



DESENVOLVIMENTO DE ELETRODOS REVESTIDOS DO TIPO BÁSICO IMPERMEÁVEIS

Desenvolvimento de Eletrodos Revestidos do Tipo Básico Impermeáveis

Aurecyl Dalla Bernardina, Claudio Turani Vaz, Ivanilza Felizardo, Ezequiel Caires Pereira Pessoa, Alexandre Queiroz Bracarense.

A empresa Elbras Eletrodo do Brasil (Contagem, MG), com o apoio do Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, MG), está desenvolvendo eletrodos revestidos impermeáveis. O ponto de partida desse estudo foi a substituição de aglomerantes usuais utilizados na formulação

insumos (GLP, energia elétrica) e tempo. A impermeabilidade observada nesse novo produto foi muito promissora e resultados bem interessantes foram observados na soldagem subaquática, tanto que encorajou a continuidade das pesquisas, extrapolando a aplicação dessa nova técnica para a soldagem fora d'água, sendo nesse caso, os eletrodos revestidos do tipo básico, classe AWS A5.1 E7018, os de maior interesse. O processo de fabricação de eletrodos revestidos convencionais se baseia na sequência representada na Figura 1, Blocos 1 e 2. Os eletrodos revestidos impermeáveis não necessitam de secagem em fornos durante a fabricação, e sua sequência de fabricação pode ser observada no Bloco 3, Figura 1. Além

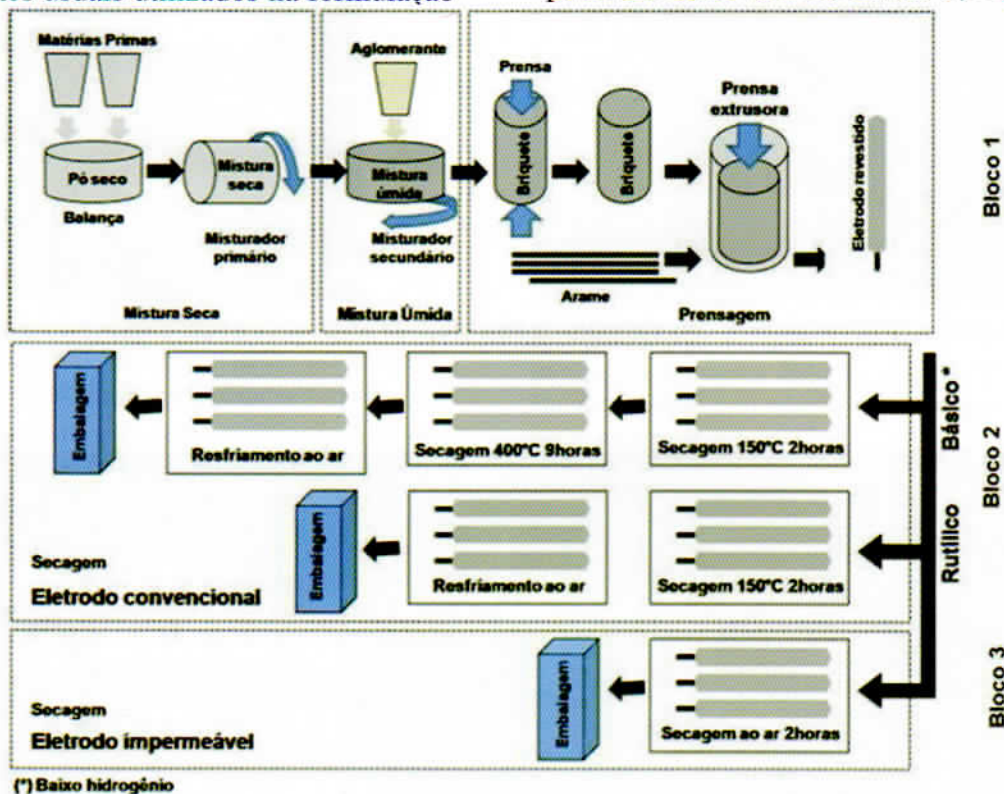


Figura 1. Sequência esquemática de fabricação de eletrodos revestidos.

típica de um eletrodo revestido do tipo rutílico, classe AWS A5.1 E6013, por “polímeros”. Isso resultou na impermeabilidade do eletrodo, eliminando a necessidade do processo de secagem em forno durante a fabricação, economizando

dessa simplificação na fabricação, os eletrodos impermeáveis não necessitam de ressecagem e manutenção em estufa antes da aplicação em campo.

Os primeiros lotes de eletrodos impermeáveis foram

fabricados em laboratório, utilizando equipamento apresentado na Figura 2, com o objetivo de adequar a porcentagem de polímero na formulação para obter uma aglomeração satisfatória da massa do revestimento que possibilitasse uma boa extrudabilidade. A etapa seguinte consistiu na produção em escala industrial de lotes de eletrodos impermeáveis. Para cada lote de eletrodo fabricado, soldagens sobre chapa foram executadas, visando avaliar a estabilidade do arco elétrico e a aparência do cordão de solda. A análise química do metal de solda também foi realizada com o objetivo de validar as alterações de fórmula e criar subsídios para as novas alterações. Análise metalográfica, avaliação microestrutural, teste de hidrogênio difusível e mecânico (dureza, tração e impacto) também foram realizados para complementar o desenvolvimento do consumível. A Figura 3 apresenta alguns dos eletrodos impermeáveis produzidos em laboratório e a Figura 4, apresenta os produzidos em fábrica.

Após um longo período de pesquisas, adequação na formulação do revestimento e testes de soldagem, apresenta-se na Figura 5 o cordão de solda sobre chapa produzido com o eletrodo revestido do tipo básico impermeável. Observa-se que a aparência do cordão de solda se assemelha bastante com a de um cordão produzido com eletrodo E7018



Figura 2. Equipamento utilizado em laboratório para fabricação de eletrodos.

convencional. Entretanto, foi possível observar durante a soldagem com o eletrodo impermeável que a abertura e a manutenção do arco foram realizadas com maior facilidade por parte do soldador quando comparado com o eletrodo convencional.

A Figura 6 apresenta as metalografias, em posições diferentes, do metal de solda produzido com o eletrodo impermeável básico. A microestrutura

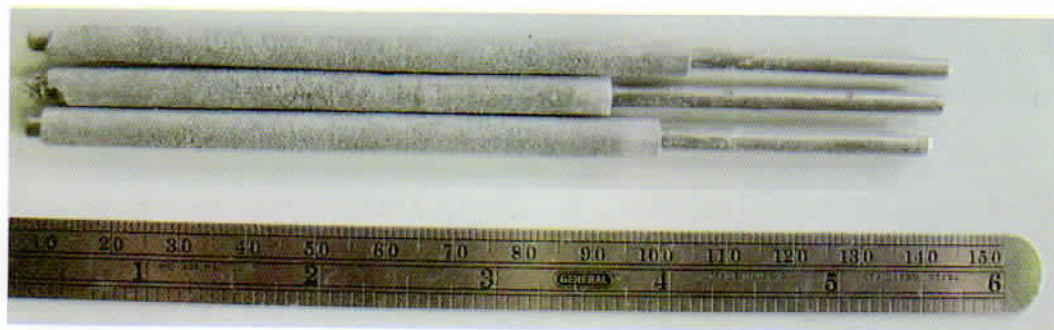


Figura 3. Eletrodos produzidos em laboratório.



Figura 4. Eletrodos produzidos em fábrica, escala industrial.

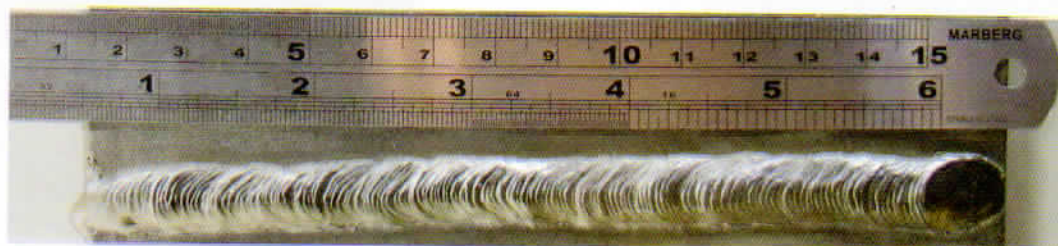


Figura 5. Cordões sobre chapa produzidos pelo eletrodo impermeável.

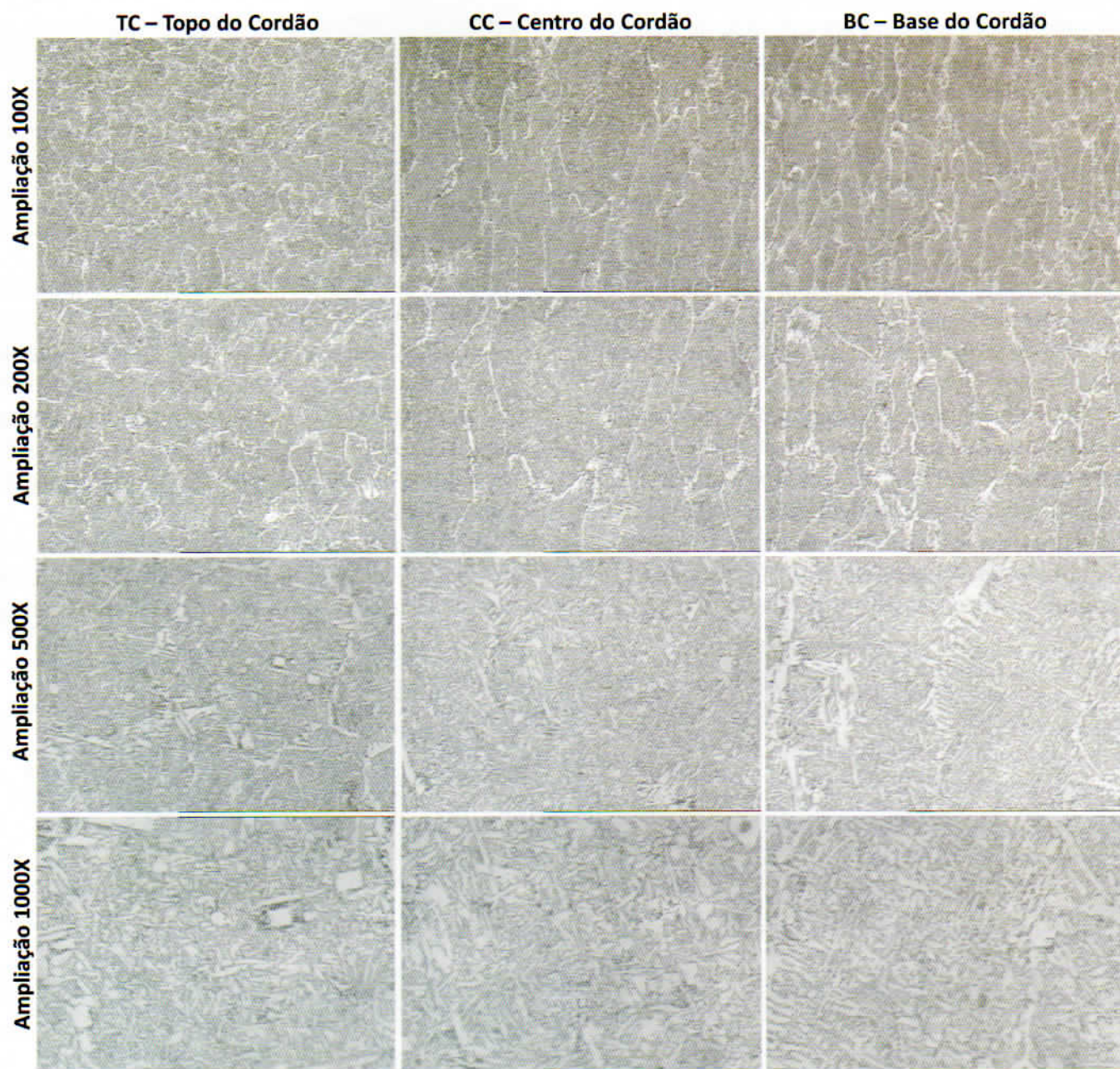
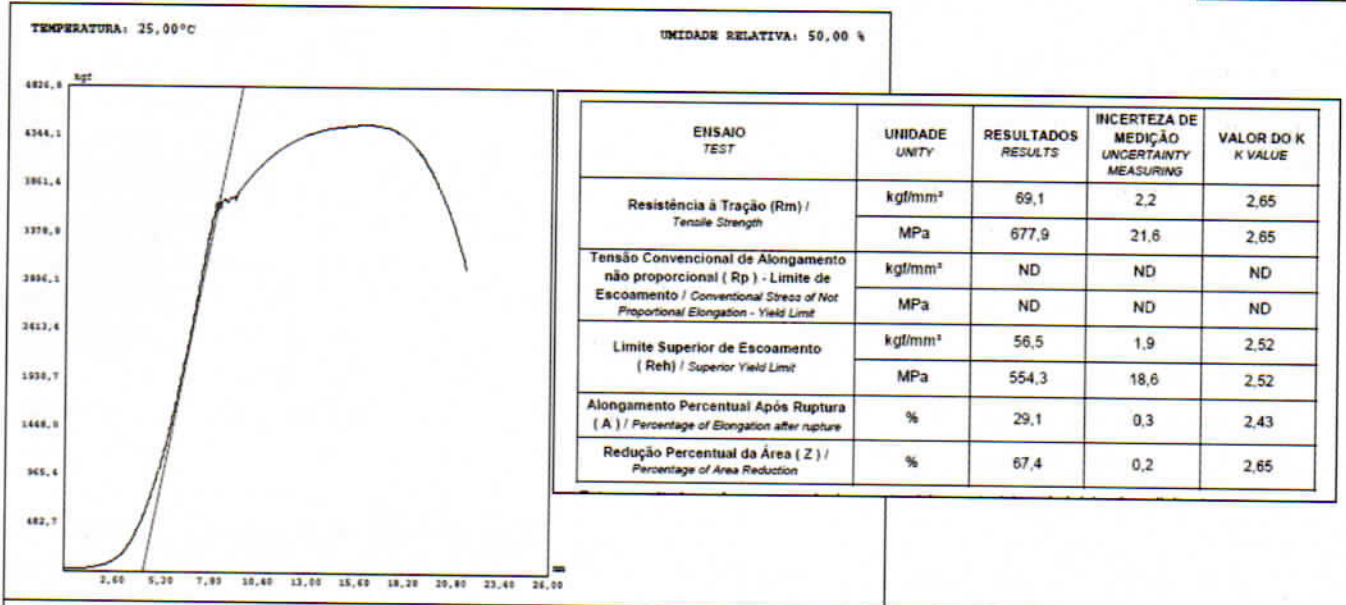


Figura 6. Detalhes da microestrutura do cordão de solda produzido com o eletrodo impermeável. Ataque Nital 2%, 100, 500 e 1000X.



Amostra No.	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA	FORÇA MÁXIMA kgf	LIMITE DE RESISTÊNCIA kgf/mm ²	LIMITE DE ESCOAMENTO kgf/mm ²	CARGA LIM. DE ESCOAMENTO kgf	ALONGAMENTO %	REDUÇÃO DE ÁREA %	DIÂMETRO EXTERNO mm
1	12525	4455,0	69,1	56,5	3644,2	29,14	67,44	9,060

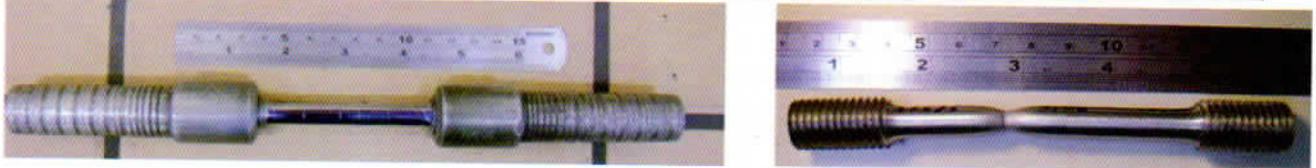


Figura 7. Resultados do teste de tração do metal de solda produzido com o eletrodo impermeável.

Resultados Obtidos / Results: (-29°C)

C.P.	Comprimento Length (mm)	Altura Depth (mm)	Largura Width (mm)	Altura sob o entalhe (mm) Depth Under the Notch	Ângulo do Entalhe Notch Angle	Raio de Entalhe Notch Radius (mm)	Energia Absorvida Absorbed Energy (KV 300)	Energia Absorvida Absorbed Energy (J/mm ²)
1	54,95	10	10,01	7,99	44°55'	0,275	62 J	0,78
2	55,3	10,01	10,02	8,01	45°02'	0,275	74 J	0,92
3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Média / Average:							68,0 J	0,85

Resultados Obtidos / Results: (-45°C)

C.P.	Comprimento Length (mm)	Altura Depth (mm)	Largura Width (mm)	Altura sob o entalhe (mm) Depth Under the Notch	Ângulo do Entalhe Notch Angle	Raio de Entalhe Notch Radius (mm)	Energia Absorvida Absorbed Energy (KV 300)	Energia Absorvida Absorbed Energy (J/mm ²)
1	55,07	10,02	10,02	8,02	44°55'	0,275	48 J	0,60
2	55,22	10,02	10,02	8,02	45°00'	0,275	52 J	0,65
3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Média / Average:							50,0 J	0,62



Figura 8. Resultados dos testes de impacto do metal de solda produzido com o eletrodo impermeável.



de um cordão de solda produzido com eletrodo convencional E7018 típica é de ferrita acicular e de ferrita alotromórfica de contorno de grão. Em comparação ao eletrodo convencional, a microestrutura

dos eletrodos impermeáveis indica uma menor quantidade de ferrita de contorno de grão alotromórfica. Análises metalográficas das amostras com ampliação de 1000 vezes indicaram, para os eletrodos impermeáveis, morfologia característica de ferrita acicular em grandes quantidades no interior dos grãos austeníticos originais. A presença de ferrita acicular em solda é sempre desejável, visto que esta microestrutura apresenta maior tenacidade.

As Figuras 7 e 8 apresentam os resultados dos testes de tração e impacto realizados. Observa-se no teste de tração que o metal de solda produzido com o eletrodo impermeável apresentou um alongamento de 29% e que a energia absorvida no teste de impacto à -29°C foi de 68,0 J e a -45°C foi de 50,0 J. Esses resultados estão muito além

do que se espera de um metal de solda produzido por eletrodos revestidos do tipo básico.

A Tabela 1 apresenta os teores de hidrogênio difusível encontrado no metal de solda produzido com os eletrodos do tipo básico impermeáveis. Observa-se que foram testados dois lotes diferentes de eletrodos, produzidos em datas diferentes e que para um mesmo lote de eletrodo foram realizados testes de hidrogênio difusível em diferentes datas. Apesar dos eletrodos testados na data de 12/08/2010 apresentarem resultados que correspondem ao dobro dos apresentados obtidos na data de 30/09/2010, obter metal de solda com os níveis de hidrogênio difusível apresentados na Tabela 1 é algo revolucionário.

Destaca-se que os eletrodos impermeáveis não necessitam se secagem em fornos e manutenção dos mesmos em estufas antes de sua aplicação.

A pesquisa com esses eletrodos continua no intuito de entender mais o processo metalúrgico envolvido na soldagem e no intuito de obter sua qualificação e certificação perante os órgãos competentes.

Tabela 1. Teor de hidrogênio difusível dos eletrodos impermeáveis B10.

Amostra	Data da Fabricação	Lote	Data dos testes	Hidrogênio Difusível (ml/100g metal depositado)
1	26/07/2010	1	12/08/2010	3,4
2	26/07/2010	1	12/08/2010	3,9
3	26/07/2010	1	12/08/2010	4,7
4	26/07/2010	1	30/09/2010	2,1
5	26/07/2010	1	30/09/2010	1,8
6	26/07/2010	1	30/09/2010	2,1
7	26/07/2010	1	30/09/2010	1,8
8	01/09/2010	2	30/09/2010	1,9
9	01/09/2010	2	30/09/2010	1,7
10	01/09/2010	2	30/09/2010	1,9
11	01/09/2010	2	30/09/2010	1,9