de mineração	
Alimentados por rede aérea	351 A
Baterias: até 70 V	503
acima de 70 V	351 A
Motores de Bondes	
Com controle por reostato	351 A
Com controle por "Chopper"	TR 19

Máquinas de C.A. - Estacionárias

Monofásicas e Trifásicas

Motores em derivação, alimentação rotórica:	
Densidade de corrente até 7 A/cm ²	TR 19
Densidade de corrente até 10 A/cm ²	641
Máquinas pequenas (motores universais)	321

Máquinas de C.A. - Móveis

Monofásicas

Motores de tração de locomotivas	351 A
Com bobinamento em série	351 A T

Anéis - Coletores

Anéis de bronze e de cobre	
Cargas até 10 A/cm ² - normal	502
Com ventilação deficiente	M 750
Cargas de 10 - 20 A/cm ² - normal	M 3
Dependendo das condições de ventilação,	M 550
velocidade periférica e densidade de corrente,	M 3
a aplicação de uma das qualidades ao lado poderá ser mais vantajosa	M 1
Anéis de Ferro fundido	
Cargas até 10 A/cm ²	BZ 229
Cargas até 15 A/cm ² :	M3
Anéis de Aço	
Cargas até 10 A/cm ² :	
< 35 m/s	BZ 229
> 35 m/s	436
Cargas acima de 10 A/cm ²	
< 40 m/s - normal	M 550
Dependendo das condições de ventilação,	M 3
velocidade periférica e densidade de corrente,	M 3H
a aplicação de uma das qualidades ao lado poderá ser mais vantajosa	801
Anéis de Aterramento	M 1

As sugestões para aplicações das qualidades para escovas elétricas apresentadas para os diversos tipos de máquinas, somente tem caráter orientativo, válidas para circunstâncias e condições de funcionamento normais. Em casos especiais solicitamos consultar nosso departamento técnico para o devido assessoramento.

**PROPRIEDADES FÍSICAS DAS QUALIDADES DE
ESCOVAS ELÉTRICAS DA TOYO TANSO**

Eletrografite

Qualidade	Densidade Aparente g/cm ³	Resistência Específica μΩ.cm	Dureza Shore C2	Resistência à flexão Kg/cm ²	Coefficiente de Fricção	Queda no contato	Velocidade Periférica m/s	Densidade Corrente A/cm ²
501	1,78	1340	63	530	Médio	Baixo	30	10
502	1,77	1100	54	400	Médio	Baixo	25	10
503	1,7	1350	50	320	Médio	Baixo	30	10
351 A	1,65	4750	50	200	Alto	Médio	35	10
541	1,65	7000	60	140	Alto	Alto	40	12
641	1,65	7300	63	140	Alto	Alto	40	12
213	1,61	2200	31	160	Médio	Médio	40	12
BZ 229	1,6	2100	28	140	Médio	Médio	30	12
321	1,73	3600	57	300	Médio	Médio	35	12

Natural Grafite

Qualidade	Densidade Aparente g/cm ³	Resistência Específica μΩ.cm	Dureza Shore C2	Resistência à flexão Kg/cm ²	Coefficiente de Fricção	Queda no contato	Velocidade Periférica m/s	Densidade Corrente A/cm ²
402	1,63	1050	25	200	Baixo	Baixo	25	10
788	1,98	900	23	200	Baixo	Baixo	40	20
801	1,66	3900	37	220	Médio	Médio	40	10
436	1,28	1800	20	53	Médio	Médio	81	10

Especial Grafite

Qualidade	Densidade Aparente g/cm ³	Resistência Específica μΩ.cm	Dureza Shore C2	Resistência à flexão Kg/cm ²	Coefficiente de Fricção	Queda no contato	Velocidade Periférica m/s	Densidade Corrente A/cm ²
TR 19	1,48	19000	28	200	Médio	Alto	30	10

**PROPRIEDADES FÍSICAS DAS QUALIDADES DE
ESCOVAS ELÉTRICAS DA TOYO TANSO**

Metal Grafite

Qualidade	Densidade Aparente g/cm ³	Resistência Específica μΩ.cm	Dureza Shore C2	Resistência à flexão Kg/cm ²	Coefficiente de Fricção	Queda no contato	Velocidade Periférica m/s	Densidade Corrente A/cm ²
M 750	2,35	550	20	330	Baixo	Baixo	35	15
M 550	2,9	350	15	280	Baixo	Baixo	35	18
M 3	3,78	130	20	250	Baixo	Baixo	30	20
M 3H	4,04	70	18	280	Baixo	Baixo	30	20
M 2H	4,91	12	15	260	Baixo	Baixo	30	25
M 1	5,41	8	12	330	Baixo	Baixo	30	25
M 1T	6,07	30	15	1000	Baixo	Baixo	30	25
M 90	6,21	13	12	1500	Baixo	Baixo	30	25

Observação: Os dados especificados nas tabelas acima, representam os valores médios estatísticos. Dependendo das características e condições de funcionamento da máquina, a densidade de corrente pode ser ultrapassada em até 30%.

As escovas elétricas de carvão, constituem uma das partes mais importantes e sensíveis de uma máquina elétrica, seja esta gerador, motor CC ou CA, conversor rotativo, etc..., e o seu desempenho é imediatamente refletido na eficácia das máquinas que as empregam.

Portanto, a correta especificação das escovas é de vital importância.

A Carbomec mantém Departamento de Engenharia para orientar as aplicações e desenvolver novos produtos. Consulte-nos.