

ANEXO

Projeto fatorial do Aço carbono – Zona fundida (seção longitudinal)										
Corpo-de-prova	Volume de Microconstituente e Largura média do grão austenítico									
	Pulso térmico					Base térmica				
	FA	FP(G)	FS(A)	FS(SP)	LG	FA	FP(G)	FS(A)	FS(SP)	LG
	%				(μm)	%				(μm)
X1	32	34	18	16	129	33	30	23	14	161
X2	29	39	21	11	150	37	30	25	8	157
X3	39	36	16	9	130	41	25	21	13	150
X4	32	38	14	16	150	34	41	18	7	136
X5	28	46	19	7	120	36	43	9	12	136
X6	44	34	16	6	161	25	43	27	5	182
X7	26	46	21	7	115	20	53	20	7	150
X8	28	36	18	18	150	30	36	23	11	200
X9	39	37	18	6	92	43	34	18	5	125
X10	32	43	23	2	150	41	34	18	7	166
X11	36	34	21	9	125	36	36	23	5	115
X12	29	43	14	14	150	20	51	20	9	153
X13	48	25	20	7	115	41	41	16	2	147
X14	32	38	21	9	178	29	46	20	5	192
X15	32	36	18	14	136	32	41	14	13	132
X16	32	45	18	5	166	35	45	11	9	174
X17	41	36	14	9	166	45	37	11	7	180
X18	34	41	23	2	223	28	40	18	14	176
X19	38	43	12	7	166	20	50	23	7	176
X20	25	48	22	5	182	25	43	20	12	205
X21	22	64	9	5	163	32	47	14	7	200
X22	20	32	28	20	180	18	59	18	5	200
X23	21	50	21	8	166	30	43	16	11	180
X24	14	61	14	11	214	18	64	9	9	241
X25	41	46	9	4	142	41	43	7	9	136
X26	32	43	20	5	147	32	47	14	7	150
X27	43	40	7	10	170	36	38	12	14	185
X28	31	50	14	5	200	16	56	21	7	238
X29	29	57	7	7	190	38	48	9	5	192
X30	14	54	20	12	194	20	57	16	7	220
X31	21	59	9	11	238	18	57	18	7	202
X32	22	60	10	8	250	20	55	21	4	241

Onde:
X – onda I; **FA** – ferrita acicular; **FP(G)** – ferrita de contorno de grão; **FS(A)** – ferrita de segunda fase alinhada; **FS(SP)** – ferrita de segunda fase com placa lateral e **LA** – largura grão austenítico.

Projeto fatorial – Determinação da forma e do diâmetro médio dos grãos (AlMg)				
Corpo-de-prova	Forma do grão (PMC) e Diâmetro médio (μm)			
	Pulso térmico		Base térmica	
	PMC	Diâmetro médio grão	PMC	Diâmetro médio grão
A1	1,8	83	1,7	85
A2	1,8	74	1,0	76
A3	2,9	85	2,3	90
A4	1,1	70	1,0	83
A5	1,0	75	1,3	86
A6	1,0	95	1,0	100
A7	1,2	93	1,6	83
A8	1,1	72	1,2	67
A9	4,8	97	2,3	90
A10	1,6	83	1,8	93
A11	3,5	97	3,2	85
A12	1,7	81	1,6	78
A13	2,2	62	1,4	65
A14	1,3	85	1,4	90
A15	1,2	88	1,9	85
A16	1,0	85	1,1	83
A17	3,4	75	2,5	81
A18	1,3	81	1,3	60
A19	2,3	108	1,9	85
A20	1,0	78	1,0	76
A21	1,6	85	1,5	90
A22	1,1	65	1,0	60
A23	1,4	95	1,3	95
A24	1,0	74	1,0	74
A25	4,5	121	3,0	111
A26	1,6	102	1,8	108
A27	2,5	95	2,5	114
A28	2,2	83	1,6	78
A29	1,7	75	3,6	88
A30	1,1	86	1,1	97
A31	2,3	108	1,7	105
A32	1,0	117	1,0	129
Onde: PMC – parâmetro do modo de crescimento				

Determinação do volume de vazios na zona fundida (AlMg) – Gravimetria						
Metal de base AA 5052-H34 ($\rho_{MB} = 2,686 \text{ g/cm}^3$)* e arame AWS ER5356 ($\rho_a = 2,651 \text{ g/cm}^3$)*						
CP	Diluição na ZF (%)			Densidade (g/cm^3)		Volume de vazios (%)
	Base térmica	Pulso térmico	média	Relativa (valor esperado)	Observada	
A1	15,6	16,4	16,0	2,656	2,641	0,56
A2	11,1	13,7	12,4	2,655	2,637	0,67
A3	18,0	22,3	20,1	2,658	2,647	0,41
A4	18,8	19,8	19,3	2,657	2,651	0,22
A5	24,5	31,3	27,9	2,660	2,656	0,15
A6	60,2	62,7	61,4	2,672	2,642	1,12
A7	17,5	20,9	19,2	2,657	2,650	0,26
A8	35,4	36,9	36,1	2,663	2,643	0,75
A9	2,9	3,1	3,0	2,652	2,647	0,28
A10	21,6	25,7	23,6	2,659	2,653	0,22
A11	21,3	22,6	21,9	2,658	2,650	0,30
A12	20,0	21,0	20,5	2,658	2,652	0,22
A13	9,2	12,3	10,7	2,654	2,646	0,30
A14	29,8	35,8	32,8	2,662	2,660	0,07
A15	26,7	31,8	29,2	2,661	2,660	0,03
A16	32,6	34,5	35,5	2,662	2,649	0,48
A17	3,8	6,6	5,2	2,652	2,633	0,71
A18	10,8	16,0	13,4	2,655	2,634	0,79
A19	12,7	14,0	13,3	2,655	2,647	0,30
A20	29,9	30,6	30,2	2,661	2,656	0,18
A21	20,4	23,2	21,8	2,658	2,647	0,41
A22	25,6	29,3	27,4	2,660	2,634	0,97
A23	22,7	24,1	23,4	2,659	2,653	0,22
A24	37,3	39,5	38,4	2,664	2,663	0,03
A25	7,5	12,6	10,0	2,654	2,654	0,0
A26	21,3	22,6	21,9	2,658	2,651	0,26
A27	16,1	19,3	17,7	2,657	2,657	0,0
A28	13,0	17,0	20,0	2,658	2,658	0,0
A29	19,3	20,0	19,6	2,657	2,657	0,03
A30	18,7	28,6	23,6	2,659	2,657	0,07
A31	19,8	24,8	22,3	2,658	2,655	0,11
A32	27,9	30,0	28,9	2,661	2,657	0,15
PN6,5	17,6			5,657	2,629	1,05

Observação:
* valor obtido experimentalmente a partir de amostras da chapa e do arame.

Projeto fatorial (aço e AlMg) – Aspecto Superficial do Cordão (reforço, mordedura e escamas)							
Nome:			Nome:			Nome:	
Cordão	Nota (1 a 10)		Cordão	Nota (1 a 10)		Cordão	Nota (1 a 10)
A ₁			A ₁			A ₁	
A ₂			A ₂			A ₂	
A ₃			A ₃			A ₃	
A ₄			A ₄			A ₄	
A ₅			A ₅			A ₅	
A ₆			A ₆			A ₆	
A ₇			A ₇			A ₇	
A ₈			A ₈			A ₈	
A ₉			A ₉			A ₉	
A ₁₀			A ₁₀			A ₁₀	
A ₁₁			A ₁₁			A ₁₁	
A ₁₂			A ₁₂			A ₁₂	
A ₁₃			A ₁₃			A ₁₃	
A ₁₄			A ₁₄			A ₁₄	
A ₁₅			A ₁₅			A ₁₅	
A ₁₆			A ₁₆			A ₁₆	
A ₁₇			A ₁₇			A ₁₇	
A ₁₈			A ₁₈			A ₁₈	
A ₁₉			A ₁₉			A ₁₉	
A ₂₀			A ₂₀			A ₂₀	
A ₂₁			A ₂₁			A ₂₁	
A ₂₂			A ₂₂			A ₂₂	
A ₂₃			A ₂₃			A ₂₃	
A ₂₄			A ₂₄			A ₂₄	
A ₂₅			A ₂₅			A ₂₅	
A ₂₆			A ₂₆			A ₂₆	
A ₂₇			A ₂₇			A ₂₇	
A ₂₈			A ₂₈			A ₂₈	
A ₂₉			A ₂₉			A ₂₉	
A ₃₀			A ₃₀			A ₃₀	
A ₃₁			A ₃₁			A ₃₁	
A ₃₂			A ₃₂			A ₃₂	

Projeto Fatorial para a análise do aço carbono – Parte I									
Ordem	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Execução do experimento	Ponto central	Blocos	Dpt	Im _{pt}	Im _{bt}	t _{pt}	t _{bt}	CP
1	1	1	1	3	212	119	0,3	0,3	X1
2	2	1	1	5	212	119	0,3	0,3	X9
3	3	1	1	3	273	119	0,3	0,3	X5
4	4	1	1	5	273	119	0,3	0,3	X13
5	5	1	1	3	212	161	0,3	0,3	X3
6	6	1	1	5	212	161	0,3	0,3	X11
7	7	1	1	3	273	161	0,3	0,3	X7
8	8	1	1	5	273	161	0,3	0,3	X15
9	9	1	1	3	212	119	0,7	0,3	X2
10	10	1	1	5	212	119	0,7	0,3	X10
11	11	1	1	3	273	119	0,7	0,3	X6
12	12	1	1	5	273	119	0,7	0,3	X14
13	13	1	1	3	212	161	0,7	0,3	X4
14	14	1	1	5	212	161	0,7	0,3	X12
15	15	1	1	3	273	161	0,7	0,3	X8
16	16	1	1	5	273	161	0,7	0,3	X16
17	17	1	1	3	212	119	0,3	0,7	X17
18	18	1	1	5	212	119	0,3	0,7	X25
19	19	1	1	3	273	119	0,3	0,7	X21
20	20	1	1	5	273	119	0,3	0,7	X29
21	21	1	1	3	212	161	0,3	0,7	X19
22	22	1	1	5	212	161	0,3	0,7	X27
23	23	1	1	3	273	161	0,3	0,7	X23
24	24	1	1	5	273	161	0,3	0,7	X31
25	25	1	1	3	212	119	0,7	0,7	X18
26	26	1	1	5	212	119	0,7	0,7	X26
27	27	1	1	3	273	119	0,7	0,7	X22
28	28	1	1	5	273	119	0,7	0,7	X30
29	29	1	1	3	212	161	0,7	0,7	X20
30	30	1	1	5	212	161	0,7	0,7	X28
31	31	1	1	3	273	161	0,7	0,7	X24
32	32	1	1	5	273	161	0,7	0,7	X32

Projeto Fatorial para a análise do aço carbono – Parte II									
Ordem	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
	Largura do grão (μm)	FA (%)	FP (%)	FS(A) (%)	FS(SP) (%)	Reforço (mm)	Largura (mm)	Diferença largura ZTA (mm)	Aspecto superficial
1	159	32,5	32,0	20,5	15,0	2,69	10,70	0,35	5,94
2	97	41,0	35,5	18,0	5,5	2,25	8,54	0,84	4,16
3	133	32,0	44,5	14,0	9,5	2,98	11,79	0,49	5,22
4	145	44,5	33,0	18,0	4,5	2,62	8,60	1,07	4,27
5	134	40,0	30,5	18,5	11,0	2,60	11,55	0,40	6,05
6	132	36,0	35,0	22,0	7,0	2,52	8,52	0,78	4,11
7	123	23,0	49,5	20,5	7,0	3,38	12,65	0,56	5,16
8	120	32,0	38,5	16,0	13,5	2,77	9,90	1,24	3,94
9	155	33,0	34,5	23,0	9,5	3,67	16,08	0,50	6,16
10	150	36,5	38,5	20,5	4,5	2,51	11,78	0,58	5,44
11	195	34,5	38,5	21,5	5,5	3,63	18,26	0,78	4,94
12	163	30,5	42,0	20,5	7,0	3,46	13,50	0,26	4,50
13	131	33,0	39,5	16,0	11,5	3,12	18,18	0,28	6,00
14	139	24,5	47,0	17,0	11,5	2,49	13,01	0,21	5,55
15	151	29,0	36,0	20,5	14,5	3,76	20,03	1,12	4,22
16	144	33,5	45,0	14,5	7,0	3,30	13,95	0,56	4,66
17	172	43,0	36,5	12,5	8,0	2,81	13,40	1,25	8,33
18	153	41,0	44,5	8,0	6,5	2,28	9,93	1,45	5,00
19	211	27,0	55,5	11,5	6,0	3,27	13,54	0,49	5,50
20	176	33,5	52,5	8,0	6,0	2,71	10,79	1,52	5,11
21	166	29,0	46,5	17,5	7,0	3,21	15,51	1,18	7,05
22	165	39,5	39,0	9,5	12,0	2,72	11,21	0,58	5,38
23	175	25,5	46,5	18,5	9,5	3,75	16,41	1,25	4,55
24	184	19,5	58,0	13,5	9,0	3,16	11,91	1,71	5,33
25	225	31,0	40,5	20,5	8,0	3,63	17,25	0,70	6,94
26	149	32,0	45,0	17,0	6,0	3,06	13,01	1,39	5,72
27	196	19,0	45,5	23,0	12,5	3,83	19,99	1,04	4,55
28	217	17,0	55,5	18,0	9,5	3,40	13,82	1,40	5,88
29	200	25,0	45,5	21,0	8,5	3,59	20,78	0,50	6,00
30	195	23,5	53,0	17,5	6,0	2,89	15,02	0,53	6,05
31	227	16,0	62,5	11,5	10,0	3,57	23,06	0,86	3,83
32	205	21,0	57,5	15,5	6,0	3,49	16,04	1,55	4,77

Projeto Fatorial para a análise da liga AlMg – Parte I									
Ordem	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Execução do experimento	Ponto central	Blocos	Dpt	Im _{pt}	Im _{bt}	t _{pt}	t _{bt}	CP
1	1	1	1	3	117	67	0,3	0,3	A1
2	2	1	1	5	117	67	0,3	0,3	A9
3	3	1	1	3	156	67	0,3	0,3	A5
4	4	1	1	5	156	67	0,3	0,3	A13
5	5	1	1	3	117	92	0,3	0,3	A3
6	6	1	1	5	117	92	0,3	0,3	A11
7	7	1	1	3	156	92	0,3	0,3	A7
8	8	1	1	5	156	92	0,3	0,3	A15
9	9	1	1	3	117	67	0,7	0,3	A2
10	10	1	1	5	117	67	0,7	0,3	A10
11	11	1	1	3	156	67	0,7	0,3	A6
12	12	1	1	5	156	67	0,7	0,3	A14
13	13	1	1	3	117	92	0,7	0,3	A4
14	14	1	1	5	117	92	0,7	0,3	A12
15	15	1	1	3	156	92	0,7	0,3	A8
16	16	1	1	5	156	92	0,7	0,3	A16
17	17	1	1	3	117	67	0,3	0,7	A17
18	18	1	1	5	117	67	0,3	0,7	A25
19	19	1	1	3	156	67	0,3	0,7	A21
20	20	1	1	5	156	67	0,3	0,7	A29
21	21	1	1	3	117	92	0,3	0,7	A19
22	22	1	1	5	117	92	0,3	0,7	A27
23	23	1	1	3	156	92	0,3	0,7	A23
24	24	1	1	5	156	92	0,3	0,7	A31
25	25	1	1	3	117	67	0,7	0,7	A18
26	26	1	1	5	117	67	0,7	0,7	A26
27	27	1	1	3	156	67	0,7	0,7	A22
28	28	1	1	5	156	67	0,7	0,7	A30
29	29	1	1	3	117	92	0,7	0,7	A20
30	30	1	1	5	117	92	0,7	0,7	A28
31	31	1	1	3	156	92	0,7	0,7	A24
32	32	1	1	5	156	92	0,7	0,7	A32

Projeto Fatorial para a análise da liga AlMg – Parte II							
Ordem	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	Aspecto superficial	Largura (mm)	Reforço (mm)	Área da poça (cm ²)	Diâmetro do grão (μm)	PMC	Volume de vazios (%)
1	4,0	8,44	3,55	0,70	84,0	1,75	0,56
2	1,7	6,16	2,84	0,55	93,5	3,55	0,18
3	6,2	12,27	3,05	1,41	80,5	1,15	0,15
4	3,2	8,76	2,65	0,98	63,5	1,80	0,30
5	3,7	8,48	3,86	1,33	87,5	2,50	0,41
6	2,5	6,62	3,03	0,74	91,0	3,35	0,30
7	7,5	11,72	3,56	1,57	88,0	1,40	0,26
8	4,2	9,67	2,67	1,03	86,5	1,55	0,03
9	6,0	11,91	4,40	1,88	75,0	1,40	0,67
10	3,2	9,78	3,28	0,98	88,0	1,70	0,22
11	3,2	21,55	3,39	4,77	97,5	1,00	1,12
12	6,0	13,61	3,31	1,50	87,5	1,35	0,07
13	6,0	12,73	4,41	2,06	76,5	1,05	0,22
14	4,0	9,60	3,58	1,32	79,5	1,65	0,22
15	5,5	19,21	4,04	3,98	69,5	1,15	0,75
16	6,5	14,30	3,22	2,03	84,0	1,05	0,48
17	4,2	9,39	4,91	0,87	78,0	2,95	0,71
18	2,7	6,93	3,80	0,47	116,0	3,75	0,00
19	6,2	13,64	3,66	1,72	87,5	1,55	0,41
20	4,0	9,14	3,41	1,01	81,5	2,65	0,03
21	4,7	11,00	4,63	1,56	96,5	2,10	0,30
22	3,2	7,94	3,93	0,76	104,5	2,50	0,00
23	7,0	14,06	4,21	1,69	95,0	1,35	0,22
24	4,2	12,43	3,11	1,40	106,5	2,00	0,11
25	6,0	11,86	5,26	1,49	70,5	1,30	0,79
26	4,0	10,89	3,92	1,29	105,0	1,70	0,26
27	6,0	18,24	4,53	3,07	62,5	1,05	0,97
28	5,0	16,10	3,22	2,57	91,5	1,10	0,07
29	3,6	19,40	4,10	2,95	77,0	1,00	0,18
30	3,5	10,67	4,43	1,81	80,5	1,90	0,00
31	3,5	21,95	4,43	4,19	74,0	1,00	0,03
32	6,2	15,14	3,74	2,35	123,0	1,00	0,15