

## Efeito dos parâmetros de soldagem sobre a geometria e diluição de revestimentos de liga de níquel aplicados em aço API 5L Gr B

V. R. Batista\*, M. M. Silva, R. H. F. Melo, T. M. Maciel, M. A. Santos

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Campina Grande

Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58429-900 - Campina Grande – PB

(Recebido em 18/07/2011; revisado em 28/10/2011; aceito em 28/10/2011)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

### Resumo:

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos parâmetros de soldagem sobre a diluição(D) e a geometria (razão entre a altura e a largura- R/L) de cordões de solda de ligas de Ni (Hastelloy-276) aplicados por soldagem em aços C-Mn. para a constituição de revestimentos contra corrosão. O processo de soldagem utilizado foi ao Arco Submerso utilizando um arame com diâmetro de 1,1mm com corrente pulsada. Como substrato foi empregado segmentos de um tubo de aço API 5L Gr B com espessura de 18 mm. Para relacionar a influência das variáveis citadas com os parâmetros de soldagem foi utilizada a técnica de planejamento de experimentos com aplicação de planejamento fatorial em dois níveis. Foram obtidos valores de diluição de 3,6% a 22,26% e valores de R/L de 0,23 a 0,67, sendo o resultado mais satisfatório de 12,76% e 0,28 para D e R/L respectivamente.

**Palavras-chave:** Soldagem ao arco submerso; hasteloy C-276; revestimento; diluição; planejamento fatorial.

### Abstract:

The objective of this work was to evaluate the influence of welding parameters on dilution level (D) and geometry (ratio between the height and width-R/L) of weld fillet of Ni alloy (Hastelloy-276) applied by welding on C-Mn steels for the coatings formation against corrosion. The welding process used was Submerged Arc and wire with a diameter of 1.1 mm with pulsed current. As substrate, segments of a steel pipe API 5L Gr B with a thickness of 18 mm was used. To relate the influence of the mentioned variables with the parameters of welding, experiment design techniques with application of factorial design at two levels was done. The results indicated dilutions varying from 3,6% to 22,26% and values of parameter (R/L) from 0,23 to 0,67 being the most satisfactory result of 12,76% and 0,28 for D and R/L respectively.

**Keywords:** submerged arc welding; hasteloy C-276; weld overlay; dilution; factorial design.

## 1. Introdução

O petróleo, devido a sua composição química e a presença de diversas impurezas, apresenta um elevado grau de corrosividade. O processo de corrosão, principalmente por corrosão naftênica, que ocorre no interior dos dutos, que transportam óleo ou gás, é um problema de relevância na indústria do petróleo e pode afetar de forma significativa a vida útil dos mesmos, causando aumento de custos de manutenção, produção e até a interrupção da tubulação para a substituição de alguma parte da mesma.

A fim de melhorar a resistência à corrosão, revestimentos metálicos podem ser depositados por soldagem em dutos menos nobres (aço carbono). Em geral, estes revestimentos podem ser de aços inoxidáveis austeníticos ou superligas de níquel (Ni). Dentre as superligas de Ni, destaca-se a liga Hastelloy C-276, uma liga Ni-Cr-Mo, pela elevada resistência

à corrosão, podendo ser utilizada em temperaturas elevadas e também criogênicas [1-3].

Vários processos de soldagem podem ser empregados em soldagens de revestimento tais como, soldagem a arco com eletrodo de Tungstênio e Proteção Gasosa (GTAW); soldagem a arco com proteção gasosa (GMAW); soldagem a arco com arame tubular (FCAW), soldagem por eletroescória (ESW) e soldagem ao arco submerso (SAW) [4,5]. Entretanto, no caso de soldagem de revestimento é necessária uma otimização da geometria (reforço, largura do cordão, etc.) e da diluição dos cordões de solda para se obter a melhor relação custo/benefício. Isto é, faz-se necessário um completo controle sobre os parâmetros de soldagem mais influentes a fim de garantir a qualidade e integridade do revestimento. Assim, é muito importante selecionar e controlar parâmetros de processos de soldagem para se obter uma geometria e diluição ótimas para o cordão de solda [5,6].

\*Email: [valmir5@yahoo.com.br](mailto:valmir5@yahoo.com.br) (V. R. Batista)

Para selecionar corretamente os parâmetros de soldagem, é preciso conhecer a influências deles e ter domínio dos mesmos. Um experimento bem planejado pode fornecer este conhecimento e domínio. Para isto, existem diversas técnicas que podem proporcionar ferramentas adequadas para este planejamento. Dentre elas pode ser citado o Planejamento Experimental que representa um conjunto de ensaios estabelecidos com critérios científicos e estatísticos, com o objetivo de determinar a influência de diversas variáveis nos resultados de um dado sistema ou processo [7]. Ou seja, a utilização desta técnica permite dentro de um processo determinar quais variáveis são mais influentes nos resultados, atribuir valores às variáveis influentes de modo a otimizar os resultados.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da variação dos parâmetros de soldagem, através de um planejamento experimental, sobre o nível de diluição e a geometria de cordões de solda de liga de Ni (Hastelloy C-276) aplicados por processo de soldagem ao arco submerso em

segmentos de tubulações de aço API 5L Gr B utilizados para transporte de petróleo e gás.

## 2. Materiais e Métodos

O processo de soldagem utilizado foi ao Arco Submerso (SAW) utilizando como consumíveis o arame eletrodo de liga de níquel, Hastelloy C-276 (ERNiCrMo-4) de 1.1 mm de diâmetro, cuja composição química está apresentada na Tabela 1, e um fluxo neutro e básico.

Como substrato (metal de base) foi utilizado um segmento de tubo de aço ARBL de especificação API 5L Gr.B enviado pelo CENPES (PETROBRAS), cuja composição química (% em peso) é apresentada na Tabela 2. As dimensões do tubo são: 290 mm de diâmetro interno e 18,0 mm de espessura da parede.

Tabela 1. Composição química (% em peso) do metal de adição empregado

Material	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Fe	Co	W	V
ER NiCrMo-4	0,009	0,54	0,05	0,005	0,001	15,3	15,3	58,2	6,12	0,03	3,82	0,27

Fonte: Haynes Wire Company [8].

Tabela 2. Composição química (% em peso) do metal de base utilizado

Material	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Fe
API 5L GR B	0,19	0,70	0,24	0,018	0,018	0,064	0,008	0,07	Bal.

Fonte: UFCG [9].

O equipamento de soldagem utilizado foi uma fonte multiprocessada modelo DIGI Plus A7 800 fabricado pela IMC Soldagem, com capacidade de corrente máxima de 800 A.

Foram feitos cortes dos segmentos do tubo por meio do processo oxi-acetileno. Antes da deposição do cordão de solda essas peças foram lixadas com disco de desbaste e escova de aço inoxidável e por fim sua superfície foi limpa com acetona. Nesta etapa do estudo foram realizados apenas cordões de solda isolados, como mostra a Figura 1(a). Todos cordões de solda foram executados no Laboratório de Soldagem (LABSOL) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Seções transversais dos cordões foram cortadas para o cálculo da diluição e da razão reforço sobre largura, R/L, onde a diluição é dada pela relação entre a área de penetração (A1) e a área total da seção transversal do cordão de solda (A1+A2), como mostram a Figura 1(b) e a Equação (1).

$$D(\%) = \frac{A1}{A1 + A2} \quad (1)$$

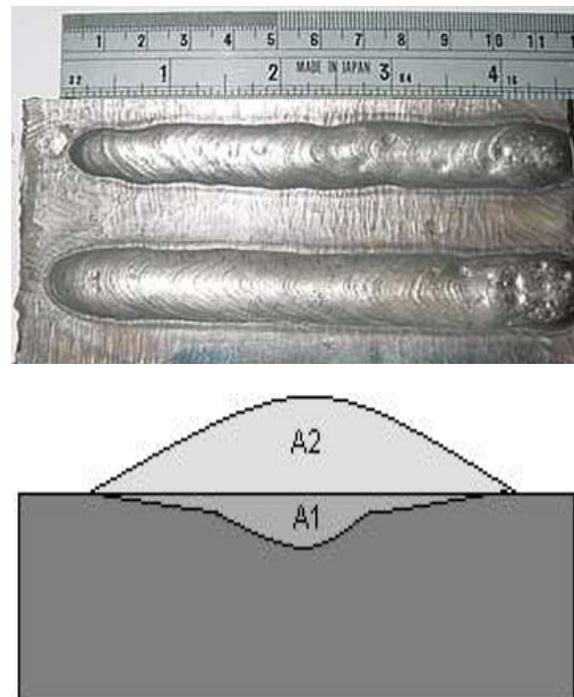


Figura 1. (a) Cordões de solda isolados. (b) Esquema da seção transversal do cordão de solda

Como metodologia de pesquisa utilizou-se o planejamento fatorial completo em dois níveis com três repetições do ponto central ( $2^k + 3$ ) que resultou em 19 experimentos, onde  $k$  é o número de variáveis de entrada. Foram variados os valores das correntes de pico ( $I_p$ ) e de base ( $I_b$ ), a velocidade de alimentação do arame ( $V_a$ ) e a distância do bico de contato à peça (DBCP). Os valores desses níveis estão dispostos na Tabela 3.

Foram mantidos fixos o tempo de pulso ( $t_b=4ms$ ) e o tempo de base ( $t_b=7ms$ ), da corrente, a velocidade de soldagem

( $V_s=22cm/min$ ) e a inclinação da tocha de soldagem ( $\theta=15^\circ$  com a vertical). Todos os experimentos foram feitos utilizando corrente com polaridade reversa (CC+).

A seqüência de combinação dos fatores foi definida segundo a ordem padrão OP descrita na Tabela 4 com três repetições do ponto central, sendo os experimentos realizados em uma seqüência aleatória

Tabela 3. Níveis reais e codificados dos fatores em estudo

Variáveis de entrada	Níveis		
	-1	0	+1
$I_p$ (A)	260	280	300
$I_b$ (A)	75	100	125
$V_a$ (m/min)	6,0	6,5	7,0
DBCP (mm)	15	17,5	20

Tabela 4. Matriz de planejamento experimental  $2^3$ 

OP	$I_p$ (A)	$I_b$ (A)	$V_a$ (m/min)	DBCP (mm)
1	260 (-1)	75 (-1)	6 (-1)	15 (-1)
2	300 (+1)	75 (-1)	6 (-1)	15 (-1)
3	260 (-1)	125 (+1)	6 (-1)	15 (-1)
4	300 (+1)	125 (+1)	6 (-1)	15 (-1)
5	260 (-1)	75 (-1)	7 (+1)	15 (-1)
6	300 (+1)	75 (-1)	7 (+1)	15 (-1)
7	260 (-1)	125 (+1)	7 (+1)	15 (-1)
8	300 (+1)	125 (+1)	7 (+1)	15 (-1)
9	260 (-1)	75 (-1)	6 (-1)	20 (+1)
10	300 (+1)	75 (-1)	6 (-1)	20 (+1)
11	260 (-1)	125 (+1)	6 (-1)	20 (+1)
12	300 (+1)	125 (+1)	6 (-1)	20 (+1)
13	260 (-1)	75 (-1)	7 (+1)	20 (+1)
14	300 (+1)	75 (-1)	7 (+1)	20 (+1)
15	260 (-1)	125 (+1)	7 (+1)	20 (+1)
16	300 (+1)	125 (+1)	7 (+1)	20 (+1)
17	280 (0)	100 (0)	6,5 (0)	17,5 (0)
18	280 (0)	100 (0)	6,5 (0)	17,5 (0)
19	280 (0)	100 (0)	6,5 (0)	17,5 (0)

### 3. Resultados e Discussão

Na Tabela 5 são apresentados os valores de diluição que variaram de 3,6 % até 22,26 %, sendo o melhor resultado obtido para o experimento de número 3 com razoável valor de diluição e razão R/L. Para todos os cordões obteve-se reforços (R) superiores a 3,0mm.

Para a análise dos resultados foi utilizado um software estatístico adotando um nível de significância dos resultados de 95%. A Tabela 6 mostra os valores de P (P está relacionado ao nível de significância de uma determinada variável analisada em um modelo de regressão ) para cada

fator, considerando também as interações entre duas e três variáveis, onde de acordo com o nível de confiabilidade, a relação  $P \leq 0,05$  deve ser satisfeita para que o fator seja estatisticamente significativo, visto que, a significância é dada pela expressão:  $1-(Valor P)$ .

Observou-se ainda que quanto menor a diluição maior será a razão R/L (Figura 2), sendo que para diluições acima de 13% não teve alteração significativa de R/L.

Os valores em destaque na Tabela 6 mostram os fatores e suas interações que são estatisticamente significantes para cada resposta. A análise dessas interações permitirá o

estabelecimento de diretrizes para melhorar a diluição e razão R/L.

Tabela 5. Matriz de planejamento e resultados obtidos

OP	I <sub>P</sub> (A)	I <sub>B</sub> (A)	V <sub>a</sub> (m/min)	DBCP (mm)	I <sub>M</sub> (A)	U <sub>M</sub> (v)	Diluição (%)	R (mm)	R/L (mm/mm)
1	260	75	6,0	15,0	172,8	25,0	8,23	4,61	0,55878
2	300	75	6,0	15,0	159,0	34,5	12,67	5,01	0,46132
3	260	125	6,0	15,0	179,5	36,2	12,76	4,17	0,28328
4	300	125	6,0	15,0	191,3	43,7	16,81	3,88	0,23687
5	260	75	7,0	15,0	191,5	19,5	3,67	5,01	0,58391
6	300	75	7,0	15,0	199,6	21,3	5,47	5,05	0,51794
7	260	125	7,0	15,0	199,1	23,3	4,67	4,53	0,44455
8	300	125	7,0	15,0	201,7	29,6	22,26	4,01	0,28160
9	260	75	6,0	20,0	162,6	25,0	5,68	4,69	0,56438
10	300	75	6,0	20,0	144,1	38,4	11,81	5,02	0,55715
11	260	125	6,0	20,0	170,2	41,5	18,99	3,53	0,24947
12	300	125	6,0	20,0	168,7	50,0	13,94	3,91	0,26259
13	260	75	7,0	20,0	204,9	20,0	3,60	5,25	0,67135
14	300	75	7,0	20,0	178,0	24,0	5,50	5,16	0,51755
15	260	125	7,0	20,0	191,2	21,5	4,73	4,68	0,47464
16	300	125	7,0	20,0	184,0	42,0	17,59	3,38	0,24074
17	280	100	6,5	17,5	169,0	31,7	11,14	4,89	0,47337
18	280	100	6,5	17,5	173,3	29,4	10,51	4,41	0,41840
19	280	100	6,5	17,5	175,4	30,9	7,32	4,89	0,42447

Tabela 6. Valor de P para os fatores e interações

Fatores	Valor de P			
	Para todos os efeitos		Ignorando alguns efeitos	
	D	R/L	D	R/L
Média	0,000014	0,000000	0,000000	0,000000
I <sub>P</sub>	0,003481	0,001172	0,000036	0,000005
I <sub>B</sub>	0,001463	0,000028	0,000006	0,000000
V <sub>a</sub>	0,009158	0,003625	0,000276	0,000070
DBCP	0,542737	0,136939	-	-
I <sub>P</sub> * I <sub>B</sub>	0,098412	0,311649	0,028095	-
I <sub>P</sub> * V <sub>a</sub>	0,025467	0,006341	0,002199	0,000239
I <sub>P</sub> * DBCP	0,163937	0,926169	0,068017	-
I <sub>B</sub> * V <sub>a</sub>	0,384550	0,046473	-	0,012799
I <sub>B</sub> * DBCP	0,771314	0,085755	-	0,036683
V <sub>a</sub> * DBCP	0,550941	0,861017	-	-
I <sub>P</sub> * I <sub>B</sub> * V <sub>a</sub>	0,005626	0,052982	0,000099	0,016156
I <sub>P</sub> * I <sub>B</sub> * DBCP	0,091800	0,887068	0,024814	-
I <sub>P</sub> * V <sub>a</sub> * DBCP	0,714347	0,027841	-	0,004957
I <sub>B</sub> * V <sub>a</sub> * DBCP	0,184152	0,904162	0,082620	-
R-sqr	0,97822	0,99369	0,96697	0,986
Adj	0,902	0,99369	0,93393	0,97481
MS Residual	3,126984	0,0005215	2,108023	0,0004626

Os modelos matemáticos empíricos, codificados de 1ª ordem encontrados, com os seus respectivos parâmetros estatísticos, estão apresentados nas Equações (2) e (3), onde foram considerados somente os valores dos coeficientes estatisticamente significativos.

Na Tabela 7 estão ilustrados os resultados das análises de variância para as respostas D e R/L, mostrando através dos

valores de  $F_{Calculado}$  que os modelos foram estatisticamente significativos, pois  $F_{Calculado} > F_{Tabelado}$ . Estes apresentam ainda ótimos valores de coeficiente de correlação ( $R^2$ ). Foi feito também o teste do F para Falta de ajuste e erro puro e concluiu-se que os dois modelos (D e R/L) não precisam de ajuste, pois  $F_{Calculado} < F_{Tabelado}$ . Neste caso a regra é oposta a anterior.

Considerando o efeito significativo da interação  $I_p * I_B * V_a$  na diluição, observa-se a representação cúbica da interação mostrada na Figura 3, onde pode ser visto várias combinações resultando em valores de diluição abaixo de 10%, por exemplo, diluição de 7,09% para  $I_p$  em seu nível inferior (-1) e  $I_B$  e  $V_a$  em seus níveis superiores (+1). Ou seja,  $I_p$  (260A),  $I_B$  (125A) e  $V_a$  (7m/min). Entre parênteses estão os intervalos de confiança.

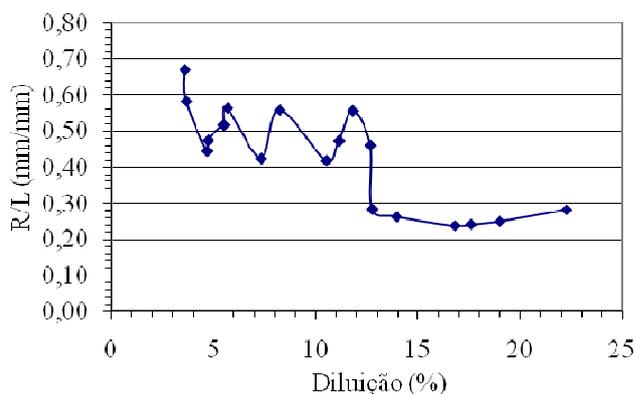


Figura 2. Relação entre R/L e diluição (D)

$$D = 10,38684 + 2,73250 * I_p + 3,44500 * I_B - 2,08750 * V_a + 0,94875 * I_p * I_B + 1,53625 * I_p * V_a - 0,7525 * I_p * DBCP + 2,39500 * I_p * I_B * V_a - 0,97625 * I_p * I_B * DBCP - 0,70875 * I_B * V_a * DBCP \quad (2)$$

$$R/L = 0,432761 - 0,047163 * I_p - 0,122416 * I_B + 0,034902 * V_a - 0,029916 * I_p * V_a + 0,16262 * I_B * V_a - 0,0130 * I_B * DBCP - 0,01553 * I_p * I_B * V_a - 0,019285 * I_p * V_a * DBCP \quad (3)$$

Tabela 7. Valor de P para os fatores e interações

Fontes de variação	Soma de quadrados		Graus de liberdade		Quadrados médios		F <sub>Calc</sub>	
	D	R/L	D	R/L	D	R/L	D	R/L
Regressão	508,613	0,315	9	8	61,707	0,040737	29,27	88,06
Resíduo	65,721	0,015	9	10	2,108	0,000463		
Falta de ajuste	57,3321	0,013586	7	8	1,512	0,000351	0,36	0,39
Erro puro	8,3885	0,001817	2	2	4,194	0,000909		
Total	574,334	0,331	18	18	-	-	-	-

$F_{9: 9, 0,05} = 3,18$  ;  $F_{8: 10, 0,05} = 3,07$  ;  $F_{7: 2, 0,05} = 19,35$  ;  $F_{8: 2, 0,05} = 19,37$ ; D:  $R^2 = 96,7\%$  e R/L:  $R^2 = 98,6\%$

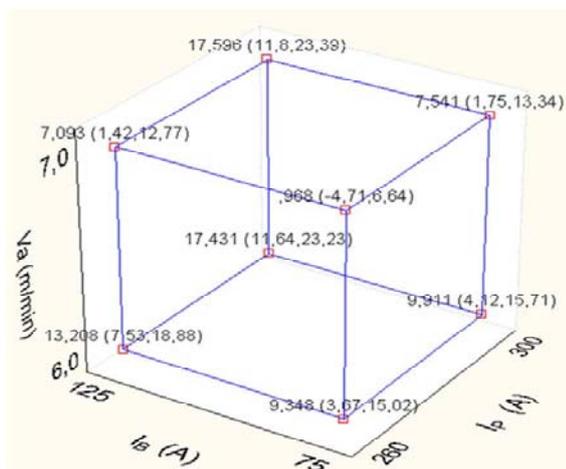


Figura 3. Interação  $I_p * I_B * V_a$  sobre a diluição (D)

Quanto à interação significativa  $I_p * V_a$ , observa-se na curva de tendência (Figura 4) que os menores valores de diluição são obtidos para o nível inferior de  $I_p$  (260A) e o nível superior de  $V_a$  (7,0m/min). Portanto a condição para a menor diluição será  $I_p$  (260A),  $I_B$  (75A) e  $V_a$  (7m/min). Porém para condições de diluição próximas do desejável

(10%), existem várias possibilidades, por exemplo:  $I_p$ (260A),  $I_B$ (125A),  $V_a$ (6m/min), que pode ser confirmado no experimento 3 da Tabela 5 ou  $I_p$ (300A),  $I_B$ (75A),  $V_a$ (6m/min), que pode ser confirmado nos experimentos 2 e 10.

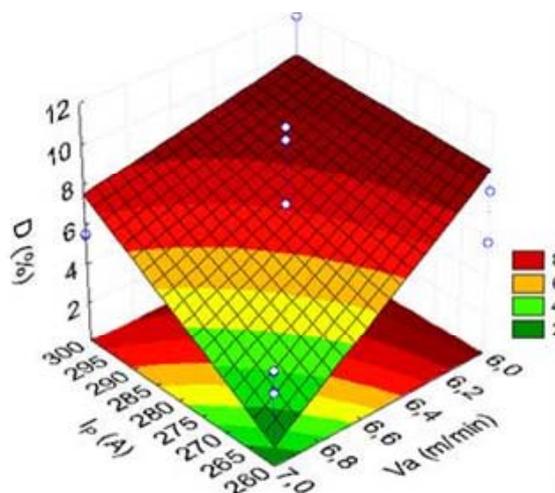


Figura 4. Interação entre  $I_p * V_a$  sobre a diluição, fixando  $I_B$  e DBCP nos pontos centrais

No parâmetro R/L as interações  $I_p \cdot I_B \cdot Va$  e  $I_p \cdot Va \cdot DBCP$  foram estatisticamente significativas e observa-se nas representações cúbicas mostradas na Figuras. 5(a) e (b) que os menores valores alcançados para o parâmetro R/L podem ser obtidos para as condições  $I_p$  (300A),  $I_B$ (125A),  $Va$ (6,0 m/min), e  $I_p$ (300A),  $Va$ (6,0m/min), DBCP (15mm) respectivamente. Entre parênteses estão os intervalos de confiança.

Foram verificadas duas interações de segunda ordem estatisticamente significativas:  $I_p \cdot Va$  e  $I_B \cdot Va$ . Na Figura 6 é mostrado a curva de tendência para a interação :  $I_p \cdot Va$  que revela os menores valores de R/L para as condições :  $I_p$ (300A),  $Va$ (6m/min);  $I_p$ (300A),  $Va$ (7m/min) e  $I_p$ (260A),  $Va$ (6m/min), sendo essas duas últimas com valores de  $R/L=0,25$ .

Na Figura 7 é mostrada a curva de tendência para a interação:  $I_B \cdot Va$  que revela os menores valores de R/L para as condições:  $I_B$ (125A)\* $Va$ (6m/min) e  $I_p$ (300A)\* $Va$ (7m/min), sendo esta última atingindo o valor de R/L de 0,25.

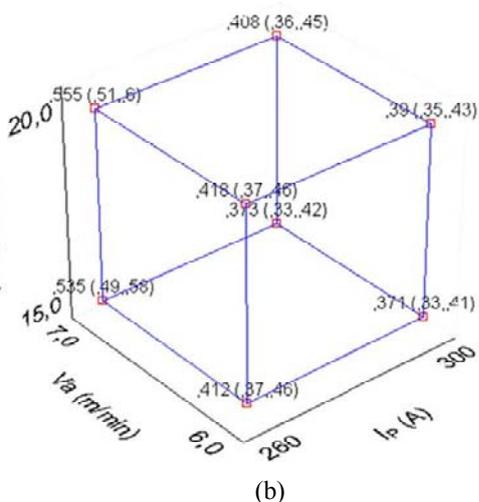
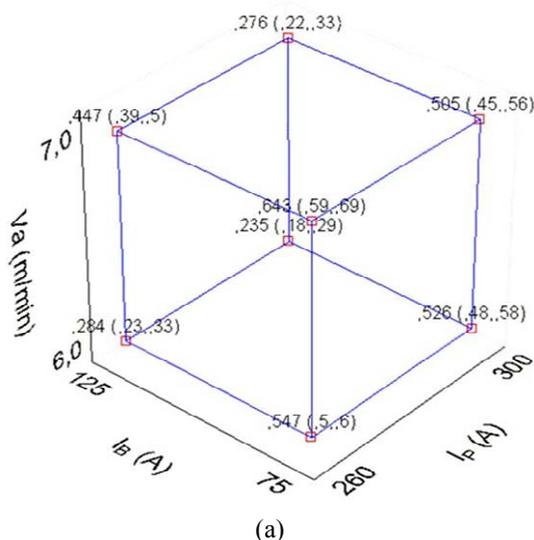


Figura 5. Efeito sobre a razão R/L das interações (a)  $I_p \cdot I_B \cdot Va$  e (b)  $I_p \cdot Va \cdot DBCP$

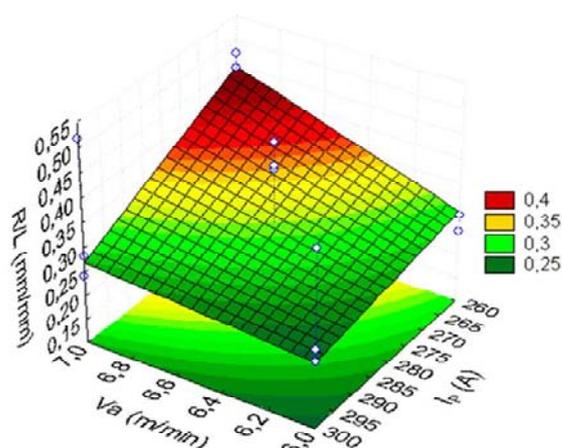


Figura 6. Interação entre  $I_p \cdot Va$  sobre a relação R/L, fixando  $I_B$ (75A) e DBCP(20mm)

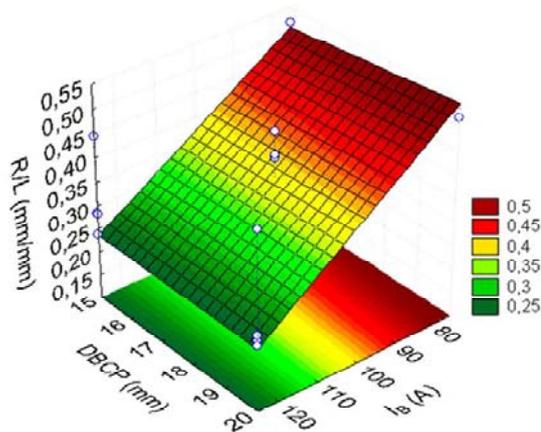


Figura 7. Interação entre  $I_B \cdot Va$  sobre a relação R/L, fixando  $I_p$ (300A) e DBCP (mm)

#### 4. Conclusões

- Todos os cordões tiveram valores de reforço (R) acima de 3,3mm, com valores de diluição variando de 3,6% a 22,26% e valores de R/L de 0,23 a 0,67, sendo o resultado mais satisfatório de 12,76% e 0,28 para D e R/L respectivamente;
- A diluição mostrou-se inversamente proporcional a razão R/L, sendo que para diluições acima de 13% não teve alteração significativa de R/L;
- Os dois modelos (D e R/L) se mostraram estatisticamente significativos através do teste do F ( $F_{Calculado} > F_{Tabelado}$ ), sendo possível a plotagem de várias curvas de tendências que permitirá o estabelecimento de diretrizes para melhorar a diluição e razão R/L;
- Para a diluição foram consideradas estatisticamente significativas as variáveis  $I_p$ ,  $I_B$  e  $Va$ , assim como as interações  $I_p \cdot I_B$ ,  $I_p \cdot Va$ ,  $I_p \cdot I_B \cdot Va$  e  $I_p \cdot I_B \cdot DBCP$ . E para R/L foram consideradas estatisticamente significativas as variáveis  $I_p$ ,  $I_B$  e  $Va$ , assim como as interações  $I_p \cdot Va$ ,  $I_B \cdot Va$ ,  $I_p \cdot I_B \cdot Va$  e  $I_p \cdot Va \cdot DBCP$ .

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Rede Multitarefa de Materiais Avançados do Norte e Nordeste (REMULT) através do Núcleo de União e Revestimentos de Materiais (UNIREV), e ao CNPq.

### Referências

- [1] Ahmad, M. et al., Microstructure and hardness studies of the electron beam welded zone of Hastelloy C-276. *Journal of Alloys and Compounds*, v.390, p.188-193, Aug. 2004.
- [2] Lu, J., Choi, E. S., Zhou, H. D., Physical properties of Hastelloy C-276 at cryogenic temperatures. *Journal of Applied Physics*, v. 103, n. 6, p.1-6, 2008.
- [3] Ahmad, M. et al., Surface modification of Hastelloy C-276 by SiC addition and electron beam melting. *Journal of Nuclear Materials*, v. 336, n. 1, p.120-124, 2005.
- [4] Nouri, M., Abdollah, A., Malek, F., Effect of Welding Parameters on Dilution and Weld Bead Geometry in Cladding. *Journal of Materials Sciences & Technology*, v. 23, n. 6, p.817-822, 2007.
- [5] Palani, P. K., Murugan, N., Optimization of weld bead geometry for stainless steel claddings deposited by FCAW. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 190, n. 7, p.291-299, 2007.
- [6] Costa, S. C., Ribeiro, L. G., Otimização dos Parâmetros de Pulso de um Processo de Soldagem Mig Através de Análise Fatorial em dois Níveis. In: XXI Encontro de Engenharia de Produção, Salvador - Ba, Anais do XXI Encontro de Engenharia de Produção, Salvador-BA: ENEGEP, 2001.
- [7] Rodrigues, M. I., Iemma, A. F., Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos, Campinas, SP, Casa do Pão Editora, 2005.
- [8] Haynes Wire Company (Estados Unidos), Product Certification. Specification: C-276-0450-12BP-B00. Houston, 2009. 2 p.
- [9] Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Laboratório de Soldagem (LABSOL). Reunião do Grupo de Pesquisa. Relatório Técnico de Pesquisa: Avaliação da Microestrutura e da Microdureza de Revestimentos de Ligas de Níquel Aplicados por Soldagem em Tubos de Aços ARBL. Campina Grande. 2010. 78 p.