

AValiação DE ESTABILIDADE DE ELETRODOS REVESTIDOS

* Jesualdo Pereira Farias
** Yukio Kobayashi
*** Américo Scoti
**** Almir Monteiro Quites

Fez-se considerações sobre vários critérios que podem ser utilizados para caracterizar a estabilidade do arco de eletrodos revestidos. Testou-se a aplicação de cada critério, através de levantamentos experimentais realizados com eletrodos celulósicos, rútlícos e básicos. Conclui-se que o critério do comportamento dinâmico dos arcos é mais sensível, mas de difícil aplicabilidade e que os demais estão mais sujeitos a erros.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de estabilidade de um arco elétrico de soldagem é muitas vezes mal empregado, pois, vários fenômenos fazem com que surjam estes erros de interpretação. Entretanto a necessidade de se desenvolver eletrodos com propriedades cada vez mais específicas é o motivo que leva especialistas em várias partes do mundo estudar mais atentamente a física do arco.

A estabilidade de um arco é avaliada por alguns por sua aparência ou ruído, de uma forma macroscópica. Isto é, um eletrodo que permite soldagens com um arco geometricamente constante, com níveis de ruídos homogêneos e poucos salpicos pode ser considerado um eletrodo de arco estável. Porém, como se sabe, estes aspectos são influenciados enormemente pelo tipo de revestimento, transferência do metal e tipo de corrente. Desta forma, a própria observação do aspecto do cordão e da produção, podem ser usados como critérios para determinação.

Uma outra forma de avaliação é pelo valor de tensão do arco, onde alguns consideram que os eletrodos que trabalham com menor tensão de arco, incluindo a tensão inicial para abertura, tem arco mais estável. A explicação estaria no fato de que uma menor tensão de arco para as mesmas condições implica em uma atmosfera mais fácil de ionizar. É importante lembrar que a atmosfera de arco é produzida principalmente pela queima de revestimento.

Hoje, sabe-se que um fator muito importante que governa a estabilidade, é a característica dinâmica do arco, isto é, o comportamento da tensão com o tempo(1). Um arco para se tornar estável deve manter sua coluna ionizada mesmo quando por motivos tais como, soldagem em CA ou transferência por curto circuito, a tensão atinja durante curtos intervalos de tempo, valores insuficientes para mantê-lo aberto. A reignição será tão mais fácil quanto maior o grau de ionização em que se mantiver o arco. A estabilidade estaria, pois, relacionada com a facilidade de reignição.

Como se vê, existem vários critérios que podem ser usados para determinação da estabilidade de um arco. Este trabalho se propõe a comparar estes critérios com base em resultados experimentais para o caso particular de eletrodos

revestidos, objetivando esclarecer suas peculiaridades, sem no entanto querer definir um critério único que predomine sobre os demais. Dar-se-á maior ênfase ao critério da característica dinâmica do arco, por se tratar de uma visão mais pormenorizada do fenômeno, e tratando os demais critérios por seus objetivos práticos.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para se ter maior precisão durante os ensaios as soldagens foram realizadas em um equipamento automático(2) que simula a operação de um soldador manual, mas garantindo a constância do comprimento do arco e velocidade de avanço. A figura 1 ilustra o esquema de montagem do experimento, onde o comprimento do arco é medido por sua projeção em uma tela graduada e a tensão e corrente através de voltímetro, amperímetro e osciloscópio.

Com os valores medidos dos parâmetros elétricos e comprimento de arco, levantou-se curvas de características dinâmicas e estáticas dos arcos. Através de medições de comprimento de eletrodo consumido e dos parâmetros geométricos do cordão de solda (comprimento, largura e reforço), calculou-se a área adicionada, consumo, produção e rendimento. Observou-se ainda o nível de ruído, aparência do arco e aspecto do cordão. Estes dados foram usados para analisar os diversos critérios.

As soldagens foram de simples deposição em posição plana, tendo-se consumido três eletrodos de cada classe para cada tipo de corrente, CA, CC⁺ e CC⁻. Comparou-se três tipos de eletrodos, celulósico, rútlíco e básico, tirando-se os seguintes parâmetros:

- Diâmetro do eletrodo = 3,25mm
- Comprimento do eletrodo = 350mm
- Comprimento do arco = $3,0 \pm 0,5$ mm
- Velocidade de soldagem = 20cm/min.
- Tensão em vazio da fonte = 70V
- Corpo de prova de aço ABNT 1020, 250 x 50 x 6,4mm.

Para o levantamento da característica estática dos arcos, usou-se seis valores de corrente dentro da faixa recomendada pelo fabricante de cada classe dos eletrodos. As demais medições foram feitas em soldagens fixando a cor-

* Engo. Mecânico, Msc, Professor do Depto. de Engenharia Mecânica da Universidade de Fortaleza.

** Engo. Mecânico, Msc, Professor do Depto. de Engenharia Mecânica da Fundação Educacional de Baurú.

*** Engo. Mecânico, Msc, Professor do Depto. de Engenharia Mecânica da UFSC.

**** Engo. Mecânico-Eletricista, M. Sc. em Metalurgia, Professor do Depto. de Engenharia Mecânica da UFSC.

rente em $120 \pm 5A$.

A tabela 1 expressa os valores de corrente e tensão usados para levantamento da característica estática dos arcos, ilustrada pelas figuras 2, 3 e 4. As figuras 5 a 13 mostram os oscilogramas das características dinâmicas, enquanto a tabela 2 apresenta os demais resultados.

3. COMENTÁRIO

3.1 - Critério da Característica Dinâmica dos Arcos:

Definindo característica dinâmica de um arco como o comportamento da tensão e corrente durante a variação do tempo, em intervalos infinitesimais, pode-se esperar que quanto mais próximo este comportamento estiver do esperado, isto é, sem perturbações, mais regular estará se processando a passagem da corrente pela coluna plasmática. Quando não há passagem de corrente na coluna do arco, este perde sua fonte de calor, resfriando-se. Isto pode acontecer quando a tensão atinge valores insuficientes para vencer a resistência do meio, como durante a troca de polaridade em CA. Esta variação implica no nível de estabilidade do arco.

As figuras 5 a 13 mostram que há uma variação significativa no formato das ondas da tensão, o mesmo não ocorrendo nas ondas de corrente, por ser esta última imposta pela fonte. Por exemplo, nas soldagens em CA, verifica-se que a senóide esperada para a tensão sofre interrupções antes de se atingir o pico. Formas irregulares de onda são também verificadas em CC.

O motivo de tais irregularidades no formato das ondas, pode ser atribuído ao fato que durante a soldagem estão acontecendo ininterruptas reações de ionização e desionização, não mantendo em regime o estado energético da coluna do arco. Além disto, o tipo de transferência é fator concomitante ao anterior. Entretanto, pode-se notar que para cada tipo de eletrodo, ou tipo de corrente, estas irregularidades se comportam distintamente, o que possibilita a diferenciação de cada arco.

A diferença do comportamento dinâmico dos arcos sob diferentes atmosferas ou tipo de corrente, supõe-se estar ligado a formação de barreiras de cargas elétricas que impedem a passagem normal da corrente(1). Por isto a estabilidade do arco estaria também relacionada com o revestimento e a corrente utilizada.

Pode-se notar pelas figuras 5 e 6 que a soldagem com eletrodo celulósico em CC^+ produz ondas mais regulares do que em CC^- , caracterizado pela espessura da linha na curva de corrente e pela alta frequência da irregularidade na curva de tensão. Enquanto o mesmo se verifica no eletrodo básico (figuras 11 e 12), não se pode notar diferença entre polaridades na soldagem com eletrodo rutílico (figuras 8 e 9). Como a barreira de cargas negativas estão previstas acontecer mais acentuadamente em soldagem em polaridade direta, e, como quanto mais ionizável é a escória produzida, menor é o efeito desta barreira(5), pode-se dizer que os resultados do oscilograma estão coerentes.

Do exposto, verifica-se que soldagens em polaridade direta com eletrodos celulósicos (pouca escória) ou básicos (escória emissora de íons eletronegativos), são instáveis, enquanto soldagens nesta polaridade, mas com eletrodo rutílico (escória de baixo potencial de ionização), não apresenta diferença para soldagem em CC^+ .

Em relação à soldagem em CA, nota-se certas peculiaridades. Com eletrodo celulósico, verifica-se picos de reignição após a mudança de polaridade, sendo que verificou-se que os maiores picos se davam quando da passagem para polaridade positiva, o mesmo acontecendo nos eletrodos básicos. De acordo com estudos realizados por Pokhodnya(4) e outros, a amplitude destes picos segue uma distribuição gaussiana, isto é, há uma tendência de assumir um valor médio, porém podendo apresentar valores maiores ou menores, e podendo até mesmo não ocorrer. As figuras 7 e 13 ilustram o fenômeno comentado acima, e a comprovação da existência e amplitude destes picos em ambas as polaridades, foi feita por várias medições. Notou-se que em soldagem com eletrodos rutilícos, não houve o surgimento de tais picos (figura 10).

Um índice proposto para avaliar a estabilidade em CA, mostra que vários fatores influem sobre o comportamento dinâmico do arco. A equação 1 expressa este índice:

$$B = \frac{2\pi f I_1}{V_1 \left| \left(\arcsin \frac{V_1}{\sqrt{2}V_{oc}} \right) + \psi \right|} \quad (1)$$

Onde:

- B = Índice de estabilidade $|\Omega^{-1}s^{-1}|$;
- f = Frequência da corrente $|Hz|$;
- I_1 = Corrente no momento da reignição do arco $|A|$;
- V_1 = Tensão de reignição do arco $|V|$;
- V_{oc} = Tensão em vazio $|V|$;
- ψ = Ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão em vazio $|graus|$.

Quanto maior o valor de B, maior será a estabilidade do arco e este índice cresce com a corrente, frequência, valor eficaz da tensão em vazio, e decresce com a tensão de reignição e ângulo de defasagem.

A tensão em vazio da fonte, apesar de ser um fator externo, aparece como fator influente na estabilidade do arco. A figura 14 mostra que quanto maior a tensão em vazio, menor é o tempo para haver a reignição (para um mesmo valor de tensão de reignição). Se o tempo para haver reignição for menor, durante menos tempo o arco estará tendendo a se apagar proporcionando assim maior estabilidade. O valor de ψ é função da indutância do circuito, intrínseco à fonte ao arco.

Naturalmente, quanto menor a tensão de reignição, sendo o caso extremo a inexistência do pico de reignição, maior será a estabilidade. Este caso se aplica aos eletrodos rutilícos. O crescimento da frequência faz também diminuir t_1 , favorecendo assim a estabilidade. Já I_1 , apesar de dependente do V_1 pode ser aumentada pelo crescimento da corrente de soldagem; quanto maior o calor gerado, mais fácil é manter a atmosfera ionizada.

Baseado na equação acima e nos aspectos dos oscilogramas, pode-se dizer que o arco de eletrodos rutilícos é o mais estável e que a soldagem com eletrodos celulósicos e básicos poderão ter sua estabilidade afetada pela fonte de soldagem. Isto mostra que só se pode falar em estabilidade de um eletrodo em CA, quando estiver eliminada a influência dos fatores externos.

3.2 - Critério da Característica Estática dos Eletrodos:

A análise das características estáticas dos eletrodos pode ser outro determinante da estabilidade do arco. Neste ca-

so podemos analisar a estabilidade de um arco de soldagem relacionando esta ao valor da tensão de soldagem tirada num ponto da característica estática. Assim eletrodos que se caracterizam por baixa tensão de soldagem seriam considerados estáveis, por necessitar de menos energia para manter o arco ionizado.

As curvas de características estáticas dos eletrodos celulósicos, representadas na figura 2, demonstram que a soldagem em polaridade direta requer uma tensão de soldagem maior para manter o comprimento do arco em 3,0 milímetros, e por conseguinte representaria a condição de maior instabilidade. A curva para corrente alternada é intermediária entre as duas de corrente contínua, mas aproximando mais da curva em CC⁻. Isto mostra que precisa-se de mais energia para ionizar um mesmo comprimento de coluna de arco, embora o meio seja o mesmo. Este fato pode estar relacionado com a barreira de elétrons já mencionada.

As curvas de características estáticas dos eletrodos rúflicos, figura 13, demonstram por outro lado, que não há muita diferença em soldagem de diferentes tipos de corrente e polaridade. Supõe-se que a estabilidade do arco é a mesma em qualquer tipo de corrente.

A figura 4 representa as curvas características estáticas para os eletrodos básicos. Como se pode verificar, apesar dos poucos pontos, a dispersão dos pontos relativos à curva da corrente contínua direta é maior, enquanto que em corrente contínua inversa (CC⁺) há um comportamento mais regular. Em corrente alternada também se observa um comportamento regular. É importante lembrar que o valor das tensões é o valor médio ou efetivo.

Como no celulósico, era de se esperar que também o básico apresentasse maior tensão de soldagem em CC⁻, em face da formação de íons negativos próximos ao eletrodo(1) o que não se verificou para as condições dadas. Este fenômeno mostra a necessidade de mais dados para avaliar a estabilidade.

3.3 – Critério dos Ruídos e Geometria do Arco:

Analisar a estabilidade de um arco de soldagem sob o critério de níveis de ruídos parece a princípio uma tarefa fácil, no entanto, existem muitos casos que só um equipamento de alta sensibilidade pode detectar as diferenças nos níveis de ruído entre diferentes arcos de soldagem. Como nesse trabalho os níveis de ruído foram detectados pelo ouvido humano, verificou-se diferença significativa somente entre o eletrodo celulósico e os demais. É importante lembrar que para um mesmo eletrodo, o próprio tipo de transferência pode afetar os níveis de ruído. Os eletrodos celulósicos, por exemplo, apresentaram os maiores níveis de ruído, sendo que este produziu menor nível em CC⁺ comparado com CA e CC⁻. Já para os eletrodos básicos e rúflicos não se percebeu diferença acentuada entre eles, mesmo alternando-se o tipo de corrente, nas condições em que foram realizadas os ensaios.

Por outro lado, a geometria do arco de soldagem foi acompanhada visualmente através de sua projeção em uma tela. Em soldagem com eletrodo celulósico, o arco apresentou-se bastante irregular nos três tipos de corrente, sem tomar forma geométrica bem definida, mesmo em CC⁺. Em soldagem com eletrodo rúflico, o arco apresentou-se bastante regular, com formas bem definidas, e sem variações

perceptíveis a olho nú nestes tipos de corrente. Já no caso dos eletrodos básicos o arco em corrente contínua direta (CC⁻) apresentou-se um pouco irregular, com várias mudanças de forma, enquanto uma diferença acentuada entre a polaridade inversa e corrente alternada não pôde ser detectada.

Devido ao fato do eletrodo celulósico produzir grandes quantidades de gases e não ter o "efeito canhão", era de se esperar um nível de ruído e perturbação da forma maior.

3.4 – Critério do Aspecto do Cordão de Solda:

Um outro critério que pode ser proposto para medir a estabilidade de um arco de soldagem é a irregularidade da forma do cordão. Esta poderia ser avaliada por uma inspeção visual, ou através da determinação do desvio padrão das medidas de áreas adicionadas ao longo do cordão de solda.

Assim um cordão irregular, com várias ondulações, poderia ser interpretado como característica de um comportamento instável do arco. Mais uma vez, o tipo de transferência, que será afetado pelo valor da corrente, pode modificar o aspecto do cordão, sem contudo corresponder necessariamente a mudança de estabilidade.

Os valores para área adicionada dos eletrodos celulósicos apresentados na tabela II, mostram que para os tipos de corrente (CC⁺, CC⁻ e CA) seus valores de desvio padrão são maiores quando comparados com os respectivos dados para os eletrodos básicos e rúflicos. E o caso mais crítico foi verificado na soldagem em corrente contínua direta (CC⁻), exceto para os básicos. Os cordões de solda realizados em CA apresentaram o menor desvio padrão.

Como é do nosso conhecimento, os eletrodos celulósicos apresentam grandes quantidades de gases provenientes da queima do revestimento, predominantemente CO, CO₂, H₂O⁽³⁾, e seus produtos dissociados. A transferência nesse tipo de eletrodo é predominantemente do tipo spray com muito salpico e o cordão apresenta-se com mau aspecto e com camadas irregulares de escória.

Nos eletrodos rúflicos, compostos à base de rutila (TiO₂), a transferência por spray é menos acentuada, caracterizada pela menor produção de gases. Por outro lado, há uma maior formação de escória, modelando o cordão.

O eletrodo básico foi o único que apresentou um comportamento diferente, quando o desvio padrão em CC⁻ é menor do que em CC⁺ o tipo de transferência foi globular predominantemente, com ocorrência de curto circuito, principalmente em CC⁻. Isto sugere que o tipo de transferência realmente influi no aspecto do cordão.

3.5 – Critério da Produção e Consumo:

Tanto o consumo dos eletrodos como a produção de material de adição são muito dependentes do tipo de revestimento, uma vez que este gera atmosferas de arco com diferentes graus de ionização, e conseqüentemente com diferentes energias térmicas, além de influenciar sobre o modo de transferência do metal de adição. Do exposto surgiu a idéia de analisar o rendimento de deposição (relação entre a produção e o consumo) como critério de determinação de estabilidade de arco, já que quanto menos salpicos houverem, espera-se uma formação de poça mais acalmada.

Os eletrodos celulósicos apresentavam os menores valores para o rendimento de deposição, quando comparados com os eletrodos básicos e rúflicos (tabela 2). Esses valores

já eram esperados uma vez que a atmosfera do arco gerada pelo revestimento do tipo celulósico acarreta uma transferência de metal do tipo spray com bastante salpicagem, e conseqüentemente pouca produção de material de adição para grande consumo de eletrodo. Entretanto não eram verificadas variações acentuadas nos valores de rendimento de deposição para os diferentes tipos de corrente (CC⁺, CC⁻ e CA), apesar da facilidade de se soldar não ser a mesma.

Os eletrodos rútilicos apresentaram rendimento de deposição em torno de 85%, não se verificando mudanças acentuadas nos diferentes tipos de corrente. O fato deste eletrodo apresentar maior rendimento pode estar relacionado com o tipo de transferência. Já os eletrodos básicos utilizados neste trabalho, classe E-7018, contém pó de ferro em seu revestimento, justificando o seu rendimento de deposição superior a 100%. Neste caso teve-se um maior rendimento de deposição na soldagem com corrente contínua na polaridade inversa (CC⁺) enquanto que em corrente alternada e polaridade direta, os valores foram equivalentes.

4. CONCLUSÃO

Considerando-se as especificações de uso dos eletrodos, baseados na classificação AWS ou recomendações do fabricante, que garante as condições ótimas de trabalho, dentre

elas a estabilidade, pode-se concluir o seguinte acerca dos critérios apresentados:

- O critério do nível de ruído mostrou-se pouco sensível, uma vez que não possibilitou diferenciar a estabilidade de arco quando alterou-se o tipo de corrente. Entretanto, a observação do nível de ruído juntamente com a geometria do arco aumentou um pouco a validade do critério;
- O critério baseado no aspecto do cordão mostrou poder ser mascarado pelo tipo de transferência, dificultando sua aplicação;
- O critério correspondente ao consumo e produção, como no item a também mostrou-se pouco sensível, além de ser influenciado por material de adição no revestimento;
- Avaliar a estabilidade pelo valor de tensão requerida para soldagem, mostrou-se prejudicada pelo aumento de escorificantes no revestimento, que diminuem o potencial de ionização do arco;
- Finalizando, a observação da característica dinâmica permite verificar o quanto varia a energia consumida pelo arco no decorrer do tempo, avaliando-se a maior ou menor condição de regime térmico em que se encontrava o arco. Apesar de maior dificuldade operacional, permite analisar a influência de pequenos fatores.

TABELA I – DADOS PARA LEVANTAMENTO DA CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DO ARCO

CC ⁺						CC ⁻						CA			
E - 6013		E - 6011		E - 7018		E - 6013		E - 6011		E - 7018		E - 6013		E - 6011	
I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)	V (V)
85	20	60	24	100	22	75	20	80	30	100	20	110	24	90	30
100	23	75	25	120	23	95	20	95	32	120	23	120	26	100	32
120	28	100	26	125	24	115	26	115	34	140	28	130	30	110	32
130	29	115	30	145	26	120	28	120	36	160	30	—	—	120	34
—	—	120	29	150	28	—	—	150	36	—	—	—	—	—	—

Incerteza de Medição: Tensão: ± 2 volts
Corrente: ± 5A

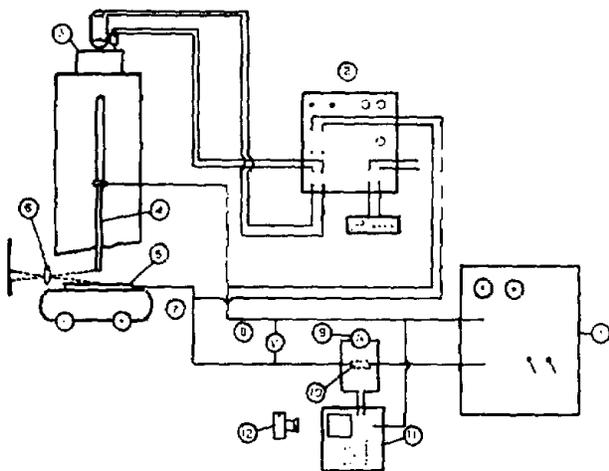
TABELA II – RESULTADOS OBTIDOS DURANTE OS ENSAIOS

ELETRODO	CELULÓSICO (E-6011)			RÚTILICO (E - 6013)			BÁSICO (E - 7018)		
	CC ⁺	CC ⁻	CA	CC ⁺	CC ⁻	CA	CC ⁺	CC ⁻	CA
Vef (± 2 volts)	29	38	34	28	27	25	24	22	21
Sad (mm ²)	9,57	13,38	10,27	10,97	11,37	9,65	15,60	11,98	9,94
OSad	4,482	6,794	2,855	2,634	4,436	1,800	3,074	2,367	1,363
Ls (mm ²)	150	115	124	160	160	195	178	220	260
C (Kg/h)	1,32	1,71	1,52	1,24	1,24	1,01	1,11	0,90	0,76
P (Kg/h)	0,92	1,23	0,98	1,05	1,05	0,91	1,44	1,11	0,92
nD (%)	70	72	65	85	85	90	130	123	121
NÍVEL DE RUÍDO	ALTO	MUITO ALTO	MUITO ALTO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO

Obs.: Os parâmetros geométricos foram medidos com um paquímetro com resolução de 0,05mm

- V_{ef} = Tensão efetiva de soldagem
- S_{ad} = Área adicionada = b x r x 0,7
- b = Largura do cordão de solda
- r = Reforço do cordão de solda
- L_s = Comprimento do cordão de solda
- C = Consumo = (L_i - L_f) d x γ
- P = Produção de material de adição = S_{ad} x L_s x γ
- γ = Peso específico = 7,85 g/cm³
- nD = Rendimento de deposição
- d = Diâmetro do eletrodo.

FIG 1 - Esquema de montagem do experimento



01. Fonte de soldagem do tipo corrente constante
02. Controlador eletrônico de comprimento do arco
03. Sistema de acionamento do eletrodo
04. Eletrodo
05. Corpo de prova
06. Dispositivo de projeção do arco
07. Dispositivo de acionamento do corpo de prova (tartaruga)
08. Voltímetro
09. Amperímetro
10. "Shunt"
11. Osciloscópio de memória
12. Máquina fotográfica

Figura 2 - Características Estáticas de Eletrodos Celulósicos.

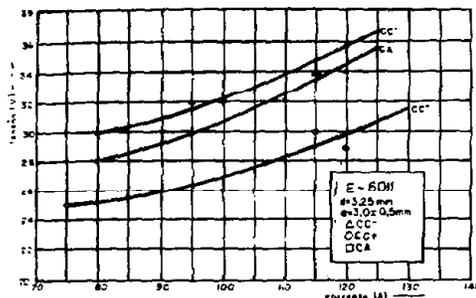


Figura 3 – Características Estáticas de Eletrodos Rutílicos

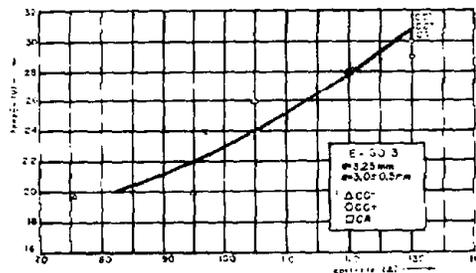


Figura 4 – Características Estáticas de Eletrodos Básicos

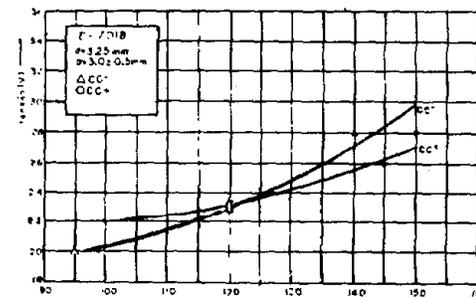


Figura 5 – Características Dinâmicas do Eletrodo E-6011 em CC⁻
Corrente: 50A/div.; Tensão: 10V/div.;
Tempo: 0,5ms/div.

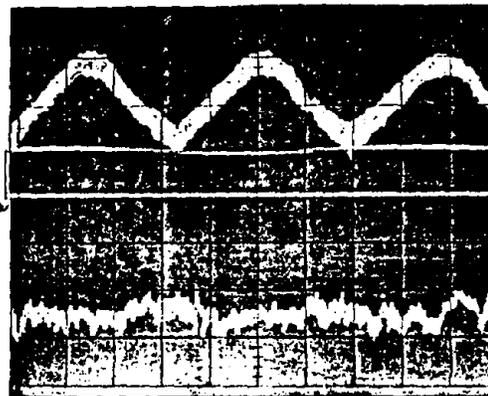


Figura 6 – Características Dinâmicas do Eletrodo 6 – 6011 em CC^+
Corrente: 50A/div.; Tensão: 10V/div.;
Tempo: 0,5ms/div.

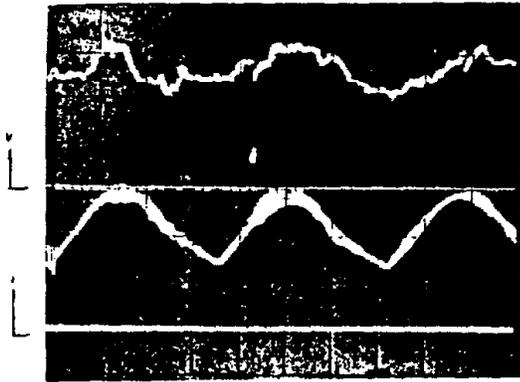


Figura 9 – Características Dinâmicas do Eletrodo E-6013 em CC^+
Corrente: 50A/div.; Tensão: 10V/div.;
Tempo: 0,5ms/div.

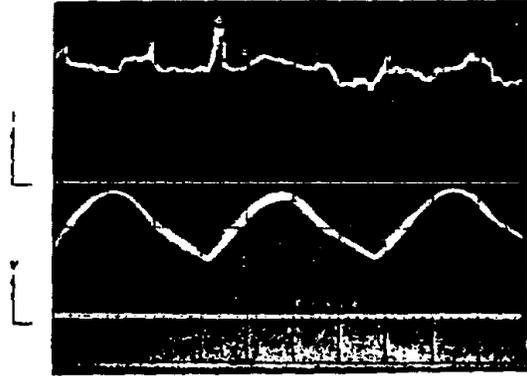


Figura 7 – Características Dinâmicas do Eletrodo E-6011 em CA.
Corrente: 50A/div.; Tensão: 20V/div.;
Tempo: 0,5ms/div.

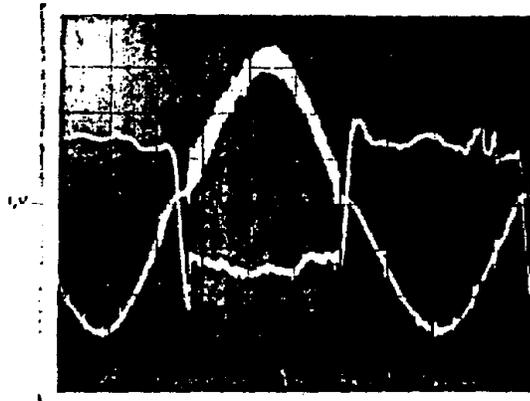


Figura 10 – Características Dinâmica do Eletrodo E-6013 em CA.
Corrente: 50A/div.; Tensão: 20V/div.;
Tempo: 0,5ms/div.

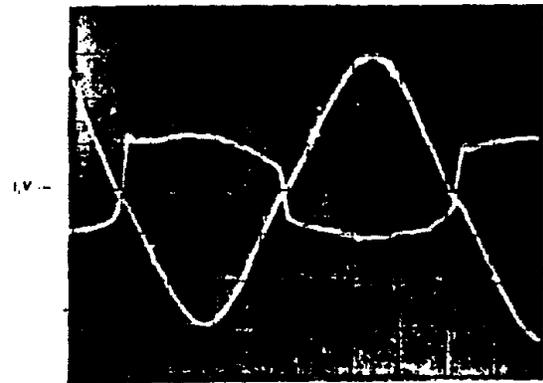


Figura 8 – Características Dinâmicas do Eletrodo E-6013 em CC^-
Corrente: 50a/div.; Tensão: 10V/div.;
Tempo: 0,5ms/div.

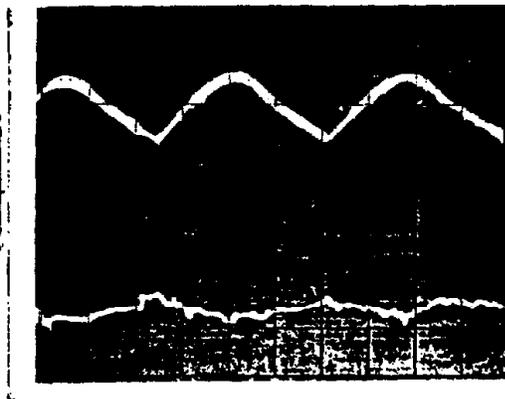


Figura 11 – Características Dinâmicas do Eletrodo E - 7018 em CC^-
Corrente: 50A/div.; Tensão: 10V/div.;
Tempo: 0,5ms/div.

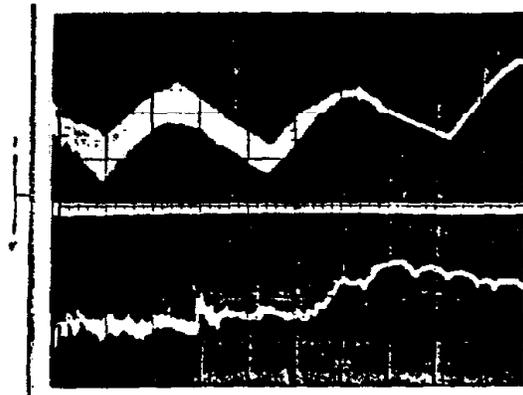


Figura 12 — Características Dinâmicas do Eletrodo E-7018 em CC⁺
 Corrente: 50A/div.; Tensão: 10V/div.;
 Tempo: 0,5ms/div.

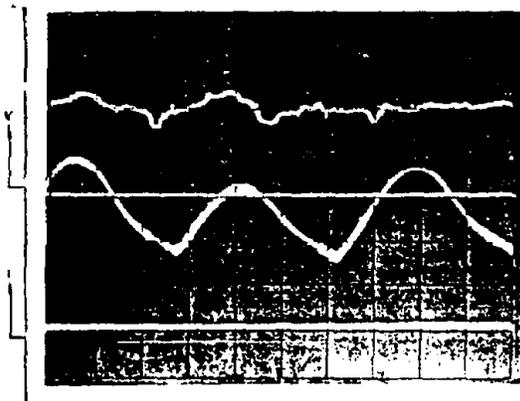


Figura 13 — Característica Dinâmica do Eletrodo E-7018 em CA.
 Corrente: 50A/div.; Tensão: 20V/div.;
 Tempo: 0,5ms/div.

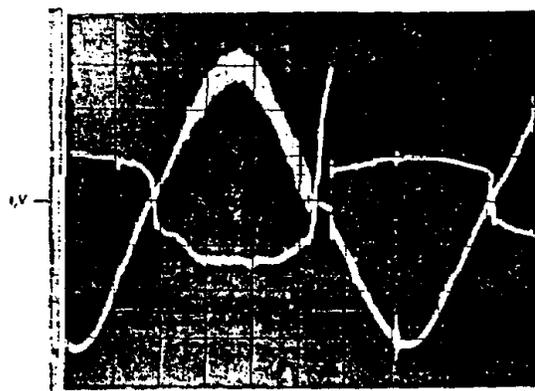
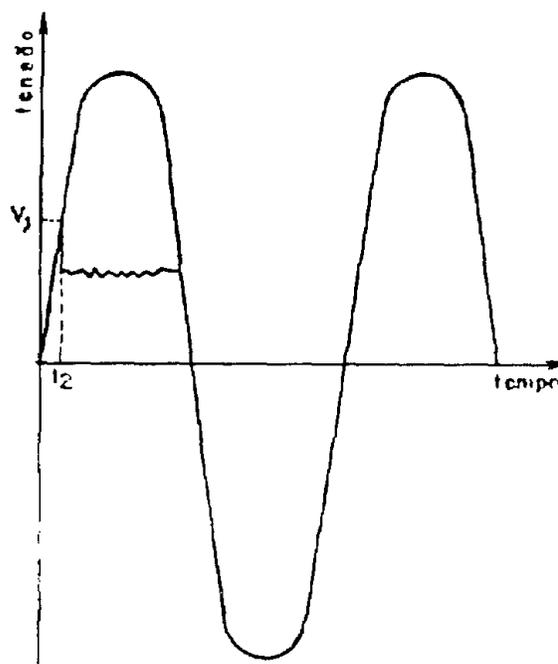
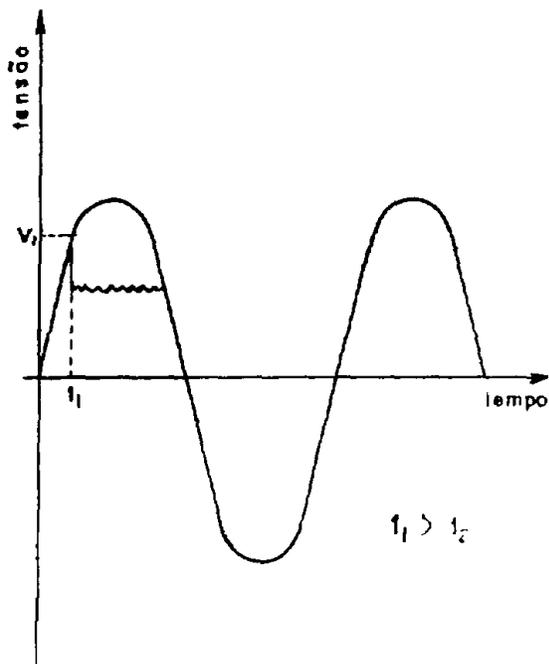


Figura 14 — Influência da Tensão em Vazio da Fonte Sobre o Tempo de Reignição.



5. AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer a FINEP pelo suporte financeiro para realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SCOTTI, A.; QUITES, A.M.; FARIAS, J.P.; KOBAYASHI, Y.; Características Dinâmicas de Eletrodos Revestidos. In: *X Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem*. Vitória — ES, Outubro, 1984. ABM;
2. *Simulador de Soldagem Manual "Projeto Pioneiro"*. LAMEP/LABSOLDA, UFSC. 1980 (Projeto não publicado);
3. WEGRZYN, J.; *Covered Electrode Arc*. I.I.W doc. no. 212. 166.69;
4. POKHODNYA, I. K.; et. alii. Study of Alternating Current Arc Stability. In: *Arc Physics and Weld Pool Behaviour*. Vol I, Abington Hall. Cambridge, 1980. Anais... The Welding Institute p. 93-99;
5. POKHODNYA, I. K.; et. alii. The Emission of Electrons and Positive Ions From a Weld Pool And The Stability of AC Arc Burn. In: *Arc Physics and Weld Pool Behaviour*. Vol I. Abington Hall. Cambridge, 1980. Anais... The Welding Institute. p. 87-92.