

no 4-9-47701326

AERAÇÃO DE ESCOAMENTO DE ALTA VELOCIDADE EM CANAIS DE FORTE DECLIVIDADE

PAULO DAMASCENO CARVALHO

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Dr. Fazal Hussain Chaudhry

DEDALUS - Acervo - EESC



31100017267



São Carlos
Estado de São Paulo
Março, 1997

Class. TESE
Cutt. 1318
Tombo 1039/92

Aeração - hidráulica e saneamento

nt 0747829

C331a

Carvalho, Paulo Damasceno
Aeração de escoamento de alta velocidade em canais de forte declividade / Paulo Damasceno Carvalho. - São Carlos, 1997.

Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1997
Orientador: Prof. Dr. Fazal Hussain Chaudhry

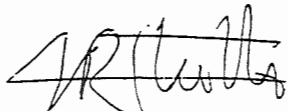
1. Vertedores - Aeradores de fundo. 2. Escoamento de alta velocidade - Aeração. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Tese defendida e aprovada em 14-3-1997
pela Comissão Julgadora:



Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY** (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



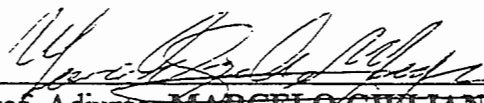
Prof. Doutor **ANTONIO MAROZZI RIGHETTO**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **RODRIGO DE MELO PORTO**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



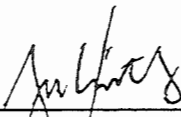
Prof. Doutor **PODALYRO AMARAL DE SOUZA**
(Escola Politécnica - Universidade de São Paulo)



Prof. Adjunto **MARCELO GIULIAN MARQUES**
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul - IPH)



Prof. Dr. **EDUARDO CLETO PIRES**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSE CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

À esposa **Maria Inêz**
e aos nossos filhos:
Samuel,
Sávio e
Thaís.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todos que direta ou indiretamente deram a sua parcela de contribuição para a realização deste trabalho.

Particularmente, creditam-se especiais agradecimentos às seguintes pessoas e entidades pela colaboração prestada:

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO (UFOP)
pela concessão do tempo necessário para a conclusão do treinamento a nível de doutorado.
- ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS (EESC - USP)
pela oportunidade concedida para a realização deste treinamento.
- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES)
pela bolsa do PICD concedida durante o período normal de afastamento para a realização do doutorado.
- FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP)
pelo auxílio financeiro sem o qual não seria possível a montagem da bancada experimental utilizada.
- Prof. FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY
pela disponibilidade para os diálogos e presteza para o devido encaminhamento das pendências, pela orientação prestada e confiança depositada.
- Srs. OSNI APARECIDO RIZATTO e FRANCISCO MOURA DE SALES
pelos excelentes serviços de tornearia e montagens executados.
- OFICINA MECÂNICA CENTRAL (EESC), especialmente, srs. LUIZ ADALBERTO PENAZZI (Chefe), ADOLFO FERRARIN NETO e JOSÉ ORLANDO LOMBARDO (torneiros)
pelos serviços de soldagem das tubulações adutoras e estrutura metálica da bancada, bem como montagem da canaleta e acessórios em acrílico.
- SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DE REDES, na pessoa do sr. JOÃO CASOLLI
pelos serviços prestados de duplicação da rede, manutenção de componentes e instalações elétricas.
- Srs. RENATO MOTTA FILHO e PAULO CENEVIVA (CETEP-EESC)
pelo primoroso trabalho de filmagem e fotografia de componentes da bancada e de procedimentos de ensaios.
- Srs. ARLINDO LUÍS FERREIRA e GERALDO BALDI (DATEMÍDIA-UFOP)
pelos excelentes serviços de narração e edição do vídeo ilustrativo produzido.
- Sr. ANTÔNIO WÁGNER LAMON (Laboratório de Fenômenos de Transporte - SHS - EESC)
pela montagem de dispositivos eletrônicos empregados.
- Sr. REINALDO SILVA FORTES (WELF BUREAU DE INFORMÁTICA)
pelos serviços de editoração eletrônica deste trabalho.
- COLEGAS DO CORPO DISCENTE, FUNCIONÁRIOS E PROFESSORES DO SHS - EESC
pelo incentivo, pela colaboração e pela amizade dedicada.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - OBRAS HIDRÁULICAS E CAVITAÇÃO **1**

I.1 - Escoamentos de Alta Velocidade e Cavitação.....	1
I.2 - O Dano Causado pela Cavitação.....	1
I.3 - Cavitação em Obras Hidráulicas.....	2
I.4 - Exemplos de Obras Danificadas pela Cavitação.....	5
I.5 - Métodos de Prevenção da Cavitação.....	5
I.5.a. - Prevenção da ocorrência da cavitação	6
I.5.b - Controle da posição de colapso das cavidades	7
I.5.c - Emprego de materiais resistentes à cavitação.....	7
I.5.d - Aeração	9

CAPÍTULO II - ESTUDOS SOBRE OS DISPOSITIVOS AERADORES DE FUNDO **14**

II.1 - Configuração do Escoamento	14
II.2 - Aplicação de Aeradores em Estruturas Hidráulicas	14
II.3 - Mecanismo de Arraste de Ar	15
II.4 - Caracterização das Regiões do Escoamento nos Aeradores.....	16
II.5 - Análise Dimensional do Fenômeno de Arraste de Ar.....	18
II.6 - Expressões para o Coeficiente de Arraste.....	20
II.7 - Influência do Nível de Turbulência do Escoamento de Aproximação...24	24
II.8 - Influência das Condições do Escoamento de Montante.....	24
II.9 - Objetivos da Pesquisa	26

CAPÍTULO III - CONSTRUÇÃO DA BANCADA EXPERIMENTAL **27**

III.1 - O Circuito Hidráulico	27
III.2 - Adequação do Espaço Físico	27
III.3 - Descrição da Bancada Experimental.....	29
III.4 - Montagem da Bancada e Componentes.....	29
III.4.1 - Conjunto motobomba de alimentação do modelo.....	31
III.4.2 - Reservatório de nível constante do Laboratório	32
III.4.3 - Tubulação de alimentação do modelo	32
III.4.4 - Estrutura metálica da canaleta em acrílico.....	33
III.4.5 - Canaleta em acrílico	33
III.4.6 - Caixa de tranquilização e elementos de dissipação de energia do escoamento	37
III.4.7 - Canaleta de descarga do modelo.....	39
III.4.8 - Vertedor retangular	40
III.4.9 - Canaleta de descarga externa.....	41
III.4.10 - Reservatório de Referência.....	42
III.4.11 - Reservatório de medida	42

III.4.12 - Carrinho para suporte de equipamentos de medida	43
III.4.13 - Plataforma de trabalho.....	44
III.4.14 - Compressor de ar	44
III.4.15 - Medidores de velocidade	44
III.4.16 - Dispositivos eletrônicos.....	45
III.4.17 - Duplicação da rede de energia de baixa tensão.....	46
III.4.18 - Tomadas de pressão na canaleta e quadro de piezômetros	47
III.4.19 - Montagem de sistema auxiliar para alteração da inclinação da canaleta..	48

CAPÍTULO IV - METODOLOGIA DE MEDIÇÃO DAS GRANDEZAS 50

IV.1 - As grandezas medidas nos ensaios.....	50
IV.2 - Medida da vazão de água (Q_w)	50
IV.3 - Medida das vazões de ar arrastado e forçado (Q_{ar})	60
IV.3.1 - O duto de entrada de ar.....	61
IV.3.2 - Calibração do bocal do duto de entrada de ar para vazões succionadas....	61
IV.3.3 - Calibração do bocal do duto de entrada de ar para vazões impelidas.....	66
IV.4 - Medida da depressão na cavidade (Δp).....	72
IV.5 - Medida da altura da lâmina d'água (h)	73
IV.6 - Medida do comprimento do jato (L).....	73

CAPÍTULO V - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 75

V.1 - Apresentação dos Resultados	75
V.1.1 - Ensaios realizados	75
V.2 - Análise dos Resultados	81
V.2.1 - Expressões para β_{max} :	81
V.3 - Comparação com outros trabalhos - sistemas de admissão de ar	99
V.3.1 - Dados para modelos e protótipos	99
V.3.2 - Comparação de resultados de modelos	106
V.4 - Análise comparativa das diversas configurações ensaiadas	117
V.5 - Expressões empíricas para o coeficiente de arraste de ar.....	136
V.5.1 - Expressões do tipo $\beta = \beta(\text{geometria, Fr, } \Delta p/\gamma h)$	136
V.5.2 - Expressões do tipo $\beta = \beta(L_j/h)$	145
V.6 - Influência da rugosidade da rampa sobre o coeficiente de arraste de ar ..	161
V.7 - Influência do escoamento aerado a montante sobre o coeficiente de arraste de ar	166

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 169

VI.1 - O funcionamento da bancada experimental	169
VI.2 - Expressão $\beta_{max} = \beta_{max}(\alpha, \theta, Fr)$	169
VI.3 - Expressão $\beta_{max} = \beta_{max}(\lambda_j)$	170
VI.4 - Comparação com outros trabalhos - sistemas de admissão de ar.....	170
VI.5 - Comparação entre as diversas configurações.....	171
VI.6 - Expressões empíricas para o coeficiente de arraste de ar	173
VI.7 - Influência da rugosidade da rampa sobre o coeficiente de arraste de ar	173

VI. 8 - Influência do escoamento aerado a montante sobre o coeficiente de arraste de ar	174
VI. 9 - Recomendações	174
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	176
<u>ANEXOS</u>	180
ANEXO 01	181
ANEXO 02	191
ANEXO 03	211
ANEXO 04	270

LISTA DE FIGURAS

FIGURA I.1: Tipos de irregularidades de superfícies (Fonte: BALL, 1976).	3
FIGURA I.2: Ação e localização do dano de cavitação (Fonte: BALL, 1976).	3
FIGURA I.3 - Perda de concreto (P) por efeito da cavitação em função da porcentagem de ar Var/Vágua.100 (%). (Fonte: PETERKA, 1953).	10
FIGURA I.4: Tipos aeradores de vertedores (Fonte: PINTO et al., 1982).	12
FIGURA I.5: Sistemas de abastecimento de ar (Fonte: PINTO et al., 1982).	13
FIGURA II.1: Escoamento na vizinhança de um aerador (Fonte: PINTO, 1984).	15
FIGURA II.2: Mecanismo de arraste de ar em um aerador de fundo (Fonte: WOOD, 1984).	15
FIGURA II.3: Distribuição de pressão próximo a um aerador (Fonte: PINTO, 1984).	16
FIGURA II.4: Regiões do escoamento na vizinhança de um aerador (Fonte: VOLKART & RUTSCHMANN, 1984).	17
FIGURA II.5: Configurações geométricas típicas ensaiadas (Fonte: KOSCHITZKY & KOBUS, 1988).	22
FIGURA II.6: Coeficientes da Eq.II.9 segundo KOSCHITZKY & KOBUS (1988).	23
FIGURA II.7: Influência da rugosidade da rampa no coeficiente de arraste do modelo (Fonte: PINTO, 1984).	25
FOTO III.1: Vista externa do Laboratório - fechamento do prédio.	28
FOTO III.2: Vista interna do Laboratório - início da demolição do canal.	28
FIGURA III.1: Esquema geral da bancada.	30
FOTO III.3: Interior da casa de bomba.	32
FOTO III.4: Detalhe da montagem da tubulação de alimentação do modelo.	33
FOTO III.5: Vista da estrutura metálica pintada	34
FOTO III.6: Estrutura para suporte da talha.	34
FOTO III.7: Detalhe de usinagem de peça da canaleta em acrílico.	36
FOTO III.8: Detalhe da canaleta em acrílico - comporta de controle do escoamento.	36
FOTO III.9: Conjunto de acessórios em acrílico.	37
FOTO III.10: Solda da caixa de tranquilização na Oficina de Apoio.	38
FOTO III.11: Escoamento através do conjunto de elementos dissipadores.	39
FOTO III.12: Construção da canaleta de descarga do modelo.	40
FOTO III.13: Vista do vertedor retangular.	41
FOTO III.14: Vista da canaleta externa e reservatório de referência.	42
FOTO III.15: Reservatório de medida sobre o reservatório de referência.	43
FOTO III.16: Carrinho sobre canaleta em fase final de montagem.	44
FOTO III.17: Usinagem de bocal de conformação do escoamento na entrada do duto de ar.	45
FOTO III.18: Sistema eletrônico cronômetro-indicador de nível.	46
FOTO III.19: Rede elétrica de baixa voltagem duplicada.	47
FOTO III.20: Quadro de piezômetros.	48
FOTO III.21: Sistema auxiliar para alteração da inclinação da canaleta.	49
FIGURA IV.1: Escoamento típico sobre vertedor (BOS, 1976).	51
FOTO IV.1: "Poço" com eletrodos instalados no reservatório de referência.	55
FIGURA IV.2: Curva "volume x altura" no reservatório de medida.	57
FOTO IV.2: Paredes de tijolo furado no reservatório de referência.	58

FOTO IV.3: Desvio do escoamento para o reservatório de referência.....	59
FIGURA IV.3: Curva de calibração do vertedor.....	60
FOTO IV.4: Vista da canaleta com duto de ar instalado.	61
FOTO IV.5: Montagem para a calibração do bocal do duto de ar para vazões succionadas.....	62
FOTO IV.6: Vista do micrométrico e tubo Pitot instalado junto ao bocal.....	63
FIGURA IV.4: Perfis de velocidade no bocal - ventiladores succionando.....	64
FIGURA IV.5: Produtos $V \cdot r \times r$ para avaliação da vazão através do bocal.....	64
FIGURA IV.6: Curva de calibração: Vazão succionada $\times \Delta h_{est}$ no bocal.	65
FOTO IV.7: Montagem para calibração do bocal para vazões impelidas.	67
FIGURA IV.7: Perfis de velocidade no bocal - ventilador VW soprando.	67
FIGURA IV.8: Produtos $V \cdot r \times r$ para avaliação da vazão através do bocal.....	68
FIGURA IV.9: Curva de calibração: vazão impelida $\times \Delta h_{est}$ no bocal.	69
FIGURA IV.10: Micromanômetro tipo-NACA.	70
FIGURA IV.11: Tomadas de pressão no fundo da canaleta e quadro de piezômetros.....	74
FOTO V.1: Ensaio com inclinação da canaleta $\alpha = 3^\circ$	76
FOTO V.2: Ensaio com inclinação da canaleta $\alpha = 14^\circ$	76
FOTO V.3: Ensaio com inclinação da canaleta $\alpha = 45^\circ$	77
FOTO V.4: Conjuntos de rampas "lisas" e acentuadamente rugosas.....	79
FOTO V.5: Rugosidades ensaiadas e rampa "dentada" rugosa.	80
FOTO V.6: Injeção de ar para obtenção de escoamento aerado a montante.	81
FIGURA V.1: Função de ajuste $\beta_{max} = \beta_{max}(F_r)$ incluídas as várias configurações geométricas.....	83
FIGURA V.2: Gráfico $\beta_{max} \times F_r$ para as várias configurações geométricas.....	84
FIGURA V.3a: Gráficos $\beta_{max} = C(F_r - 5.4)$ para diferentes configurações geométricas.....	85
FIGURA V.3b: Gráficos $\beta_{max} = C(F_r - 5.4)$ para diferentes configurações geométricas.....	86
FIGURA V.3c: Gráficos $\beta_{max} = C(F_r - 5.4)$ para diferentes configurações geométricas.....	87
FIGURA V.4: Retas de ajuste $\beta_{max} = C(F_r - 5.4)$ para as diversas configurações.....	88
FIGURA V.5: Gráfico $C/CR \times \tan \theta$ para $\alpha \cong 14^\circ$, juntamente com resultados de R & H (1990).	90
FIGURA V.6: Gráficos $C\alpha \times Fr$ para diferentes configurações geométricas ($F > 7$).....	92
FIGURA V.7: $\beta_{max}(p) \times \beta_{max}(e)$ incluídas todas as configurações.	93
FIGURA V.8: $\beta_{max}(p) \times \beta_{max}(e)$ para as configurações com rampa lisa sem degrau.	93
FIGURA V.9: $\beta_{max}(p) \times \beta_{max}(e)$ para as configurações com rampa lisa sem degrau.	94
FIGURA V.10: Comprimento relativo do jato - valores teóricos (λ_{jp}) $\times$ medidos (λ_{je}).	95
FIGURA V.11: Razão ($\lambda_{jp} / \lambda_{je}$) $\times F_r$ para as várias configurações.....	95
FIGURA V.12: Gráfico ($\beta_{max} \times L_j/h$) para as várias configurações.	97
FIGURA V.13: Gráficos $\beta_{max} \times \lambda_j$ para as diversas configurações geométricas.....	98
FIGURA V.14: Dados de protótipos e mod. 1:8 de Foz do Areia.	102
FIGURA V.15: Comparação modelo - protótipo Foz do Areia (PINTO et al).....	103
FIGURA V.16: Comparação modelo - protótipo Foz do Areia (PINTO et al).....	105
FIGURA V.17: Resultados do Modelo de Foz e do presente trabalho (PD).	107

FIGURA V.18: Resultados do Modelo de Foz ($A=10 \times 5$) e "corrigidos" deste trabalho	108
FIGURA V.19: Dados do Modelo de Foz e do presente trabalho (a: $Fr = 7$ e b: $Fr = 9$).....	110
FIGURA V.20: Dados do Modelo de Foz e do presente trabalho ($Fr = 12$).....	111
FIGURA V.21: Resultados do Modelo de Foz ($A=10 \times 3$) e "corrigidos" deste trabalho.....	112
FIGURA V.22: Resultados do Modelo da Barragem Clyde e do presente trabalho.....	114
FIGURA V.23: Resultados do modelo da Barragem Clyde e deste trabalho (ang. válvula = 60°).	115
FIGURA V. 24: Resultados do Modelo da Barragem Clyde e deste trabalho ($Fr = 8$)..	115
FIGURA V.25: Resultados do Modelo da Barragem Clyde e deste trabalho ($Fr= 10$ e $Fr= 11$).....	116
FIGURA V.26: Ângulos e dimensões aproximados das rampas ensaiadas.	117
FIGURA V.27a: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 3^\circ$).....	119
FIGURA V.27b: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 14^\circ$)...	120
FIGURA V.27c: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 30^\circ$)...	121
FIGURA V.27d: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 45^\circ$). ..	122
FIGURA V.28: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).....	123
FIGURA V.29: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).....	125
FIGURA V.30: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas (com degrau; $\theta=4^\circ$).....	126
FIGURA V.31: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/degrau; $\Delta p/\gamma h = cte$; $\theta=4^\circ$)	127
FIGURA V.32: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/degrau; $\Delta p/\gamma h = cte$; $\theta=4^\circ$)	128
FIGURA V.33: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/degrau; $\Delta p/\gamma h = cte$; $\theta=4^\circ$)	130
FIGURA V.34: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/degrau; $\Delta p/\gamma h = cte$; $\theta=4^\circ$)	131
FIGURA V.35a: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas com rampas lisas e acentuadamente rugosa (s/degrau; $\theta=4^\circ$)	132
FIGURA V.35b: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas com rampas lisas e acentuadamente rugosa (s/degrau; $\theta=4^\circ$)	133
FIGURA V.35c: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas com rampas lisas e acentuadamente rugosa (s/degrau; $\theta=4^\circ$)	134
FIGURA V.35d: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas com rampas lisas e acentuadamente rugosa (s/degrau; $\alpha = 14^\circ$; $\theta=4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ e 10°).....	135
FIGURA V.36: Gráficos ($\beta_p \times \beta_c$) para as configurações ensaiadas, rampas lisas e acentuadamente rugosas, s/ e c/ degrau; modelo proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).....	139
FIGURA V.37: Gráficos ($\beta_p \times \beta_c$) para as configurações ensaiadas, com rampas lisas, sem e com degrau; modelo tipo o proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).	140

FIGURA V.38: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações ensaiadas da canaleta, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, sem degrau; modelo tipo o proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).	141
FIGURA V.39: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as inclinações ensaiadas da canaleta, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, sem degrau; modelo tipo o proposto por KOSCHITZKY & KOBUS (1988).	142
FIGURA V.40: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	143
FIGURA V.41: Distribuição de pressão no fundo da canaleta; rampas de $\theta = 4^\circ$, lisa e rugosa, sem degrau; $h_{comp.} = 60$ e 90 mm; registro de controle da vazão aberto com 6, 19 e 43 voltas.	146
FIGURA V.42: Distribuição de pressão no fundo da canaleta; rampas de $\theta = 4^\circ$, lisa e rugosa, sem degrau; $h_{comp.} = 120$ mm; registro para controle da vazão aberto com 6, 19 e 43 voltas.	147
FIGURA V.43: Gráfico ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) para as diversas geometrias ensaiadas. Modelo SCHWARTZ & NUTT (1963), modificado por I. R. WOOD (in PENG - 1984).	148
FIGURA V.44: Gráficos ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) para as inclinações $\alpha = 3^\circ$ e 14° , rampas lisas sem e com degrau; modelo baseado nas expressões de SCHWARTZ & NUTT (1963).	149
FIGURA V.45: Gráficos ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) para as inclinações $\alpha = 30^\circ$ e 45° , rampas lisas sem e com degrau; modelo baseado nas expressões de SCHWARTZ & NUTT (1963).	150
FIGURA V.46: Gráficos ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) para as configurações ensaiadas, rampas rugosas sem e com degrau; modelo baseado nas expressões de SCHWARTZ & NUTT (1963).	151
FIGURA V.47: Gráficos ($\beta \times \lambda_j$) para as configurações ensaiadas, rampas lisas e rugosas, sem e com degrau; ajuste baseado na expressão $\beta = C.(\lambda_j - 5)$.	152
FIGURA V.48a: Gráficos ($\beta \times L_j/h$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 3^\circ$ e 14° , $\theta = 4^\circ$, rampas lisas e rugosas, sem e com degrau.	153
FIGURA V.48b: Gráficos ($\beta \times L_j/h$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 30^\circ$ e 45° , $\theta = 4^\circ$, rampas lisas e rugosas, sem e com degrau.	154
FIGURA V.48c: Gráficos ($\beta \times L_j/h$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, 6° , 8° e 10° , rampas lisas e rugosas, sem degrau.	155
FIGURA V.49a: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 3^\circ$ e 14° , $\theta = 4^\circ$, rampas lisas, sem e com degrau.	157
FIGURA V.49b: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 30^\circ$ e 45° , $\theta = 4^\circ$, rampas lisas, sem e com degrau.	158
FIGURA V.49c: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, 6° , 8° e 10° , rampas lisas e rugosas, sem degrau.	159
FIGURA V.49d: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 45^\circ$, $\theta = 4^\circ$, 6° , 8° e 10° , rampas lisas, sem degrau.	160
FIGURA V.50a: Gráficos ($\beta \times Fr$) e ($\beta \times We$) para análise do efeito da rugosidade da rampa; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampas plana e dentada, lisa e rugosas, sem degrau, $h_{comp} = 60$ e 90 mm.	162
FIGURA V.50b: Gráficos ($\beta \times Fr$) e ($\beta \times We$) para análise do efeito da rugosidade da rampa; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampas plana e dentada, lisa e rugosas, sem degrau, $h_{comp} = 120$ mm.	163

FIGURA V.50c: Gráficos ($\beta \times q$) e ($\beta \times E$) para análise do efeito da rugosidade da rampa; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampas plana e dentada, lisa e rugosas, sem degrau, $h_{comp} = 60, 90, 120$ mm.	163
FIGURA V.51: Faixa com rugosidade 1 na entrada e na saída da rampa de lançamento do jato.	164
FIGURA V.52: Gráficos ($\beta \times Fr$) para análise do desempenho do aerador; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampa plana e dentada, lisa e com faixas de rugosidade 1, s/ degrau, $h_{comp} = 60, 90, 120$ mm.	165
FIGURA V.53: Gráfico das vazões em peso "estimadas x medidas" na calibração da bobina para as vazões injetadas.	167
FIGURA V.54: Gráfico ($\beta \times$ Vazão injetada) para ensaios com escoamento aerado a montante.	168
FIGURA A3.1: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 5$ e $Fr = 6$). .	212
FIGURA A3.2: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 7$ e $Fr = 8$). ...	213
FIGURA A3.3: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 9$ e $Fr = 10$).	214
FIGURA A3.4: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 12$ e $Fr = 15$).	215
FIGURA A3.5: Resultados do Modelo de Clyde e deste trabalho ($Fr = 8$ e $Fr = 9$).	216
FIGURA A3.6: Resultados do Modelo de Clyde e deste trabalho ($Fr = 10$ e $Fr = 11$). .	217
FIGURA A3.7: Resultados do Modelo de Clyde e deste trabalho ($Fr = 12$).	218
FIGURA A3.8a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 6$).	219
FIGURA A3.8b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 6$).	220
FIGURA A3.8c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 6$).	221
FIGURA A3.9a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 7$).	222
FIGURA A3.9b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 7$).	223
FIGURA A3.9c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 7$).	224
FIGURA A3.10a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 8$).	225
FIGURA A3.10b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 8$).	226
FIGURA A3.10c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 8$).	227
FIGURA A3.11a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 9$).	228
FIGURA A3.11b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 9$).	229
FIGURA A3.11c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 9$).	230
FIGURA A3.12a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 10$).	231

FIGURA A3.12b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 10).	232
FIGURA A3.12c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 10).	233
FIGURA A3.13a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 11).	234
FIGURA A3.13b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 11).	235
FIGURA A3.13c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 11).	236
FIGURA A3.14a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 12).	237
FIGURA A3.14b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 12).	238
FIGURA A3.14c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 12).	239
FIGURA A3.15a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 13).	240
FIGURA A3.15b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 13).	241
FIGURA A3.16a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 14).	242
FIGURA A3.16b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 14).	243
FIGURA A3.17a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 15).	244
FIGURA A3.17b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 15).	245
FIGURA A3.18a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 16).	246
FIGURA A3.18b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 16).	247
FIGURA A3.19a: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\theta=4^\circ$).	248
FIGURA A3.19b: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas (com degrau; $\theta=4^\circ$).	249
FIGURA A3.19c: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas ($\theta=4^\circ$; $\alpha=3^\circ$ e 14°).	250
FIGURA A3.19d: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas ($\theta=4^\circ$; $\alpha=30^\circ$ e 45°).	251
FIGURA A3.19e: Gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\alpha=14^\circ$).	252
FIGURA A3.20a: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = \text{cte}$; $\theta = 4^\circ$).	253
FIGURA A3.20b: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = \text{cte}$; $\theta = 4^\circ$).	254

FIGURA A3.20c: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = \text{cte}$; $\theta = 4^\circ$).	255
FIGURA A3.20d: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = \text{cte}$; $\alpha = 14^\circ$).	256
FIGURA A3.21a: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (sem e com degrau; $\theta = 4^\circ$).	257
FIGURA A3.21b: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (sem e com degrau; $\theta = 4^\circ$).	258
FIGURA A3.21c: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\alpha = 14^\circ$).	259
FIGURA A3.22a: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as configurações ensaiadas, rampas lisas e acentuadamente rugosas, s/ e c/ degrau; modelo proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).	260
FIGURA A3.22b: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com as rampas lisas, s/ e c/ degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	261
FIGURA A3.22c: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, rampas rugosas, s/ e c/ degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	262
FIGURA A3.22d: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, sem rampa, com degrau; modelo tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988).	263
FIGURA A3.22e: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	264
FIGURA A3.22f: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, com degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	265
FIGURA A3.22g: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 3^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	266
FIGURA A3.22h: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 14^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	267
FIGURA A3.22i: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 30^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	268
FIGURA A3.22j: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 45^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.	269
TABELA A2.8: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 60^\circ$ e ventilador menor (AERO).	200
TABELA A2.9: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ e ventilador maior (VW).	201
TABELA A2.10: Resumo dos dados para traçado e integração dos perfis de velocidade no bocal com sucção através dos dois ventiladores.	202

LISTA DE QUADROS/TABELAS

QUADRO I.1: Inclinação dos chanfros para impedir erosão de cavitação (OSKOLKOV & SEMENKOV, 1979).....	7
QUADRO III.1: Condições de ensaio esperadas.....	35
QUADRO III.2: Coordenadas relativas para bocal de entrada do duto de ar.	45
QUADRO IV.1: Parâmetros estatísticos - calibração do volume de medida.	55
QUADRO IV.2: Análise de variância - calibração do volume de medida.	56
QUADRO IV.3: Dados de calibração do bocal para vazões succionadas.....	65
QUADRO IV.4: Dados de calibração do bocal para vazões impelidas.....	68
QUADRO V.1: Configurações geométricas ensaiadas para avaliação de $\beta_{\max}$	82
QUADRO V.2: Função $\beta_{\max} = C.(F_r - 5,4)$ para as diversas configurações.	88
QUADRO V.3: Valores do coeficiente C_α com desvio-padrão s_{C_α} para as diversas geometrias.....	90
QUADRO V.4: Valores dos parâmetros C e λ_0 para as diversas geometrias.....	97
QUADRO V.5: Coeficientes de vazão e perda de carga nos dutos de ar.	100
QUADRO V.6: Coeficientes de vazão dos sistemas de abastecimento de ar.	100
QUADRO V.7: Comparação modelo 1:8 ($A = 5 \times 10 \text{ cm}^2$) e vertedor de Foz do Areia (PINTO et al.).....	104
QUADRO V.8: Condições de semelhança para modelos de Foz (cod. 25001) e deste trabalho.....	109
QUADRO V.9: Coeficientes da equação proposta por KOSCHITZKY & KOBUS.....	138
QUADRO V.10: Valores dos parâmetros da Equação V.23.	144
QUADRO V.11: Valores dos parâmetros C_0 , C_1 e n da Eq. V.25.....	156
QUADRO V.12: Códigos empregados na avaliação da influência da rugosidade....	161
TABELA A2.1: Calibração do volume de referência.....	193
TABELA A2.2: Calibração do reservatório de medida.....	194
TABELA A2.3: Calibração do reservatório de referência.....	195
TABELA A2.4: Leituras dos cronômetros mecânico e eletrônico.	196
TABELA A2.5: Planilhas para calibração do vertedor.	197
TABELA A2.6: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ e ventilador menor (AERO).....	198
TABELA A2.7: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 75^\circ$ e ventilador menor (AERO).....	199

TABELA A2.11: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ e ventilador maior (VW) soprando.	203
TABELA A2.12: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ (A) e ventilador maior (VW) soprando.	204
TABELA A2.13: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ (B) e ventilador maior (VW) soprando.	205
TABELA A2.14: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ (C) e ventilador maior (VW) soprando.	206
TABELA A2.15: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ (D) e ventilador maior (VW) soprando.	207
TABELA A2.16: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ (E) e ventilador maior (VW) soprando.	208
TABELA A2.17: Planilha típica para calibração do duto de ar $\alpha = 90^\circ$ (F) e ventilador maior (VW) soprando.	209
TABELA A2.18: Resumo dos dados para traçado e integração dos perfís de velocidade no bocal com ventilador VW soprando.....	210
TABELA A4: Planilha de dados - Aeração de escoamentos de alta velocidade.....	271

LISTA DE SÍMBOLOS

$\bar{\theta}$	- ângulo corrigido da rampa de lançamento do jato
ε	- expoente de equação empírica
ζ	- expoente de equação empírica
θ	- ângulo da rampa para o plano do fundo do canal
σ	- coeficiente de tensão superficial da água
μ	- viscosidade dinâmica da água
α	- ângulo de inclinação do fundo do vertedor
β	- coeficiente de arraste de ar ($= q_a/q_w$)
ν	- coeficiente de viscosidade cinemática
ϕ	- diâmetro
ξ	- coeficiente de perda de carga no duto de ar
α	- ângulo do fundo do canal com o plano horizontal
σ	- índice de cavitação do escoamento
λ, λ_j	- escala do modelo reduzido; comprimento relativo do jato ($= L/h$)
γ, γ_w	- peso específico da água
ρ_a, ρ_w	- massas específicas do ar e da água
σ_{cr}	- índice de cavitação crítico
ΔE	- diferença de valor do parâmetro E em relação ao valor E_{min}
Δh_{est}	- altura representativa da pressão estática na garganta do bocal
$\beta_{máx}$	- coeficiente de arraste de ar máximo, correspondente a $\Delta p = 0$
$\Delta N_a, \Delta N_{rsq}$	- erros máximos possível e provável na grandeza dependente
Δp	- diferença de pressão do ar nas regiões acima e abaixo do jato
Δu	- erro absoluto cometido na grandeza independente
ΔZ	- desnível da soleira em relação ao piso à jusante do vertedor
a	- relação de diâmetros ($= D/d$)
A	- área da seção transversal do duto de ar
b	- inclinação de uma reta; largura de canal retangular
B	- largura de canal retangular
C, C_1, C_2, C_3	- coeficientes ou expoentes de equações empíricas
C_d	- coeficiente de descarga na equação da vazão do orifício
d	- diâmetro de tubo ou conduto; altura do degrau; "diâmetro" de grão de areia
D	- diâmetro de conduto; "área efetiva do duto de ar por unidade de largura do vertedor"

- E, E_e, E'_e - número de Euler
 $E_{\min}$ - valor do adimensional E correspondente a arraste de ar nulo ($\beta = 0$)
 f - fator de atrito; símbolo representativo de função
 F, F_r - número de Froude
 F_{rc} - valor crítico do número de Froude
 g - aceleração da gravidade
 H - carga hidráulica total; carga do vertedor
 h - altura da lâmina d'água do escoamento de montante; profundidade de água no canal segundo a normal à direção do escoamento
 h_1 - carga do vertedor
 h_{comp} - abertura da comporta de entrada para a canaleta
 h_p - perda de carga num trecho de conduto
 K - coeficiente da equação $\beta = \beta (L/h)$; coeficiente na equação de descarga por um orifício
 L, L_j - leitura no micromanômetro; comprimento do jato de água
 L_{cor} - leitura corrigida
 L_{ref} - leitura de referência
 M - massa de determinado volume de líquido
 N - grandeza dependente em uma relação funcional
 P - altura da soleira do vertedor retangular em relação ao fundo do canal a montante
 p_a - pressão atmosférica local
 p_b - pressão barométrica
 p_v - pressão de vapor da água
 Q - vazão de água da bancada
 Q_a - vazão de ar arrastado pelo escoamento de alta velocidade
 q_a, q_w - vazões de ar arrastado e de água por unidade de largura do vertedor
 Q_w - vazão de água do escoamento de alta velocidade
 r - raio de um duto circular; raio de curvatura no plano vertical do fundo do canal (positivo, se côncavo)
 R - raio de conduto; coeficiente de correlação
 Re - número de Reynolds
 Re_L - número de Reynolds limite; número de Reynolds calculado com base no comprimento do jato
 s - desvio-padrão de uma série de medidas

- t - altura da rampa; intervalo de tempo para escoamento de dado volume de líquido; temperatura
 T - temperatura; altura da borda da rampa ao fundo da canaleta ($= (t_r + t_d)/h$)
 t_d - altura do degrau
 t_r - altura da rampa
 T_r - altura relativa da rampa ($= t_r/h$)
 T_u - parâmetro de turbulência
 u' - flutuações de velocidade num ponto do escoamento, devido à turbulência
 u_i - grandezas independentes em uma relação funcional
 v - velocidade num ponto à distância r do eixo do conduto
 V - velocidade média do escoamento a montante do aerador; velocidade média de escoamento
 $V_{\text{água}}$ - volume de água
 V_{ar} - volume de ar
 Vol - volume medido
 W_e - número de Weber
 x - distância ou coordenada horizontal
 y - distância ou coordenada vertical
 y_2 - profundidade no canal de fuga a jusante do vertedor
 y_p - profundidade da poça a jusante do vertedor sob a lâmina

RESUMO

Abordou-se neste trabalho o fenômeno do arraste de ar promovido pelo escoamento de alta velocidade em canais de forte declividade através de dispositivos aeradores de fundo. Estes dispositivos têm sido empregados em vertedores e descargas de fundo de grandes barragens com a finalidade de prevenir a ocorrência da cavitação a jusante de irregularidades das superfícies de contorno do escoamento.

A bancada experimental construída propiciou a realização de ensaios para inclinações da canaleta de 3, 14, 30 e 45° e da rampa de lançamento do jato de 0, 4, 6, 8 e 10°, sem e com degrau associado a jusante do aerador, apresentando grande flexibilidade e praticidade na alteração das configurações da rampa e da própria canaleta.

Ensaio foram também realizados para as rampas dotadas de rugosidades "nula" (rampas lisas) a grosseira (rampas acentuadamente rugosas), sendo três as rugosidades intermediárias empregadas com a rampa de 4°. Finalmente, avaliou-se a influência da concentração média de ar do escoamento aerado a montante sobre o desempenho do aerador.

Os resultados obtidos foram comparados entre si para as diversas configurações ensaiadas e confrontados com dados disponíveis de protótipos e modelos. Expressões empíricas foram ainda estabelecidas para o coeficiente de arraste de ar em função dos parâmetros adimensionais mais importantes envolvidos no fenômeno em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Vertedores - aeradores de fundo; Escoamento de alta velocidade - aeração.

ABSTRACT

The phenomenon of the air entrainment promoted by the high velocity flow at steep slope channels through the aeration devices is discussed in this work. These devices have been used in spillways and bottom outlet works to prevent the occurrence of the cavitation downstream to irregularities of the flow contour surfaces.

The experiments were conducted in the constructed test facility to laboratory channel slopes equal to 3, 14, 30 e 45° and to slopes of the jet takeoff ramps equal to 0, 4, 6, 8 e 10°, with and without associated step downstream of the aerator. The test facility showed a great flexibility and praticity in changing the ramp and channel configurations.

Experiments were also carried out to the ramps artificially made rough using not only smooth but also rough ramps. Three intermediate rugosities were imposed to the 4° ramp. Finally, it was analyzed the influence of the mean air concentration of the upstream aerated flow on the performance of the aerator.

The results were compared among several experimented configurations and they were confronted to the disponible data of prototypes and models. Yet, empirical equations were established to the air entrainment coefficient written as a function of the most important adimensional parameters involved in the phenomenon.

KEYWORDS: Spillway - chute aerators; High velocity flow - aeration.

CAPÍTULO I

OBRAS HIDRÁULICAS E CAVITAÇÃO

→ I.1 - Escoamentos de Alta Velocidade e Cavitação

Os escoamentos de alta velocidade ocorrem na prática principalmente nos vertedores de barragens de grande altura, quando da passagem de cheias prolongadas pelos respectivos reservatórios, ou nos túneis-vertedores ou de descarga associados a comportas de fundo dos aproveitamentos de alta carga. Tais escoamentos podem atingir velocidades da ordem de 40 m/s ou mais. Estas altas velocidades associadas a imperfeições das superfícies têm sido consideradas nos projetos de obras hidráulicas relativamente ao perigo de erosão resultante da ocorrência do fenômeno da cavitação.

[A cavitação é o fenômeno correspondente à formação de cavidades de vapor do líquido em escoamento e, como uma regra geral, ocorrerá quando condições dinâmicas causarem a redução da pressão a valores inferiores ao da pressão de vapor do referido líquido. Posteriormente, as cavidades assim formadas entrarão em colapso quando passarem por regiões de pressão maior que a citada pressão de vapor do líquido. Se o colapso ocorrer junto ao contorno ou objeto sólido, pequenas porções de material podem ser removidas e, com o passar do tempo, pode resultar em dano sério, que é denominado erosão de cavitação (PETERKA, 1953).]

As cavidades podem ocorrer em um fluido em movimento, como no caso das estruturas hidráulicas usuais, ou com o fluido em repouso como no caso de um propulsor de navio. O tamanho das cavidades pode variar do diâmetro de uma ponta de alfinete a um diâmetro de 5/16" ou maior.

→ I.2 - O Dano Causado pela Cavitação

O colapso da cavidade é o responsável pela erosão ou dano, devido às elevadíssimas pressões desenvolvidas durante aquele fenômeno. Segundo PETERKA (1953), cálculos feitos para determinar-se a solicitação exercida sobre um contorno ou objeto, causada pelo colapso de uma bolha esférica, mostram que valores tão altos quanto 11600 MPa podem ser atingidos, enquanto que valores medidos são da ordem de 760 MPa, correspondendo a pressões de milhares de metros de coluna d'água, capazes de causar danos irremediáveis aos diversos materiais de construção ordinários.

Segundo HAMILTON (1983-84), quando uma bolha de cavitação entra em colapso próximo ou contra uma parede sólida, uma pressão da ordem de 1000 atm (10^8 Pa) age sobre uma área infinitesimal por um tempo muito curto. Apesar de que a ação química bem como a ação mecânica podem estar presentes, uma sucessão de impactos da ordem citada danificará praticamente todo o tipo de material sólido.

LESLEIGHTER¹ apud KELLS & SMITH (1991) verificou que as implosões das cavidades ocorrem em alta frequência e as pressões de cavitação registradas são da ordem de 1500 MPa. Quando as implosões tomam lugar próximo a um contorno sólido (uma superfície de concreto de uma rampa de vertedor, por exemplo) as pressões instantâneas criadas podem resultar em ruptura por fadiga e subsequente remoção de pequenas quantidades do material da superfície. A remoção contínua do material da superfície pode resultar em dano significativo para a estrutura.

O dano em superfícies metálicas inicia-se na forma de crateras pequenas e, em estágios avançados, as superfícies apresentam uma textura de material esponjoso (tipo favo de mel) com alguns buracos que alcançam a espessura do metal. Este tipo de dano (picagem) é comum em rotores de bombas. A progressão da erosão de cavitação em concreto não é tão bem documentada como é para metais, porém, é clara a tendência de a erosão seguir a matriz de argamassa e minar o agregado. Microfissuras entre a argamassa e o agregado graúdo provavelmente ajudam a causar a ruptura do material. Ondas de alta pressão na água que preenche tais interstícios podem produzir tensões de tração que alongam as fraturas. Pulsos subsequentes então podem romper partes destacadas do agregado (KELLS & SMITH, 1991).

I.3 - Cavitação em Obras Hidráulicas

Mesmo as menores irregularidades das superfícies das obras hidráulicas, tais como as indicadas na Figura I.1 (BALL, 1976), são capazes de dar origem à erosão de cavitação, uma vez que provocam perturbações locais no escoamento e criam zonas de baixa pressão.

Para as irregularidades de superfície comumente encontradas, as correspondentes ação e localização do dano de cavitação são mostradas na Figura I.2.

A possibilidade de ocorrência de cavitação é verificada comparando-se o índice de cavitação do escoamento (σ), com o índice de cavitação crítico (σ_{cr}), obtido experimentalmente para o tipo e dimensões das irregularidades que podem interferir no escoamento. O índice de cavitação do escoamento (σ) é definido por:

$$\sigma = \frac{\frac{p_a}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} + h \cos \alpha + \frac{h}{g} \frac{V^2}{r}}{\frac{V^2}{2g}} \quad (\text{I.1})$$

onde:

p_a - pressão atmosférica local;

p_v - pressão de vapor da água;

γ - peso específico da água;

h - profundidade de água segundo a normal à direção do escoamento;

¹ LESLEIGHTER, E. J. (1988). Cavitation in hydraulic structures. Proceedings of the International Symposium on Model-Prototype Correlation of Hydraulic Structures, ASCE/IAHR, Colorado Springs, CO, August 9-11, pp. 74-94.

α - ângulo do fundo do canal com o plano horizontal;
 V - velocidade média da água;
 r - raio de curvatura no plano vertical do fundo do canal (positivo, se côncavo);
 g - aceleração da gravidade,

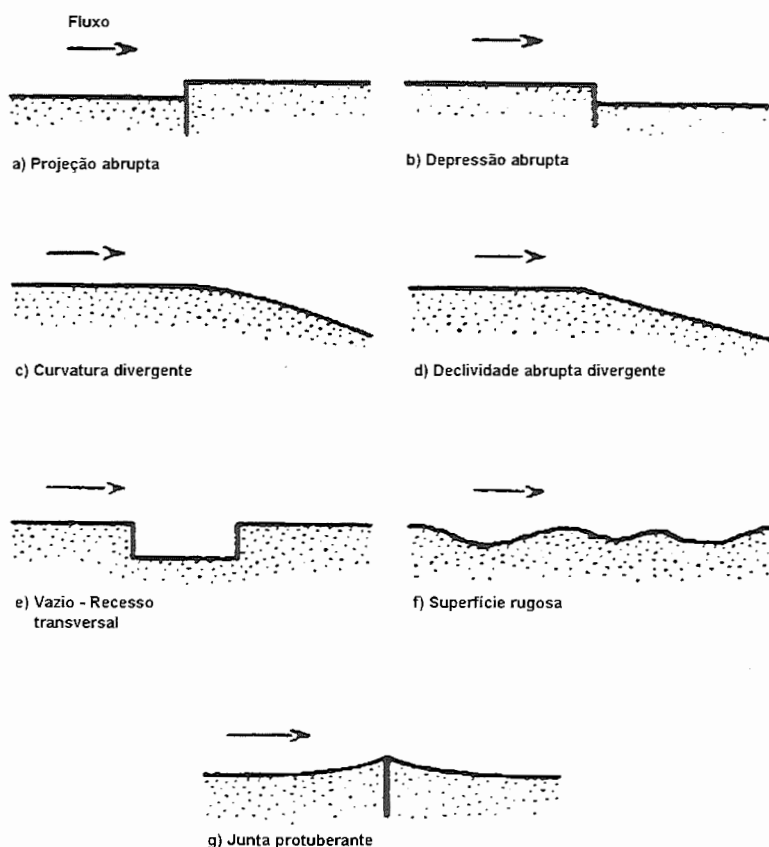


FIGURA I.1: Tipos de irregularidades de superfícies (Fonte: BALL, 1976).

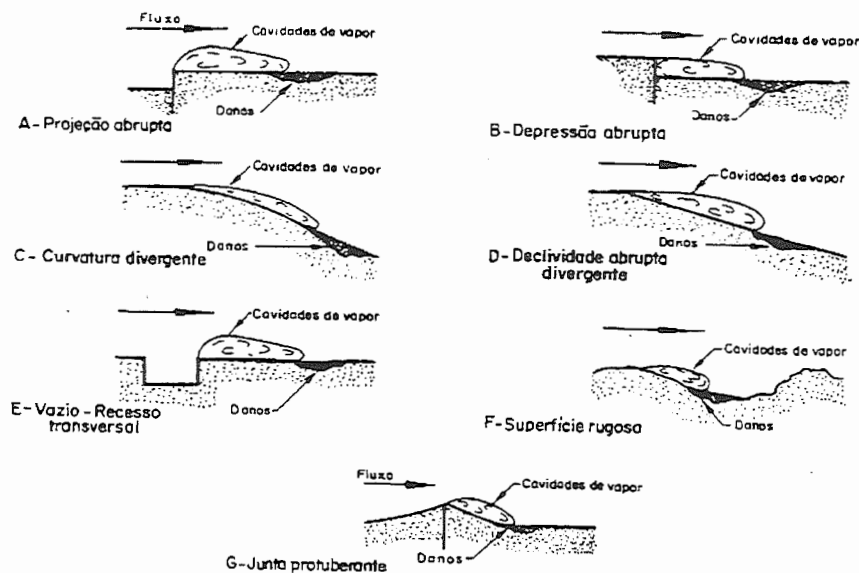


FIGURA I.2: Ação e localização do dano de cavitação (Fonte: BALL, 1976).

Segundo PINTO (1984), para uma superfície de concreto satisfatoriamente bem acabada, em que irregularidades graduais são limitadas a um chanfro máximo de razão altura/comprimento de 1 para 20, e sem irregularidades abruptas, um limite prático para o índice de cavitação parece ser 0,25.

Regiões de baixa pressão sobre a rampa de um vertedor são o resultado da separação do escoamento do jato de alta velocidade da superfície do contorno, separação esta que pode ocorrer em descontinuidades na laje da rampa (por exemplo, juntas de construção), em irregularidades da superfície (geradas na fase de concretagem) ou mesmo em eventuais áreas de acabamento inadequado. WAGNER² apud KELLS & SMITH (1991) declarou que ressaltos bruscos (para dentro do escoamento) de apenas 0,8 mm podem resultar em dano de cavitação em escoamentos de alta velocidade. Para os vertedores, que são quase invariavelmente construídos em concreto, a eliminação dos inconvenientes acima mencionados é praticamente impossível. Posteriormente, OSKOLKOV & SEMENKOV³ apud KELLS & SMITH (1991) observaram que a cavitação é mais provável de ocorrer na transição de uma superfície lisa de escoamento para uma que é menos lisa ou em uma região de escoamento relativamente irrotacional. O fato é que, em tais situações, a velocidade próximo à superfície de concreto é maior do que seria com uma distribuição de velocidade completamente desenvolvida.

Devido à ação potencialmente destrutiva da cavitação em estruturas hidráulicas, grande esforço de pesquisa foi desenvolvido, desde os anos 50, visando à definição de critérios para o projeto de obras que estivessem menos sujeitas ao dano de cavitação, bem como ao estabelecimento de requisitos mínimos de acabamento de superfícies susceptíveis à ocorrência do fenômeno. Os trabalhos de BALL (1963 e 1976) apresentam, para as irregularidades de superfície comumente encontradas, os gráficos das pressões e velocidades críticas de escoamento relativas à condição de cavitação incipiente para diversas dimensões das mesmas. Trabalhos como os de HOLL (1960), sobre a influência de elementos isolados de rugosidade, de ARNDT & IPPEN (1968), sobre o efeito de superfícies rugosas, e de ARNDT et al. (1979), sobre os efeitos das rugosidades isoladas e distribuídas no número de cavitação incipiente, introduziram importantes avanços no estudo do fenômeno e fornecem subsídios para a avaliação mais precisa das condições críticas de escoamento.

Quanto maior for a velocidade de escoamento tanto maior a tendência de a corrente separar-se do contorno e tanto menor torna-se a pressão local. Há, assim, uma certa velocidade para a qual a pressão a jusante da irregularidade reduz-se à pressão de vapor e a cavitação se inicia. Esta corresponde ao limite de cavitação incipiente. Como uma regra geral, para uma dada forma de irregularidade, quanto maiores forem as suas dimensões tanto menor será a velocidade de escoamento correspondente à cavitação incipiente (QUINTELA, 1980).

² WAGNER, W. E. (1967). Glen Canyon diversion tunnel outlets. ASCE. Journal of the Hydraulics Division, 93(HY6), p.113-134.

³ OSKOLKOV, A. G. and SEMENKOV, V.M. (1979). Experience in designing and maintenance of spillway structures on large rivers in the USSR. Thirteenth International Congress on Large Dams, New Delhi, India, Q.50, R.46, p.789-802.

Segundo FALVEY (1982), o dano potencial de cavitação sobre uma superfície depende do tipo de rugosidade que causa a cavitação, do valor absoluto da velocidade de escoamento, do conteúdo de ar na água, do intervalo de tempo de ocorrência do fenômeno e da resistência da superfície à erosão.

I.4 - Exemplos de Obras Danificadas pela Cavitação

Diversos são os exemplos de obras hidráulicas que sofreram danos causados por ação da cavitação. As descargas de fundo estão mais sujeitas a dano de cavitação a jusante das comportas de controle e em pontos de tangência de curvas verticais com trechos geralmente pouco inclinados a jusante devido à ausência (estágio inicial de crescimento) da camada limite. A seguir, citam-se alguns dos casos mais importantes de estruturas danificadas por ação da cavitação para os tipos de descarregadores de cheias comumente empregados, conforme informações contidas em: BEICHLEY & KING (1975), PINTO (1979), QUINTELA (1980) e QUINTELA & RAMOS (1980).

- **Descarregadores de superfície (vertedores):**

1. Karun (Irã, 1977/78, $H \cong 120\text{m}$, $V^* \cong 45\text{-}50\text{m/s}$);
2. Bratsk (URSS, 1969**, $H \cong 89\text{m}$, $V^* \cong 40\text{m/s}$);
3. Keban (Turquia, 1979**, $H^* \cong 107\text{m}$, $V^* \cong 43\text{m/s}$);
4. Guri (Venezuela, 1968, $H^* \cong 90\text{m}$, $V^* \cong 40\text{m/s}$)

- **Descargas de fundo (túneis):**

1. Grand Coulee (USA, 1960, $H \cong 70\text{m}$, $V \cong 30\text{m/s}$);
2. Glen Canyon (USA, 1963/65, $H \cong 102\text{m}$, $V^* \cong 42\text{m/s}$);
3. Yellowtail (USA, 1967, $H^* \cong 148\text{m}$, $V^* \cong 50\text{m/s}$);
4. Palisades (USA, 1972**, $H^* \cong 71,6\text{m}$, $V^* \cong 35\text{m/s}$);
5. Navajo (USA, 1972**, $H^* \cong 101\text{m}$, $V^* \cong 42\text{m/s}$);
6. Libby (USA, 1979**, $H \cong 81\text{m}$, $V \cong 40\text{m/s}$);
7. Tarbela (Paquistão, $H^* \cong 137\text{m}$, $V^* \cong 49\text{m/s}$);
8. Serre-Ponçon (França, 1960, $H \cong 85\text{m}$, $V \cong 39\text{m/s}$);
9. Hoover (USA, 1941, $H^* \cong 170\text{m}$, $V^* \cong 55\text{m/s}$).

Observações:

(*) Valores máximos de carga e velocidade (estimada admitindo-se, a título de uma avaliação grosseira, uma perda de carga $h_p = 0,1H$);

(**) Referentes a testes do protótipo.

I.5 - Métodos de Prevenção da Cavitação

Os métodos que geralmente são empregados para prevenir erosão de cavitação podem ser reunidos nas seguintes categorias, segundo (FALVEY, 1982; KUDRIASHOV et al., 1983; QUINTELA & RAMOS, 1980; e KELLS & SMITH, 1991:

- a) prevenção da ocorrência da cavitação;

- b) controle da posição de colapso das cavidades;
- c) emprego de materiais resistentes à cavitação;
- d) aeração.

1.5.a. - Prevenção da ocorrência da cavitação

A prevenção da ocorrência do fenômeno da cavitação pode efetuar-se pela adoção de uma (ou mais) das seguintes providências:

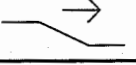
- eliminação de condições favoráveis à separação do escoamento;
- limitação das velocidades de escoamento a níveis não-cavitantes; e
- manutenção das pressões de operação em níveis suficientemente altos.

A eliminação de condições favoráveis à separação do escoamento consiste, além da construção de superfícies muito bem acabadas, no projeto de contornos sem deflexões significativas que propiciem o descolamento da corrente bem como na execução de juntas de construção perfeitamente niveladas, sem ressalto salientes ou reentrantes. Estas medidas para prevenir a cavitação foram usadas pelo USBR (BALL, 1976) como procedimento rotineiro para as estruturas construídas até o final da década de setenta, segundo KELLS & SMITH (1991). De um modo geral, o arredondamento de cantos vivos de irregularidades de superfície diminuirá seu potencial para gerar cavitação. Quanto maiores os raios de arredondamento menor será o potencial de cavitação. Degraus menores requererão menor arredondamento do que degraus maiores. Ressaltos e rebaixos da superfície deverão ser chanfrados (esmerilhados) para diminuir ou eliminar o potencial de cavitação. Neste caso, a inclinação do chanfro é importante. As especificações do USBR usualmente requerem que irregularidades não aceitas sejam removidas ou reduzidas a inclinações de 1:20, 1:50 e 1:100 onde as pressões são baixas e as velocidades variam de 12 a 27 m/s, 27 a 36 m/s e acima de 36 m/s, respectivamente (BALL, 1963). QUINTELA & RAMOS (1980) apresentam as recomendações propostas por OSKOLKOV & SEMENKOV (1979) para acabamento das superfícies de concreto das soleiras de descarregadores de cheias necessárias para garantir que irregularidades de superfície tipo ressalto ou rebaixo não dêem origem a erosões de cavitação (Quadro I.1).

Verifica-se, porém, que as condições de acabamento impostas são extremamente restritivas e, por conseguinte, de execução difícil e onerosa uma vez que o tratamento das irregularidades é feito por esmerilamento das superfícies. Da análise dos gráficos propostos por BALL (1963 e 1976), conclui-se que, para profundidades de água de alguns metros, as tolerâncias são tão restritivas que, para velocidades superiores a 35 m/s, é praticamente impossível respeitá-las. Acrescente-se a isto o fato que esta solução não dá garantias contra os efeitos das irregularidades que venham a ser criadas por ataque químico do concreto devido à agressividade da água, da ação de agentes climáticos, da abrasão resultante do transporte sólido e de quedas acidentais de corpos sobre as superfícies acabadas.

A limitação de velocidades de escoamento em níveis não cavitantes e/ou a manutenção de pressões de operação suficientemente altas não são soluções usualmente práticas em se tratando de projetos de vertedores de canal aberto. Profundidades de escoamento maiores (portanto, pressões no fundo maiores) e/ou velocidades de escoamento menores são obtidas com rampas ou túneis menos inclinados, o que conduz a obras mais caras e nem sempre executáveis.

QUADRO I.1: Inclinação dos chanfros para impedir erosão de cavitação (OSKOLKOV & SEMENKOV, 1979)

CARGA (m)	ALTURA DA IRREGULARI- DADE (mm)	INCLINAÇÃO DOS CHANFROS		
		IRREGULARIDADE TRANSVERSAL		IRREGULARIDADE LONGITUDINAL
				
40	5	-	-	-
a	5 a 10	1:4	1:8	1:2
50	10 a 20	1:8	1:10	1:3
	20 a 40	1:12	1:14	1:3
60	2,5	-	-	-
a	2,5 a 5	1:7	1:11	1:2
70	5 a 10	1:14	1:18	1:3
	10 a 20	1:16	1:20	1:3
	20 a 40	1:20	1:24	1:3
40 a	10 a 20	1:32	1:38	1:4
100	20 a 40	1:36	1:42	1:4

1.5.b - Controle da posição de colapso das cavidades

A confirmação da eficiência deste procedimento foi relatada, segundo KELLS & SMITH (1991), por WATSON⁴ que promoveu o colapso de bolhas de cavitação dentro da massa fluida e afastado do contorno sólido como um meio de proteger válvulas de agulha de dano de cavitação. O projeto de dissipadores de energia de expansão brusca pode também empregar este princípio. Segundo HAMILTON (1983), bolhas de cavitação podem formar-se e, inofensivamente, entrar em colapso dentro da zona de cisalhamento ao longo do contorno do jato em expansão e suficientemente distante das paredes da própria câmara. No entanto, em condições de escoamento mais severas (velocidades mais altas e/ou pressões mais baixas), as cavidades são maiores e entram em colapso mais a jusante, sendo que as implosões podem ocorrer junto às paredes da expansão dando, assim, origem a dano de cavitação. São exemplos de aplicação desta técnica os blocos de queda e de amortecimento de bacias de dissipação de energia por ressalto hidráulico e os blocos dispersores. Estes podem apresentar formas especiais que provocam o descolamento da veia líquida com o objetivo de afastar os efeitos da cavitação das superfícies sólidas do contorno (blocos supercavitantes, QUINTELA & RAMOS, 1980). No caso particular dos vertedores, segundo KELLS & SMITH (1991), este procedimento não se aplica quando a estrutura a ser protegida é muito grande ou nos casos em que as condições de escoamento não são passíveis de controle ao grau requerido.

1.5.c - Emprego de materiais resistentes à cavitação

As propriedades que devem apresentar os materiais e que melhor definem a sua resistência à ação da cavitação são: a capacidade de resistência à tração, ao impacto, à fadiga e à fendilhação, a capacidade de absorção de energia e a lisura

⁴ WATSON, W. W. (1977). Evolution of multijet sleeve valve. ASCE. Journal of the Hydraulics Division, 103(HY6), p.617-631.

(maciez, segundo QUINTELA & RAMOS). Estes pesquisadores citaram as investigações de INOZEMTZEV (1965) segundo as quais a resistência à erosão por ação da cavitação de concretos comuns à base de cimento não é satisfatória e pode ser aumentada de 5 a 20 vezes apenas, mediante a conveniente seleção de materiais e a adoção de técnicas adequadas. Uma vez que tal melhoria é pouco significativa, outras soluções foram encontradas para aumentar a resistência das superfícies relativamente à ação danosa da cavitação. Dentre elas, citam-se, principalmente:

- revestimentos de aço (blindagens);
- concretos impregnados com polímeros e resinas epóxi;
- concretos com fibras.

1.5.c.1- Revestimentos de aço (blindagens)

O revestimento de superfícies sujeitas à erosão de cavitação pode ser executado em chapas de aço inoxidável (blindagem), constituindo-se este em um dos melhores acabamentos que se pode utilizar. Devido a seu alto custo, é empregado em áreas relativamente pequenas, sendo que sua maior aplicação faz-se a jusante de comportas nos condutos de obras de descarga.

1.5.c.2- Concretos impregnados com polímeros e resinas epóxi

Os concretos impregnados de polímeros e os concretos de resinas epóxi têm resistências à erosão por ação da cavitação muito superiores às dos de cimento (10 a 100 vezes ou mais), aproximando-se, em alguns tipos, da do aço. De resultados obtidos em diversos trabalhos, as conclusões podem ser assim resumidas (QUINTELA & RAMOS, 1980):

- como camada de proteção, a que se revela mais eficaz em superfícies de concreto é a resultante da aplicação de resinas epóxi, que asseguram uma adequada adesão ao concreto e uma elevada resistência à cavitação (ABELEV⁵ et al., 1971);
- para superfícies metálicas, a proteção com resinas epóxi é menos eficiente que com neoprene e materiais afins, que apresentam um elevado grau de absorção de energia elástica de deformação e aderem-se de forma conveniente ao metal, mas não são recomendáveis para o revestimento de superfícies de concreto (ABELEV et al., 1971);
- a utilização de concretos e argamassas epóxi nas proteções de superfícies submetidas a amplitudes térmicas e a temperaturas relativamente altas não é satisfatória; porém, quando as variações térmicas são pequenas, a sua utilização mostrou-se eficaz;
- as pinturas, em finas camadas, com resinas epóxi, usadas nas barragens de Krasnoyarsk e de Charvak (OSKOLKOV & SEMENKOV, 1979), retardaram a ação da cavitação mas não impediram a erosão das superfícies de concreto que se pretendiam proteger; quando aplicadas em camadas

⁵ ABELEV, A. S., et al. (1971). Investigation of relative cavitation resistance of materials and protective coatings and development of measures against cavitation erosion of hydraulic structure elements. Proc. 14th Congress IAHR, vol.5, Paris, p.69-72.

mais espessas, as pinturas podem apresentar rachaduras causadas por variações térmicas, dando origem a irregularidades de superfície capazes de desenvolver o fenômeno cujos efeitos deveriam anular;

- é particularmente vantajosa a utilização de resinas epóxi nas zonas de ligação entre concretos antigos e novos, no enchimento de fendas e nas zonas em que a blindagem encontra-se desligada do concreto.

I.5.c.3 - Concretos com fibras

No concreto com fibras (fiber reinforced concrete), ao concreto de cimento Portland, contendo agregados miúdos ou miúdos e graúdos, adicionam-se quantidade inferior a 2% (em volume) de fibras descontínuas. A resistência à erosão do concreto é aumentada sem ser necessário recorrer a concretos de elevada resistência à compressão. As fibras, que não podem ser substituídas por malhas contínuas, tecidos ou barras compridas, são de aço, de vidro, de polímeros orgânicos e cerâmicos e de outros materiais tais como sisal, algodão e amianto. No entanto, para a proteção de estruturas hidráulicas contra a ação da cavitação, empregam-se basicamente fibras de aço. As fibras de seção circular têm diâmetros compreendidos entre 0,25 e 0,75 mm. As de seção retangular, apresentam espessuras de 0,15 a 0,40 mm e larguras de 0,25 a 0,90 mm, sendo recomendado um parâmetro de forma (razão comprimento/diâmetro equivalente) menor que 100.

O concreto com fibras apresenta características mecânicas superiores à do concreto comum, chegando a sua resistência a cargas dinâmicas a ser superior em cerca de 10 vezes à deste último. O concreto com fibras mostrou-se eficiente na execução de juntas em soleiras de descarregadores onde o concreto comum foi erodido por ação da cavitação.

O concreto com fibras impregnado de polímeros é um outro tipo de concreto especial que apresenta elevada resistência à erosão e bom comportamento em zonas de grandes variações térmicas, segundo QUINTELA & RAMOS (1980).

I.5.d - Aeração

A presença de ar nas camadas inferiores dos escoamentos constitui-se em um meio efetivo de prevenção de dano de cavitação.

Desde a inspeção realizada após a operação do túnel vertedor da barragem Hoover, em 1941, que verificou o sério dano causado ao revestimento de concreto, já se admitia a possibilidade de empregar-se a aeração para prevenir a ocorrência da cavitação, conforme o trecho de relatório técnico do USBR (FRIZELL & MEFFORD, 1991): "... Como uma precaução adicional, o engenheiro-chefe de projeto, Sr. J. L. Savage, sugeriu que algum meio de introduzir ar no escoamento do vertedor fosse planejado na expectativa que o ar, primeiramente, atue como um elemento amortecedor entre o escoamento de alta velocidade e o revestimento do túnel e, em segundo lugar, que o mesmo ar ajude a aliviar qualquer pressão sub-atmosférica que venha a ocorrer ao longo da superfície da geratriz inferior do túnel."

Subsequentemente, a verificação qualitativa e quantitativa dos benefícios do ar arrastado em prevenir dano de cavitação foi apresentada por PETERKA (1953) a partir de resultados de ensaios de laboratório realizados em um equipamento de cavitação tipo Venturi. Utilizaram-se corpos de prova de concreto que foram

submetidos a escoamentos com velocidades superiores a 30 m/s, durante 2 horas consecutivas. Os ensaios mostram a eficácia da aeração em reduzir ou eliminar dano de cavitação sobre as superfícies sólidas do contorno dos corpos de prova. Os resultados dos ensaios são apresentados em forma de gráfico relacionando a perda de material (em Kg) com a concentração (em percentagem) de ar injetado no escoamento, conforme ilustrado na Figura I.3.

Experiências posteriores realizadas por RUSSEL & SHEEHAN⁶ apud PINTO (1979), em 1974 no Canadá, em que corpos de prova de concreto foram submetidos a velocidades da ordem de 46 m/s, em laboratório, confirmaram que os danos devidos à cavitação podiam ser muito reduzidos pela admissão de uma pequena quantidade de ar e que uma dosagem de 5% era suficiente para evitar qualquer erosão, o que está praticamente de acordo com o que se observa na Figura I.3.

Segundo PETERKA, todas as águas naturais contêm ar e impurezas em quantidade suficiente para permitir que a cavitação ocorra acima da pressão de vapor. É, portanto, importante distinguir o ar normalmente contido na água, que auxilia na formação de cavidades, daquele ar adicionado à água com o propósito de prevenir erosão de cavitação.

O papel que o ar arrastado desempenha na redução da erosão de cavitação não é completamente conhecido, mas aquele mesmo ar afeta a compressibilidade da mistura. A água pura pode ser considerada, na maioria dos problemas práticos, um fluido incompressível, porém, ela reduzirá seu volume em, aproximadamente, 1/20000 para um aumento de pressão igual a uma atmosfera. Se 0,1 por cento, em volume, de ar for adicionado à água, a compressibilidade da mistura passa a ser 10 vezes maior.

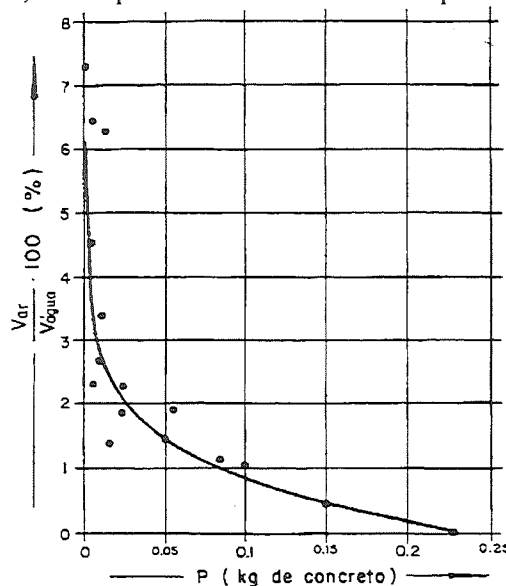


FIGURA I.3 - Perda de concreto (P) por efeito da cavitação em função da porcentagem de ar $\text{Var/Vágua} \cdot 100$ (%). (Fonte: PETERKA, 1953).

Aparentemente, segundo PINTO (1979), a ação do ar se dá sob formas distintas. Por um lado, o início do fenômeno de cavitação é retardado e, possivelmente, o abaixamento da pressão é limitado pelo ar que se libera na zona de

⁶ RUSSEL, S. O. and SHEEHAN, G. J. (1974). Effect of entrained air on cavitation damage. Canadian Journal of Civil Engineering, 1(1), p.97-107.

baixa pressão. Por outro, a pressão resultante do colapso das cavidades de vapor de água é reduzida pelo efeito amortecedor do gás não dissolvido. Ainda, na mistura água-ar a celeridade das ondas de choque é reduzida, e, conseqüentemente, é menor o impacto sobre o contorno sólido.

Também, dos ensaios de PETERKA, verificou-se que o número de cavitação aumentava linearmente com a percentagem de ar adicionado, indicando uma tendência de redução da possibilidade de ocorrência da cavitação. E, ainda, que o aumento da taxa de ar arrastado aumentava o número de cavitação devido ao aumento da pressão na região geradora de cavidades, isto é, a região de baixa pressão.

O ar pode ser introduzido nas camadas de fundo dos escoamentos por meio dos processos de aeração natural e artificial.

1.5.d.1 - Aeração natural

A aeração natural é o processo de aeração que ocorre nos escoamentos de alta velocidade a partir do ponto onde a camada limite turbulenta atinge a superfície livre. O escoamento adquire, então, condições de arrastar o ar que, pelo mecanismo da turbulência, é distribuído em profundidade.

Este mecanismo tem se mostrado particularmente eficiente em prevenir qualquer dano devido à cavitação mesmo em superfícies relativamente irregulares, quando as vazões específicas são inferiores a $10 \text{ m}^3/\text{s.m}$. Com o aumento da vazão unitária, ou seja, da profundidade da água, a turbulência gerada junto ao fundo necessita maior extensão ao longo do escoamento para se fazer sentir na superfície (quando a espessura da camada limite iguala-se à profundidade da lâmina d'água) e, correspondentemente, a aeração iniciada na superfície da água tem maior dificuldade de se fazer sentir próximo ao contorno sólido no fundo (PINTO, 1979).

Ao longo de quatro décadas, estudos sobre escoamentos auto-aerados têm sido desenvolvidos, visando elucidar os mecanismos do arraste, difusão, transporte e liberação de ar, bem como estabelecer relações entre escoamentos aerados e não-aerados. Esforços adicionais de pesquisa são necessários ainda para que se resolvam completamente estas questões.

Como mencionado anteriormente a respeito da prevenção da cavitação, a auto-aeração só é eficaz para as vazões específicas pequenas. No caso dos grandes vertedores descarregadores de cheias, porém, as altas velocidades de escoamento associadas às grandes descargas específicas conduzem à utilização de dispositivos que promovem a aeração artificial das camadas inferiores do escoamento, próximo aos pontos sujeitos à provável ação da cavitação.

1.5.d.2 - Aeração artificial

A aeração do escoamento nas calhas de vertedores e obras de descarga é uma alternativa mais prática e de menor custo do que uma especificação mais restritiva de acabamento das superfícies sujeitas à ação da cavitação. Parece inútil insistir em estabelecer-se um limite preciso para o seu uso. Segundo PINTO (1984), uma velocidade da ordem de 30 m/s e um número de cavitação de $0,25$ serão suficientes

para recomendar-se a aeração do escoamento. VOLKART & RUTSCHMANN⁷ apud KELLS & SMITH (1991) sugerem a aplicação da aeração artificial quando a velocidade de escoamento excede 25 m/s e as técnicas descritas anteriormente não são econômicas nem satisfatoriamente eficazes contra os efeitos danosos da cavitação.

Os aeradores mais simples e práticos constituem-se de rampas, degraus ou uma combinação destes instalados nas paredes e fundo das calhas e condutos das obras hidráulicas, como ilustrado na Figura I.4.

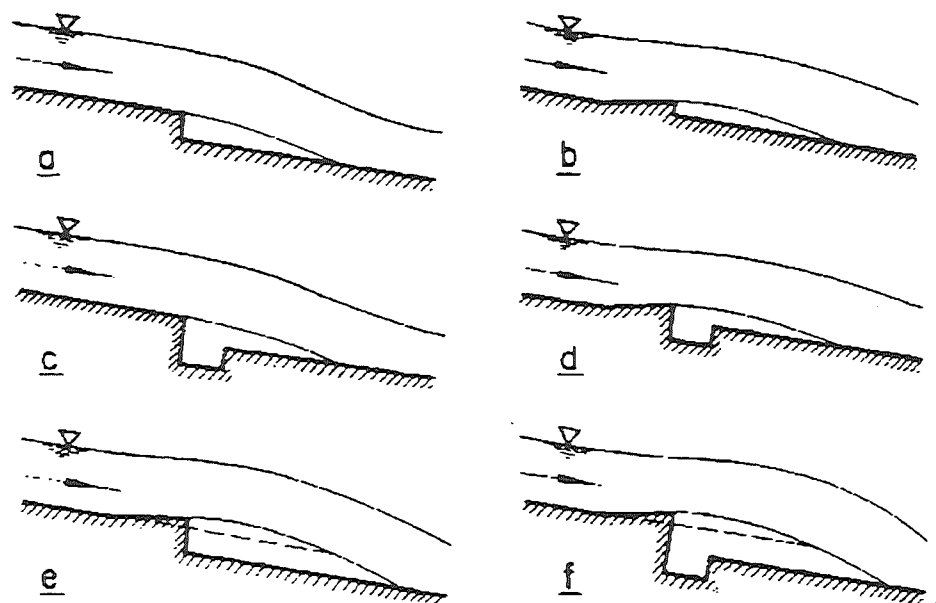


FIGURA I.4: Tipos de aeradores de vertedores (Fonte: PINTO et al., 1982)

Os sistemas de abastecimento de ar aos aeradores podem constituir-se de degraus ou rampas, dutos especiais, ranhuras nas paredes, recessos ou cunhas laterais (de acordo com as conveniências de cada projeto) e são apresentados, esquematicamente, na Figura I.5 (PINTO et al., 1982). O abastecimento de ar pode, inclusive, fazer-se diretamente das aberturas formadas na zona de separação a jusante dos pilares, dispensando a construção de torres e condutos especiais de suprimento de ar, como acontece no vertedor da barragem de Bratsk.

Esta alternativa de prevenir dano de cavitação parece ser apropriada. Segundo QUINTELA (1980), a aeração do escoamento é um procedimento de custo relativamente baixo, que elimina a necessidade para o tratamento cuidadoso de superfícies de concreto, a necessidade de usar concretos especiais e a preocupação referente ao desenvolvimento de defeitos na superfície com o passar do tempo.

⁷ VOLKART, P. U. and RUTSCHMANN, P. (1986). Aerators on spillway chutes: fundamentals and application. Proceedings of the Specialty Conference on Advancements in Aerodynamics, Fluid Mechanics, and Hydraulics, ASCE, Minneapolis, MN, June 3-6, p.162-177.

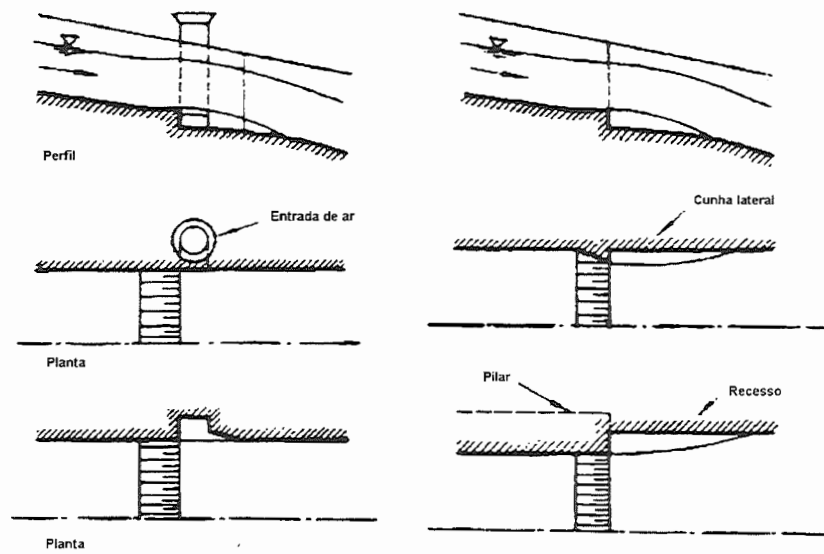


FIGURA I.5: Sistemas de abastecimento de ar (Fonte: PINTO et al., 1982)

CAPÍTULO II

ESTUDOS SOBRE OS DISPOSITIVOS AERADORES DE FUNDO

II.1 - Configuração do Escoamento

O escoamento sobre um vertedor extravasor, equipado com dispositivo(s) típico(s) de aeração de fundo, apresenta-se com a configuração geral indicada na Figura II.1, onde as principais grandezas envolvidas são:

q_a, q_w - vazões de ar arrastado e de água por unidade de largura do vertedor;

L - comprimento do jato de água;

Δp - diferença de pressão do ar nas regiões acima e abaixo do jato;

ρ_a, ρ_w - massas específicas do ar e da água;

μ - viscosidade dinâmica da água;

σ - coeficiente de tensão superficial da água;

V - velocidade média do escoamento a montante do aerador;

h - altura da lâmina d'água do escoamento de montante;

θ - ângulo da rampa para o plano do fundo do canal;

α - ângulo de inclinação do fundo do vertedor;

t - altura da rampa;

d - altura do degrau.

II.2 - Aplicação de Aeradores em Estruturas Hidráulicas

Apesar de seus efeitos favoráveis contra a cavitação serem conhecidos há muito tempo, aeração foi mencionada em um único parágrafo no Simpósio sobre Cavitação em Estruturas Hidráulicas - ASCE, realizado em 1945. A primeira aplicação da aeração aos escoamentos de alta velocidade em estruturas hidráulicas parece ter sido nos condutos de descarga da barragem de Grand Coulee (1959-1960). Em vertedores, citam-se os túneis vertedores de Yellowtail nos Estados Unidos e Sirikit, na Tailândia, e o vertedor da barragem de Bratsk, de 100 m de altura, na URSS, que datam de 1968-1969. As aplicações em descargas de fundo, nos Estados Unidos, são da mesma época.

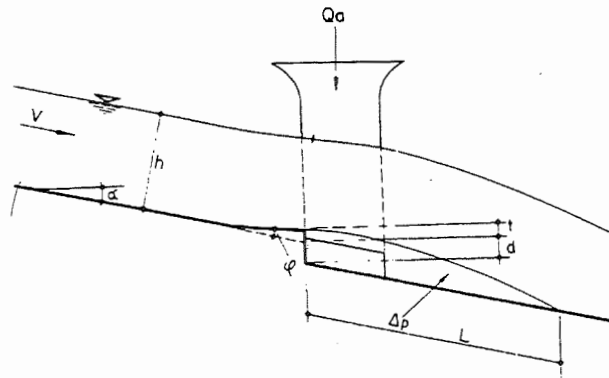


FIGURA II.1: Escoamento na vizinhança de um aerador (Fonte: PINTO, 1984).

Após a aplicação ao vertedor da barragem de Karun, em 1977-1978, no Irã, e experiências bem-sucedidas em vertedores grandes como Foz do Areia e Emborcação, no Brasil, e Guri, na Venezuela, e nas descargas de fundo em Tarbela, no Paquistão, os dispositivos de aeração provaram sua confiabilidade e eficiência em prevenir danos de cavitação. Exemplos mais recentes de vertedores aerados são: Colbun no Chile, Sayan e Ust-Illim na URSS, Revelstoke no Canadá, Ullum e Alicura na Argentina, San Roque nas Filipinas, King Talal na Jordânia, Uribante na Venezuela, Cañafisto na Colômbia, Segredo e Xingó no Brasil, entre outros (PINTO, 1984).

II.3 - Mecanismo de Arraste de Ar

A passagem do escoamento sobre o defletor ou rampa de um aerador cria um espaço sob a lâmina d'água onde a pressão é sub-atmosférica. Se um duto, ligado a este espaço, tiver a sua outra extremidade aberta para a atmosfera, o ar será succionado para aquela cavidade e, então, será arrastado pelo escoamento, através da interface água-ar AB, indicada na Figura II.2.

A presença da rampa causa uma alteração da distribuição de pressão na vizinhança do aerador, que, segundo PINTO (1984), apresenta-se como na Figura II.3.

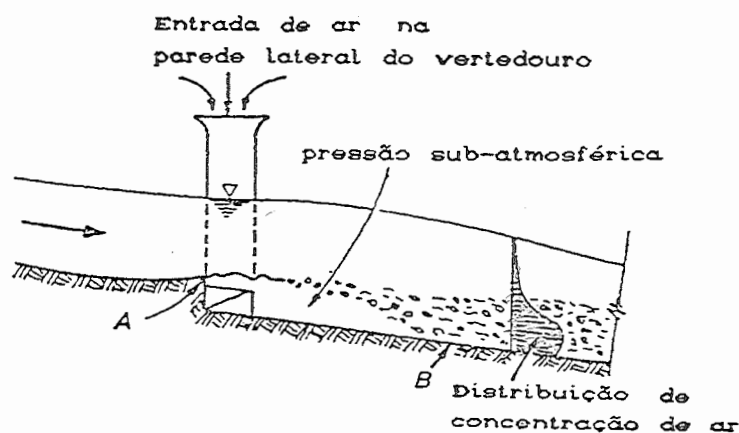


FIGURA II.2: Mecanismo de arraste de ar em um aerador de fundo (Fonte: WOOD, 1984).

A mudança brusca na distribuição de pressão gera e intensifica a turbulência do escoamento, uma vez que o consequente rearranjo do campo de velocidades resulta em efeitos de cisalhamento que se somam à ação da camada limite e são responsáveis pelo início da turbulência através de todo o escoamento. Os vórtices gerados, principalmente junto à extremidade da rampa, arrastam ar através da interface. Tais vórtices, segundo KOSCHITZKY & KOBUS (1988), dependem da queda brusca de pressão na extremidade da rampa, da mudança correspondente na distribuição de velocidade, das flutuações turbulentas no escoamento de aproximação e da perturbação da pressão a montante, devida à geometria da rampa. Segundo eles, ainda não está claro qual destes efeitos é predominante, mas investigações em modelo confirmam que o arraste de ar está relacionado ao comprimento da interface ar-água da cavidade, conforme previamente indicado por PINTO et al. (1982), que, para uma dada geometria do aerador, pode ser expresso pelo número de Froude do escoamento.

Quando a turbulência supera os efeitos de tensão superficial, a superfície da água é gradualmente rompida e o ar é arrastado pela formação de spray (borrifo) intenso tanto na parte inferior quanto na parte superior da lâmina. O arraste de ar da superfície superior, apesar de ser geralmente desprezado quando do projeto de dispositivos de aeração, é da mesma ordem de grandeza do arraste da superfície inferior da lâmina e pode tornar-se importante no projeto. O aumento de volume do escoamento e a dissipação de energia a jusante serão afetados pela quantidade de ar arrastado (PINTO, 1984).

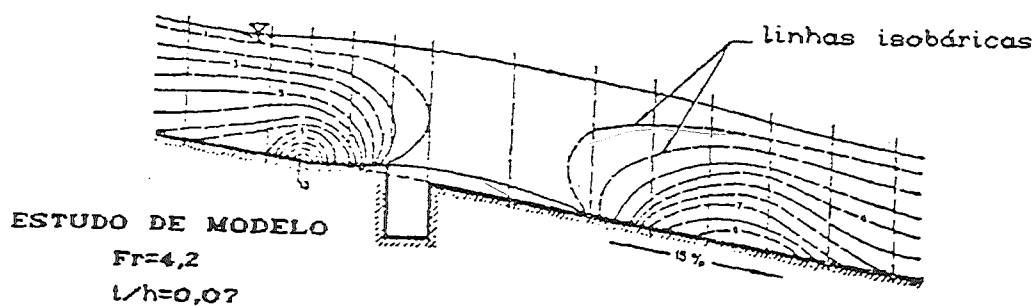


FIGURA II.3: Distribuição de pressão próximo a um aerador (Fonte: PINTO, 1984).

II.4 - Caracterização das Regiões do Escoamento nos Aeradores

O escoamento sobre os aeradores instalados em rampas de vertedores ou em túneis de obras de descarga compõe-se de quatro regiões principais, segundo VOLKART & RUTSCHMANN (1984), que são mostradas na Figura II.4:

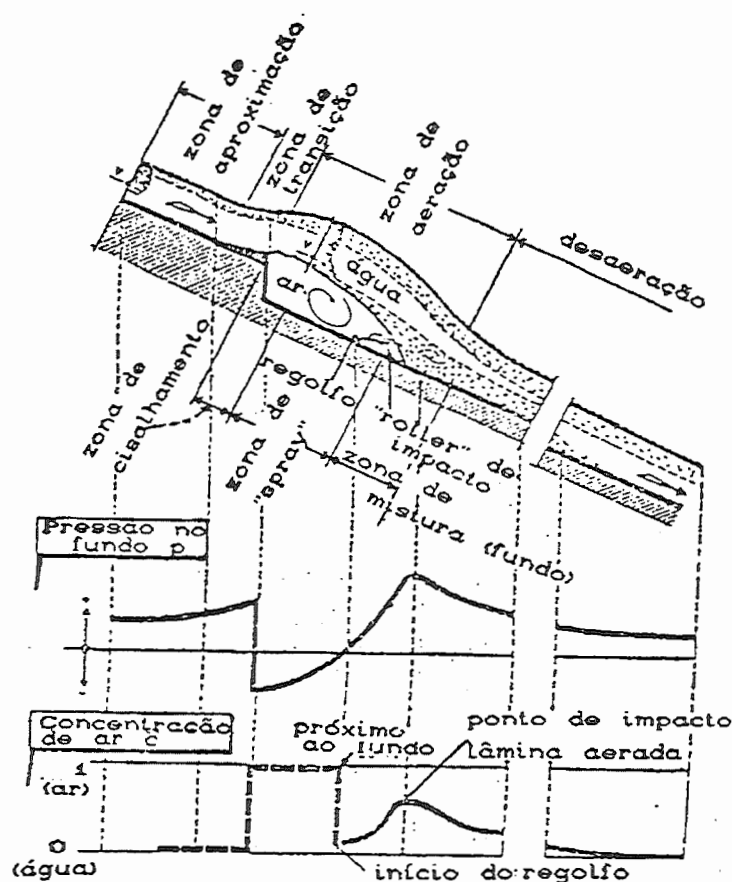


FIGURA II.4: Regiões do escoamento na vizinhança de um aerador (Fonte: VOLKART & RUTSCHMANN, 1984)

Região de aproximação:

É caracterizada pelos perfis de velocidade usuais e uma camada de superfície que pode conter bolhas de ar arrastadas no processo de auto-aeração da superfície livre;

Região de transição:

É definida pelo comprimento da rampa onde a distribuição de pressão não é mais hidrostática;

Região de aerção:

É a região em que ocorre a efetiva aerção do escoamento, compreendendo as sub-regiões ou zonas de cisalhamento, de spray e de mistura.

No início da zona de cisalhamento, não há mais tensão cisalhante agindo sobre as linhas de corrente inferiores e o fluido nesta região é acelerado. Este fato, juntamente com a condição de não-escorregamento, implica que ocorrerá movimento do ar sob a lâmina. O comprimento da zona de cisalhamento depende da geometria e estado de acabamento da superfície da rampa.

Na zona de spray, os efeitos de tensão superficial são superados e a interface ar-água transforma-se em um spray que tem uma alta eficiência em termos de arraste de ar.

A zona de mistura constitui-se no ponto de impacto da lâmina com o fundo da calha do vertedor. Neste ponto, a concentração de ar e a pressão no fundo, próximo ao escoamento, alcançam seus valores máximos.

Região de desaeração:

Nesta região, a distribuição de pressão volta a ser uma distribuição hidrostática, mas com um fluido de densidade variável, e o escoamento é similar ao de aeração natural. A mistura ar-água tende a uma condição de equilíbrio a jusante como um resultado da interação entre turbulência e gravidade. Esta região é a região do escoamento aerado gradualmente variado.

Na Figura II.4, indicam-se ainda, esquematicamente, os gráficos das pressões e concentrações de ar junto ao fundo da calha na vizinhança do aerador.

II.5 - Análise Dimensional do Fenômeno de Arraste de Ar

A configuração do escoamento sobre um degrau ou rampa de um aerador está apresentada na Figura I.1 juntamente com as grandezas envolvidas, que foram listadas subsequentemente à mesma. Uma vez que o fenômeno do arraste de ar em aeradores de vertedores envolve um grande número de variáveis e o seu tratamento analítico não é possível, o método da análise dimensional é muito útil. Combinado com medidas de protótipo e modelo ele permite que equações gerais sejam deduzidas independentemente do conhecimento completo de todos os processos físicos.

O fenômeno do arraste de ar em aeradores pode ser descrito pela seguinte relação funcional (RUTSCHMANN & VOLKART, 1988) e PINTO et al. (1982):

$$q_a = f(V, g, h, L, \Delta p, \rho_a, \rho_w, v, \sigma, \alpha, \theta, t, d, u') \quad (II.1)$$

onde u' representa as flutuações de velocidade e as demais grandezas já são conhecidas. Tendo em vista, porém, reduzir-se a complexidade do estudo, o fenômeno do escoamento bifásico em si é evitado e o problema é analisado como sendo próprio da hidráulica clássica.

Aplicando-se os procedimentos da análise dimensional, a seguinte relação entre parâmetros adimensionais pode ser escrita:

$$\frac{q_a}{q_w} = f' \left(\frac{V}{\sqrt{gh}}, \frac{VL}{v}, \frac{V}{\sqrt{\Delta p / \rho_w}}, \frac{V}{\sqrt{\sigma / \rho_w L}}, \frac{L}{h}, \frac{t}{h}, \frac{d}{h}, tg\theta, tg\alpha, T_u \right) \quad (II.2)$$

sendo que:

$$\begin{aligned}
q_a/q_w &= \beta && \text{- coeficiente de arraste de ar;} \\
V / \sqrt{gh} &= F_r && \text{- n° de Froude do escoamento de aproximação;} \\
VL/\nu &= R_e && \text{- n° de Reynolds; alternativamente, } R_e = Vh/\nu; \\
V / \sqrt{\sigma / \rho_w L} &= W_e && \text{- n° de Weber; alternativamente, } W_e = V / \sqrt{\sigma / \rho_w h}; \\
V / \sqrt{\Delta p / \rho_w} &= E_e && \text{- n° de "Euler"; alternativamente, } E'_e = \Delta p / \rho_w gh \\
&&& \text{(altura relativa de pressão);} \\
T_u &&& \text{- parâmetro de turbulência.}
\end{aligned}$$

Desde que satisfeitas certas condições, a relação acima pode ser simplificada. Parâmetros de menor importância ou os parâmetros geométricos, quando mantida a mesma geometria do vertedor e/ou do aerador, podem ser excluídos.

Uma descrição mais simples, que ainda proporciona resultados adequados, pode ser obtida omitindo-se os números de Reynolds e Weber e o parâmetro de turbulência. Investigações têm mostrado que a influência destes números adimensionais pode ser desprezada se eles excedem um certo limite. Segundo KOBUS (1984), estes limites são: $W_e = V / \sqrt{\sigma / \rho_w h} = 400$ e $R_e = Vh/\nu = 10^5$. Segundo PINTO et al. (1982), os efeitos de tensão superficial podem ser desprezados para $V / \sqrt{\sigma / \rho_w L} = W_e > 1000$.

Apesar de que a turbulência, representada pelo parâmetro T_u , afetará o problema, no presente não se sabe como prever este termo para a estrutura protótipo ou como quantificar o seu efeito. Indiretamente, porém, este termo é considerado através do número de Froude (flutuações de pressão correlacionam-se com o quadrado da velocidade de acordo com a equação de Kraichnan) e da geometria da rampa (RUTSCHMANN & VOLKART, 1988). Na modelagem física do arraste de ar a partir do critério de similitude de Froude, números de Reynolds menores levam à constatação da ocorrência de subcamadas laminares mais espessas nos modelos do que nos protótipos para o mesmo coeficiente de resistência.

O amortecimento da turbulência próximo à parede, que retarda a ruptura da superfície da água ao longo do salto, pode ser significativamente mais importante no modelo se, como na maioria dos casos, o regime de escoamento não for completamente rugoso. Para minimizar este efeito, o modelo pode ter de ser construído relativamente mais rugoso do que o protótipo (PINTO, 1984). Segundo PAN & SHAO (1984), contanto que $R_e > R_{eL} = 3,5 \times 10^6$ nenhum efeito de escala relativo à lei de similitude de Froude deve ser esperado e nenhum critério adicional em relação à tensão superficial precisa ser satisfeito. O número de Reynolds neste caso sendo dado por $R_e = VL/\nu$.

O número de Weber é proporcional à razão de forças inerciais para as de tensão superficial. Para estruturas de turbulência similares, ele mede também a razão entre a energia cinética dos turbilhões e a energia superficial, que deve ser vencida para que gotas de água sejam arremessadas para fora da massa líquida. Para existir similaridade no mecanismo de ruptura da superfície da água, o número de Weber deve ser suficientemente grande de modo que a influência da tensão superficial torne-se desprezível.

O número de Froude F_r define as características do escoamento principal em que os efeitos de forças inerciais e gravitacionais estão presentes.

O parâmetro $E_e = V / \sqrt{\Delta p / \rho_w}$ pode ser considerado como uma razão entre forças inerciais e de pressão. Juntamente com o número de Froude, define a geometria do jato de água. Apesar de ser similar em estrutura a um número de Euler, o parâmetro E_e relaciona a inércia da água a uma diferença de pressão que não é responsável pela velocidade da mesma. Realmente, esta diferença de pressão está diretamente relacionada à vazão de ar arrastado. Um dispositivo aerador pode ser comparado a um orifício em que a descarga de ar é proporcional à raiz quadrada da queda de pressão ($q_a = K\sqrt{\Delta p}$).

II.6 - Expressões para o Coeficiente de Arraste

O estudo do arraste de ar em aeradores de vertedores é relativamente recente. PAN et SHAO (1980) e PINTO et al. (1982) foram os primeiros a apresentar uma análise bem fundamentada para o coeficiente de arraste de ar $\beta = Q_a/Q_w$.

O coeficiente de arraste de ar β está linearmente relacionado ao comprimento relativo do jato $\lambda = L/h$ (PINTO et al., 1982), como:

$$\beta = \frac{q_a}{q_w} = K \left(\frac{L}{h} \right) \quad (II.3)$$

ou

$$q_a = KVL \quad (II.4)$$

uma vez que

$$q_w = Vh \quad (II.5)$$

sendo que K foi obtido de testes do vertedor protótipo da barragem de Foz do Areia, assumindo valores médios de 0,033 e 0,023 para suprimento de ar simétrico e assimétrico, respectivamente, através das torres de entrada de ar laterais.

Em 1983, PINTO & NEIDERT, utilizando um modelo seccional do vertedor de Foz do Areia, na escala 1:8, verificaram que K é função de outros parâmetros, resultando a relação:

$$K = f[F_r, E_e, (t+d)/h] \quad (II.6)$$

Para o mesmo aerador e uma faixa limitada de descargas de água, como normalmente ocorre nos vertedores extravasores de barragens, K pode ser tomado como constante para propósitos práticos.

RUTSCHMANN (1988) obtêve a taxa de arraste de ar β linearmente dependente do comprimento relativo do jato $\lambda = L/h$, conforme a equação:

$$\beta = 0,0372(\lambda - 7,15) \quad (II.7)$$

para $\Delta p = 0$. Esta equação foi recomendada para inclinações do vertedor variando entre 20 e 250%, inclinações da rampa entre 5 e 20% e alturas do degrau até 4 vezes a altura da rampa para o comprimento relativo do jato menor do que 50. RUTSCHMANN posteriormente verificou que uma rampa íngreme sem degrau funciona bem para qualquer subpressão; uma rampa suave pode ser mais eficiente em subpressões grandes, mas o aerador pode então ficar submerso e um degrau melhora o desempenho de um aerador apenas para subpressões pequenas (RUTSCHMANN & HAGER, 1990).

KOSCHITZKY e KOBUS (1988) trabalharam com a seguinte relação funcional para avaliar a taxa de arraste de ar específica:

$$\beta = \frac{q_a}{q_w} = f\left(F_r, \Delta p / \rho_w gh, \text{geometria.do.aerador}\right) \quad (II.8)$$

Eles propuseram a expressão empírica geral, escrita como:

$$\beta = C_1 (F_r - F_{rc})^{C_3} \left[1 - C_2 (\Delta p / \rho_w gh) \right] \quad (II.9)$$

onde F_{rc} é um número de Froude crítico em que $\beta = 0$ para uma dada geometria; $C_3 = 1,5$ e C_1 e C_2 são coeficientes que dependem das geometrias do aerador e do vertedor. Ensaando duas configurações geométricas típicas para aeradores, que se aplicam a vertedores íngremes e a vertedores ou túneis de pequena inclinação, como mostrado na Figura II.5, e utilizando os dados de outros autores (TAN-1984, KOSCHITZKY-1987 e RUTSCHMANN-1988), determinaram os coeficientes da Eq. II.9, que estão apresentados na Figura II.6 com as correspondentes faixas dos parâmetros levantados. Verifica-se que os parâmetros têm faixas de variação relativamente amplas, tais como: $F_{rc} = 3,5 \pm 1,0$; $0,02 \leq C_1 \leq 0,10$ ($\pm 0,01$) e $0 \leq C_2 \leq 5$.

RUTSCHMANN & HAGER (1990) investigaram a relação funcional para a taxa de arraste de ar do aerador dada por

$$\beta = f\left(F_r, E_e, \alpha, \theta, \frac{t}{h}, \frac{d}{h}\right) \quad (II.10)$$

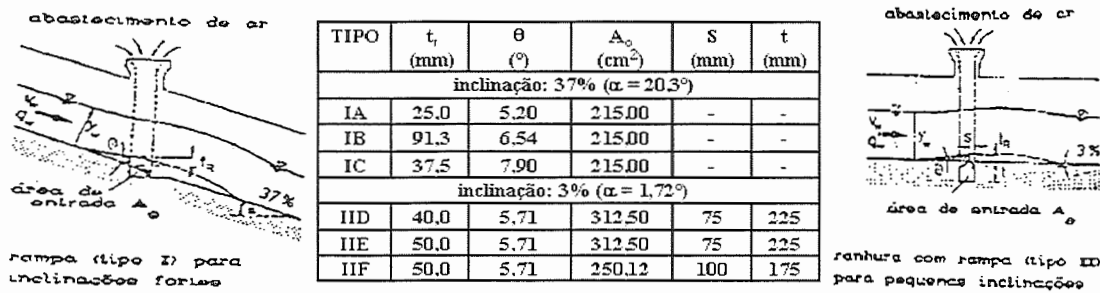


FIGURA II.5: Configurações geométricas típicas ensaiadas (Fonte: KOSCHITZKY & KOBUS, 1988).

admitindo que os números de Reynolds e Weber são maiores que os correspondentes valores limites e que o efeito do parâmetro de turbulência T_u era desprezível. Sendo assim, os seus resultados não se aplicam a modelos de escala pequena, devido aos efeitos de escala que se manifestam nos mesmos.

As influências dos diversos parâmetros presentes na Eq. II.10 foram analisadas independentemente e a seguinte expressão geral para a taxa de arraste de ar máxima, $\beta_{máx}$, correspondente a $\Delta p = 0$, foi obtida:

$$\beta_{máx} = (tg\theta)^{1.15} (F_r - 5.4)^{\varepsilon} \exp[(1.15.tg\alpha)^2] \quad (II.11)$$

onde ε é uma função das geometrias do aerador e do vertedor. O que é importante nesta equação é a inclusão dos vários parâmetros envolvidos no fenômeno. A confirmação do aspecto geral da Eq. II.11 depende de investigação adicional do efeito de α e θ no processo de arraste e a correspondente natureza do expoente ε .

Para uma diferença de pressão $\Delta p \neq 0$ entre a atmosfera e a cavidade sob a lâmina, RUTSCHMANN & HAGER (1990) propuseram para a taxa de arraste de ar a expressão:

$$\frac{\beta}{\beta_{máx}} = \left[\frac{2}{\pi} \arctg(3 \times 10^{-3} \Delta E) \right]^{\zeta} \quad (II.12)$$

em que $\zeta = 0.7$ para o escoamento desenvolvido no aerador, correspondente a um comprimento de entrada no canal satisfatoriamente grande para que um escoamento aproximadamente uniforme ocorra; $\Delta E = E - E_{min}$, sendo que

$$E = \rho_w V^2 / \Delta p \quad (II.13)$$

e E_{min} é o valor de E para $\beta = 0$.

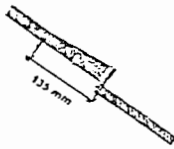
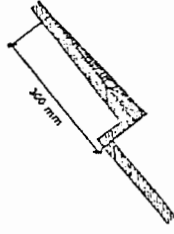
Função arraste de ar específico $\beta = C_1 (Fr - Fr_{crit})^{1,5} \left(1 - C_2 \frac{\Delta p}{\rho_w g h} \right)$							
Tipo de Aerador	α (°)	θ (°)	Configuração	C_1	C_2	Fr_{crit}	Dados de
rampa tipo IA, IB, IC	20,3	5,2 a 7,9		0,022 $\pm 0,002$	0,03 $\pm 0,002$	3,5 $\pm 0,007$	Koschitzky (1987)
ranhura com rampa tipo IID, IIE, IIF	1,71	5,71		0,02 $\pm 0,005$	1,25 $\pm 0,25$	3,7 $\pm 0,2$	Koschitzky (1987)
rampa	14,5	7,1		0,04 $\pm 0,015$	1,05 $\pm 0,02$	3,0 $\pm 0,05$	Tan (1984)
série 1 1A 1D rampa 1E	34,52	4,0 a 7,6		0,035 $\pm 0,01$	1,05 $\pm 0,15$	4,0	Rutschmann (1988)
1B rampa/ 1C degrau	34,52	5,71		0,045 $\pm 0,005$	2,25 $\pm 0,15$	4,0	
série 2 2A 2B rampa 2C degrau	51,34	7,41		0,01 $\pm 0,04$	5,00 $\pm 1,00$	3,0 $\pm 1,0$	Rutschmann (1988)
2D 2E rampa 2F degrau	51,34	5,71		0,075 $\pm 0,015$	3,60 $\pm 0,7$	3,0	
2G 2H rampa 2I degrau	51,34	4,38		0,056 $\pm 0,005$	2,65 $\pm 0,45$	2,5	

FIGURA II.6: Coeficientes da Eq.II.9 segundo KOSCHITZKY & KOBUS (1988).

RUTSCHMANN & HAGER (1990) propuseram ainda expressões do tipo $\beta_{max} = \beta_{max}(\lambda_j)$ ou $\beta_{max} = \beta_{max}(L_j/h)$, conforme previamente sugerido por PINTO et al. (1982) - Eq. II.3, avaliando o comprimento relativo do jato λ_j de expressões propostas pelos mesmos pesquisadores, deduzidas a partir da análise unidimensional simplificada de SCHWARTZ & NUTT (1963), como

$$\beta_{max} = 0,030(\lambda_j - 5) \quad (II.14)$$

para $\lambda_j > 7$ e escoamento desenvolvido no aerador, e,

$$\beta_{max} = 0,030\lambda_j \quad (II.15)$$

para $F_r > 6$ e escoamento não-desenvolvido de aerador, cuja diferença deve ser causada pelo fato de a camada limite dos escoamentos de aproximação encontrar-se em estágios diferentes de desenvolvimento nos dois casos.

II.7 - Influência do Nível de Turbulência do Escoamento de Aproximação

Como já mencionado, a presença da subcamada laminar e a sua maior espessura, comparada à de obras similares maiores, inibe a ação da turbulência, que é responsável pela ruptura da interface ar-água e pela formação do spray que, por sua vez, é o principal agente do efeito de intenso arraste de ar pelo escoamento.

A quebra ou ruptura da subcamada laminar pelo aumento artificial da rugosidade do fundo melhora a eficiência do aerador como é mostrado por PINTO (1984). Aumentando a rugosidade do modelo de PVC com areia colada ao fundo e, também, fixando pequenas palhetas retangulares de 0,85 x 1,00 cm, ficou comprovado o melhor desempenho do aerador com rampa rugosa, cujas taxas de arraste de ar cresceram no sentido de aproximarem-se das correspondentes taxas do protótipo, como mostra a Figura II.7.

A eficiência em melhorar o desempenho do aerador pelo aumento da intensidade da turbulência do escoamento de aproximação foi também comprovada a partir de ensaios de modelos, realizados por KOSCHITZKY (1987). Segundo citação de KOSCHITZKY & KOBUS (1988), a rugosidade superficial da rampa do aerador foi marcadamente aumentada, observando-se aumentos da taxa de arraste de ar entre 20 e 30%.

II.8 - Influência das Condições do Escoamento de Montante

Tem-se, até agora, procurado conhecer os mecanismos de arraste de ar em um aerador de fundo com o objetivo de se definirem critérios para o projeto bem-fundamentado de aeradores de vertedres e obras de descarga.

Segundo SEMENKOV & LENTJAEV (1973), em citação de PINTO et al. (1982) e KUDRIASHOV et al. (1983), o decaimento da concentração média de ar no escoamento ao longo do vertedor Bratsk (URSS) é de 0,5% por metro de comprimento da calha e, em uma camada de 1 cm de espessura junto ao fundo, a perda de ar é de 1,5 a 2,0 vezes maior.

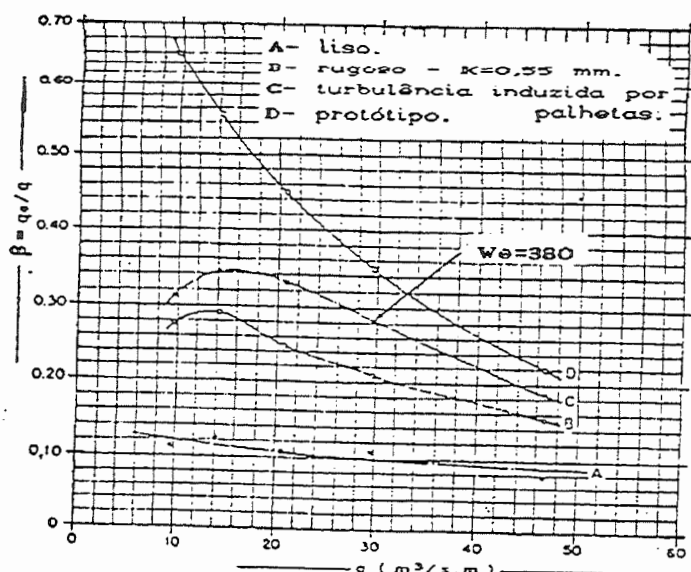


FIGURA II.7: Influência da rugosidade da rampa no coeficiente de arraste do modelo (Fonte: PINTO, 1984).

O comprimento do trecho de desaeração do escoamento depende da inclinação da calha do vertedor e da velocidade de escoamento. A inclinação da face do vertedor Bratsk é de 1H:0,8V. No túnel vertedor Nurek (URSS), de inclinação média de 1:0,3, sete aeradores foram espaçados a cada 20m e uma aeração excessiva foi observada. Em Foz do Areia (Brasil), de inclinação de 1:0,26, três aeradores foram espaçados de 72 e 90m, respectivamente, com operação aparentemente adequada. No vertedor de Emborcação (Brasil), de inclinação de 1:0,18, dois aeradores foram instalados a 103m um do outro. No vertedor Guri (Venezuela), em diferentes fases de alteamento da barragem, os espaçamentos entre aeradores variaram de 5 a 150m. Inclinações fortes e efeitos centrífugos, em curvas côncavas, correspondem a velocidades mais altas de elevação de bolhas de ar, impondo a instalação de aeradores a distâncias menores.

Não há, até o momento, meios de prever-se o comportamento de aeradores sujeitos a escoamentos de aproximação perturbados por outros aeradores a montante.

Deve-se ter em mente, no entanto, as seguintes observações sugeridas por KOSCHITZKY et al. (1984):

- cada aerador age como um gerador de perturbação e turbulência locais, causando perda de energia local e redução do número de Froude do escoamento de jusante;
- cada aerador tem a sua taxa de arraste de ar individual, que altera as características do escoamento subsequente;
- a perturbação local pelos aeradores parece ser alta o bastante para iniciar a auto-aeração da superfície livre imediatamente na vizinhança do primeiro aerador. Este mecanismo de auto-aeração é importante porque ele impõe um decaimento menor da concentração de ar no fundo do vertedor, reduzindo a necessidade de um número maior de aeradores instalados em série.

II.9 - Objetivos da Pesquisa

Tendo em vista a importância dos dispositivos aeradores no projeto de vertedores extravasores, instalados em barragens de grandes sistemas de aproveitamento de recursos hídricos em todo o mundo nos últimos 30 a 35 anos, o fato que não se conhecem perfeitamente os mecanismos do arraste de ar nos mesmos e que dados sobre o desempenho de diversas geometrias são escassos ou inexistentes, propõe-se realizar um trabalho experimental de pesquisa em que os seguintes objetivos são almejados:

- construção e ensaio de uma bancada experimental para avaliação do desempenho de aeradores típicos em função dos parâmetros envolvidos no fenômeno do arraste de ar;
- análise comparativa dos resultados obtidos com os levantamentos experimentais de laboratório e de campo disponíveis;
- proposição de expressões empíricas que propiciem a avaliação adequada do desempenho das diversas geometrias empregadas;
- análise da influência da rugosidade da rampa, artificialmente aumentada, sobre o coeficiente de arraste do aerador típico;
- análise da influência do escoamento aerado de montante sobre o desempenho do aerador.

CAPÍTULO III

CONSTRUÇÃO DA BANCADA EXPERIMENTAL

III.1 - O Circuito Hidráulico

Aproveitando a infraestrutura existente, a bancada experimental proposta foi instalada no Laboratório de Hidráulica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada - CRHEA, localizado junto à Represa do Lobo, Município de São Carlos.

A água que alimenta a bancada é bombeada do Ribeirão do Lobo por um conjunto elevatório, constituído por bomba KSB do Brasil, do tipo semi-axial, e motor elétrico de 125 cv da marca Búfalo, para uma torre de 9,5m de altura e 2,70m de diâmetro, através de uma tubulação de 30m de comprimento e 250mm de diâmetro à vazão máxima de 250l/s.

Desta torre, que foi utilizada como reservatório de nível constante, a água escoava através da tubulação de alimentação, constituída por dois trechos de seção circular de 5,4m e 300mm e 7,0m e 250mm e um trecho de seção retangular de 250mm x 200mm, passando, então, por uma peça de transição e comporta de altura regulável até à canaleta em acrílico, principal componente da bancada.

Da canaleta em acrílico, onde ocorre o escoamento de alta velocidade e promove-se a aeração artificial, a água passa por elementos dissipadores de energia na canaleta interna, vertedor e canaleta externa de descarga para, então, retornar ao Ribeirão.

III.2 - Adequação do Espaço Físico

Para a implantação da bancada experimental relativa ao estudo do escoamento de alta velocidade tornou-se necessária a demolição do canal em concreto, apresentado nas Fotos III.1 e III.2, que dividia o espaço interno do Laboratório de Hidráulica e que mantinha-o permanentemente aberto.

Posteriormente, conseguiu-se também o apoio da Diretoria da Escola de Engenharia (EESC-USP) para a realização das obras de vedação e pintura interna do galpão.



FOTO III.1: Vista externa do Laboratório - fechamento do prédio.

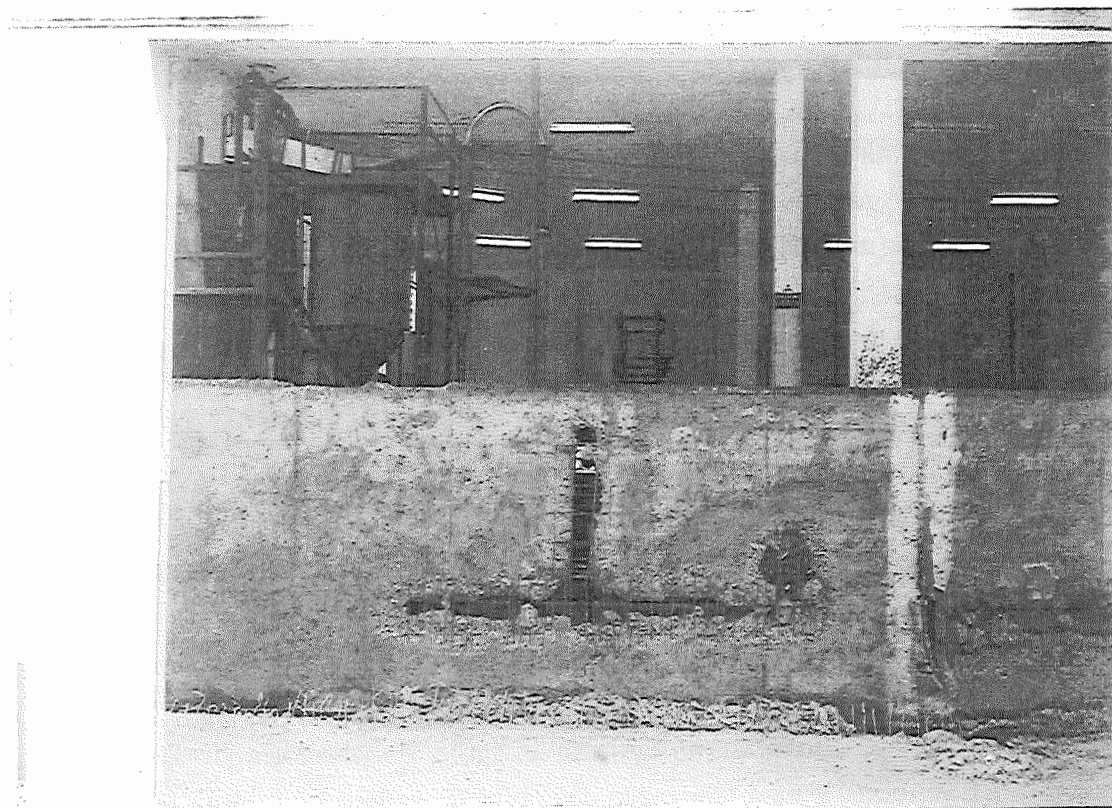


FOTO III.2: Vista interna do Laboratório - início da demolição do canal.

III.3 - Descrição da Bancada Experimental

O esquema geral da bancada está apresentado na Figura III.1 (Esquema 01 - ANEXO 1). Esta bancada de ensaios compõe-se principalmente de uma canaleta em acrílico de seção retangular de 200mm de largura por 360mm de altura útil e 5,0m de comprimento, em que rampas de lançamento do jato (9 peças) juntamente com a câmara de abastecimento de ar e degraus no fundo da calha (2 alturas) podem ser instalados. A canaleta está montada sobre uma estrutura metálica dotada de um eixo com mancais que permite a variação de sua inclinação de 3° a 50°, aproximadamente.

A largura de 200mm adotada para a canaleta está relacionada à limitação de vazão do sistema de bombeamento e, como verificado por VOLKART & CHERVET (1983), é suficientemente grande para desconsiderar-se o efeito das paredes sobre o fenômeno.

III.4 - Montagem da Bancada e Componentes

Praticamente, todos os serviços técnicos de execução de componentes da bancada experimental, bem como a montagem e manutenção de equipamentos utilizados foram realizados nas oficinas e por pessoal da própria Escola, destacando-se:

Oficina Mecânica Central:

Estrutura metálica e canaleta em acrílico; peças e acessórios em acrílico; tubulações de chapa dobrada de seções retangular e circular com flanges; e micrométricos.

Oficina de Eletrônica (Depto. de Hidráulica e Saneamento):

Dispositivos eletro-eletrônicos - cronômetro e indicador de nível;

Oficina de Apoio - CRHEA:

Montagens da bancada e componentes; serviços de reforma e manutenção de equipamentos e instrumentos de medida; e plataforma de trabalho.

Seção de Manutenção de Redes:

Duplicação da rede de alimentação; serviços de manutenção elétrica de motores; instalação de chaves de proteção; e revisão de circuitos elétricos.

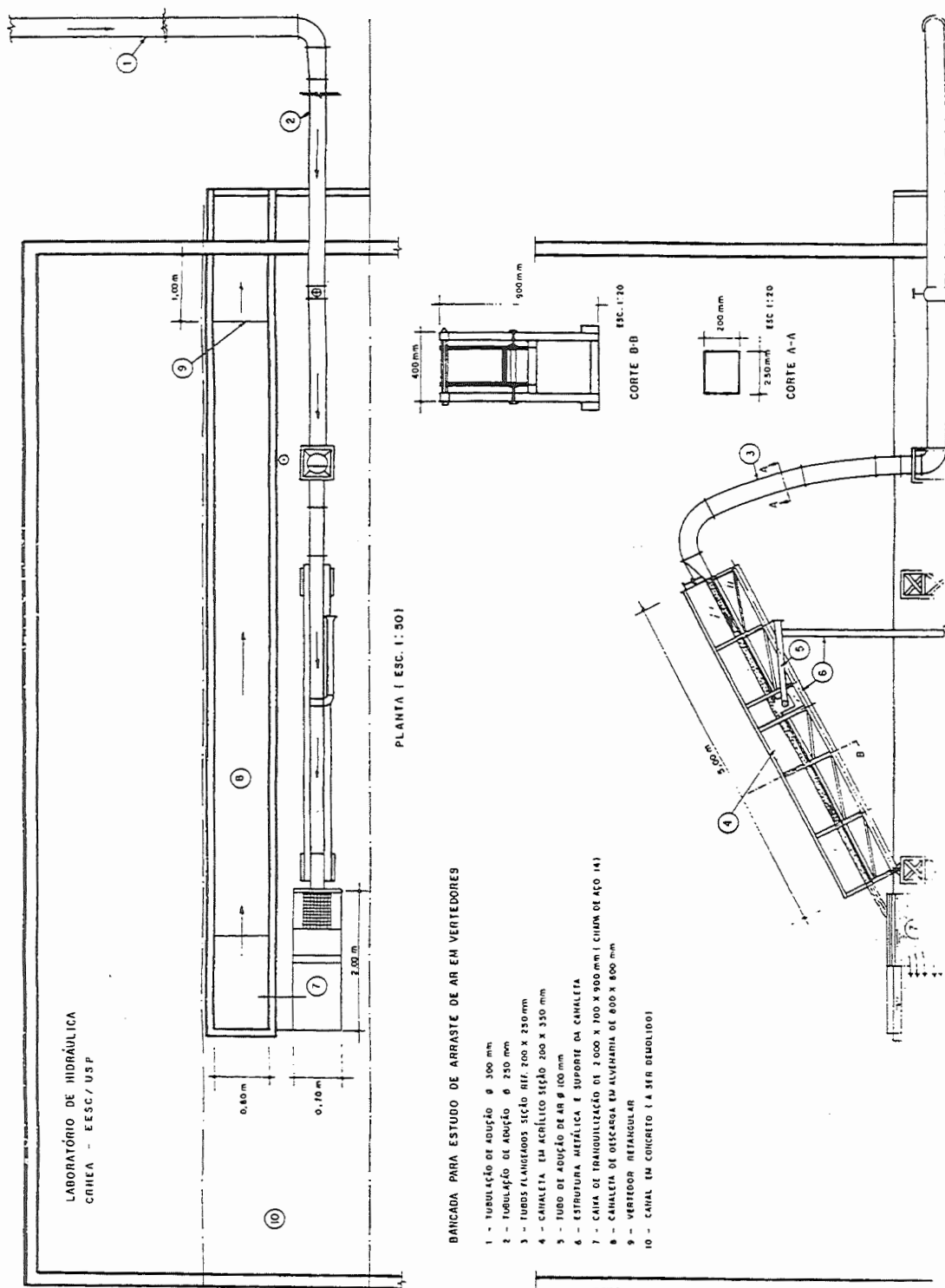


FIGURA III.1: Esquema geral da bancada.

Os principais componentes do circuito e da bancada propriamente dita (Figura III.1 e Esquemas 01 a 10, apresentados no ANEXO 1) são:

- conjunto motobomba de alimentação do modelo;
- reservatório de nível constante do Laboratório;
- tubulação de alimentação do modelo;
- estrutura metálica da canaleta em acrílico;
- canaleta em acrílico;
- caixa de tranquilização e elementos de dissipação de energia do escoamento;
- canaleta de descarga do modelo;
- vertedor retangular;
- canaleta de descarga externa;
- reservatório de referência;
- reservatório de medida;
- carrinho para suporte de equipamentos de medida;
- plataforma de trabalho;
- compressor de ar;
- medidores de velocidade;
- dispositivos eletrônicos;
- rede de energia de baixa voltagem;
- tomadas de pressão e quadro de piezômetros;
- sistema auxiliar para alteração da inclinação da canaleta.

III.4.1 - Conjunto motobomba de alimentação do modelo

O conjunto motobomba existente, constituído por motor de marca Búfalo de 125cv e bomba KSB Modelo SPK 300-30, está abrigado em casa de bomba própria, situada junto à margem esquerda do Ribeirão do Lobo, nas proximidades do Laboratório de Hidráulica do CRHEA. Para o seu adequado funcionamento, o conjunto foi submetido a serviço de manutenção amplo. O serviço de manutenção consistiu na remoção, limpeza geral e envernizamento da fiação do induzido e foi realizado pelo pessoal de manutenção elétrica de motores da Oficina Central da EESC-USP. A chave compensadora de partida do conjunto foi inteiramente reformada por firma de São Carlos e uma chave seccionadora foi instalada pelo pessoal de manutenção de redes da EESC junto a esta para efeito de segurança e necessidade de possíveis reparos. O interior da casa de bomba é visto na Foto III.3.

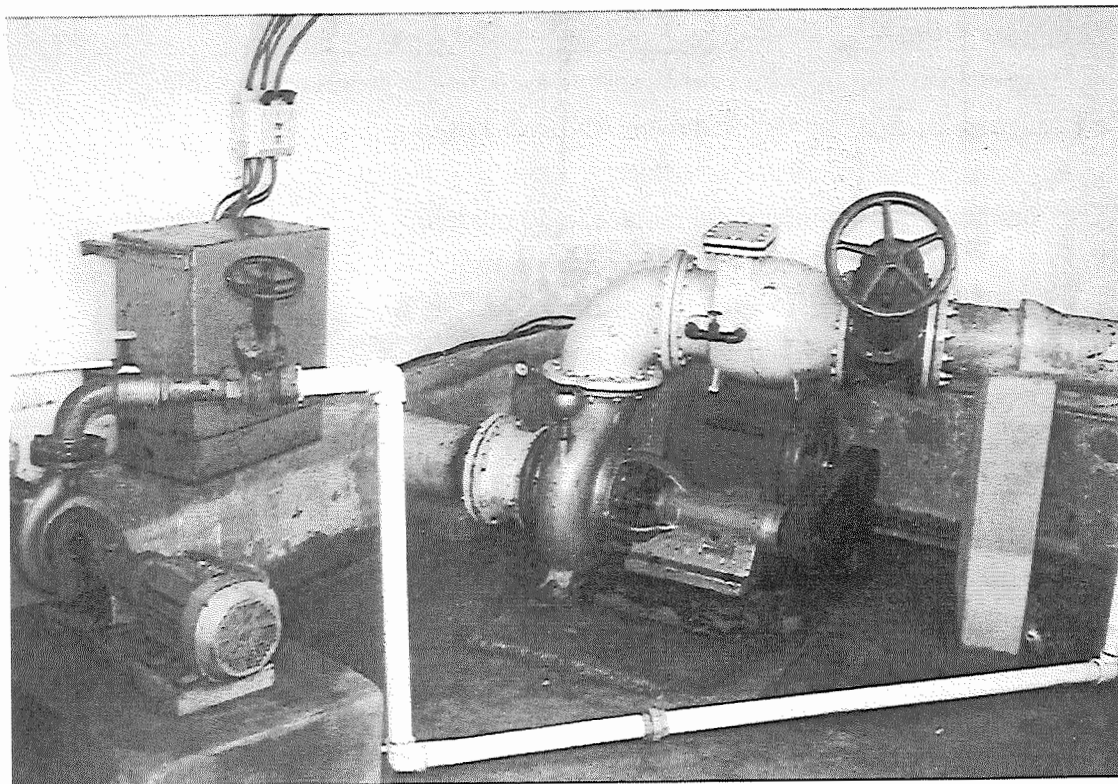


FOTO III.3: Interior da casa de bomba.

III.4.2 - Reservatório de nível constante do Laboratório

O conjunto motobomba de alimentação do modelo recalca a água do Ribeirão do Lobo para o reservatório de nível constante do Laboratório, construído em concreto com 2,70m de diâmetro e 9,5m de altura. A revisão no sistema de fixação da coluna de tubos de 200mm de diâmetro do ladrão interno, bem como uma operação de limpeza completa do reservatório foram realizadas anteriormente ao início do levantamento de dados.

III.4.3 - Tubulação de alimentação do modelo

Para a alimentação do modelo, projetou-se uma tubulação constituída por tubos metálicos, de chapas de aço de espessura igual a 1/8" e com flanges de chapa de 1/2" de seções diferentes. Dos três tipos de seção adotados, dois trechos têm seção circular, com $\phi 300$ e 250mm, de 5,40 e 7,00m de comprimento, respectivamente, e um trecho de seção retangular de 250 x 200mm com aproximadamente 5,30m de comprimento e 5 elementos, conforme Esquemas 01, 02 e 03 do ANEXO 1. Estes tubos foram construídos na Oficina Central e foram pintados na Oficina de Apoio dos Laboratórios do CRHEA. Na Foto III.4, apresenta-se um detalhe da montagem destes tubos na derivação de saída do reservatório de nível constante.

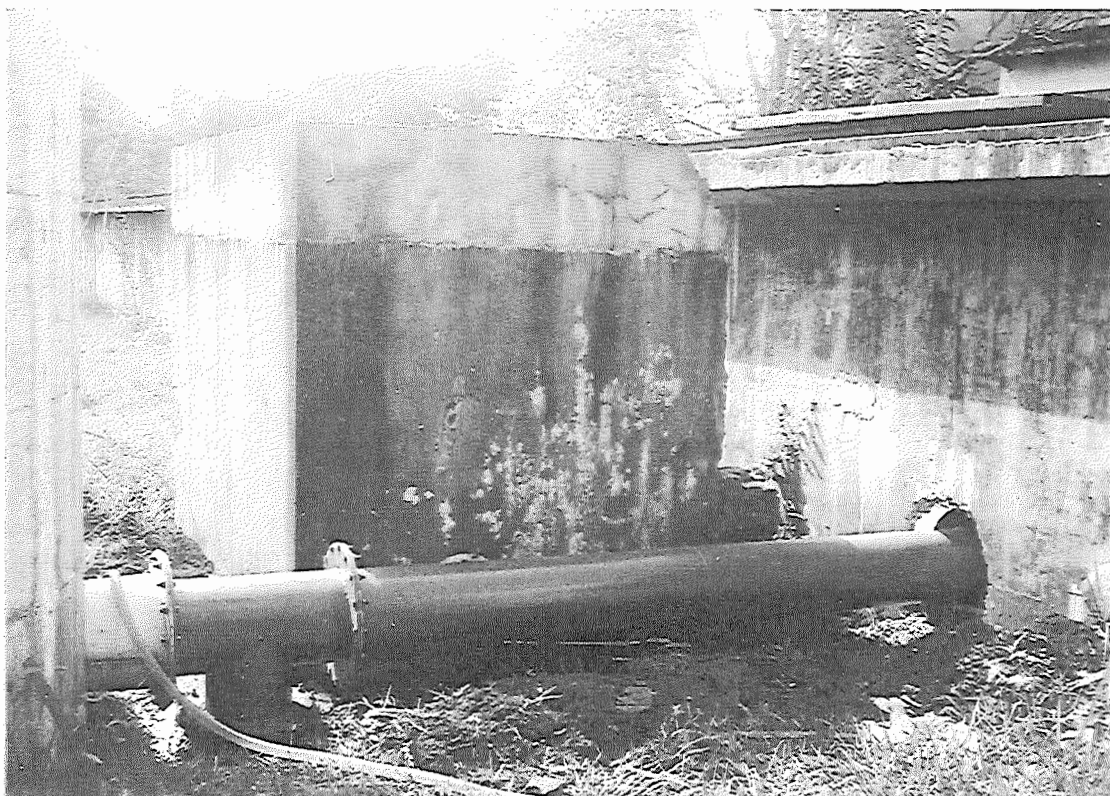


FOTO III.4: Detalhe da montagem da tubulação de alimentação do modelo.

III.4.4 - Estrutura metálica da canaleta em acrílico

A estrutura metálica de suporte da canaleta em acrílico é constituída de tubos industriais soldados, conforme Esquemas 01, 04 e 05 do ANEXO 1. Esta estrutura foi montada na Oficina Central e um registro de sua montagem está apresentado na Foto III.5. Nesta fotografia, observam-se as placas de acrílico posicionadas para o início da montagem da canaleta.

Para a inclinação da canaleta, a ela adaptaram-se mancais e pontos de fixação de correntes, que propiciam a elevação do conjunto por meio de talha a ser presa na estrutura mostrada na Foto III.6.

III.4.5 - Canaleta em acrílico

O principal componente da bancada é a canaleta constituída de chapas de acrílico com espessuras de 12,7mm nas laterais e 20,0mm no fundo, de seção transversal de 200x500 mm² (360mm de altura útil) e 5,0m de comprimento, conforme Esquemas 01 e 05 do ANEXO 1.

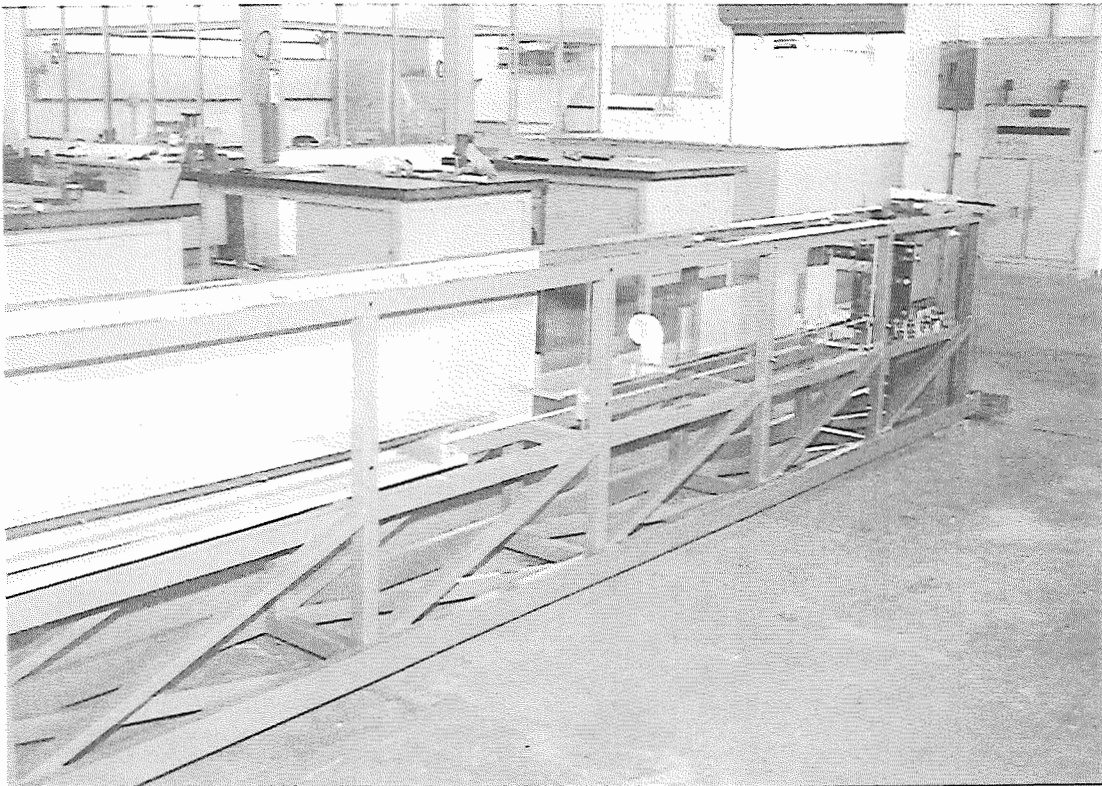


FOTO III.5: Vista da estrutura metálica pintada

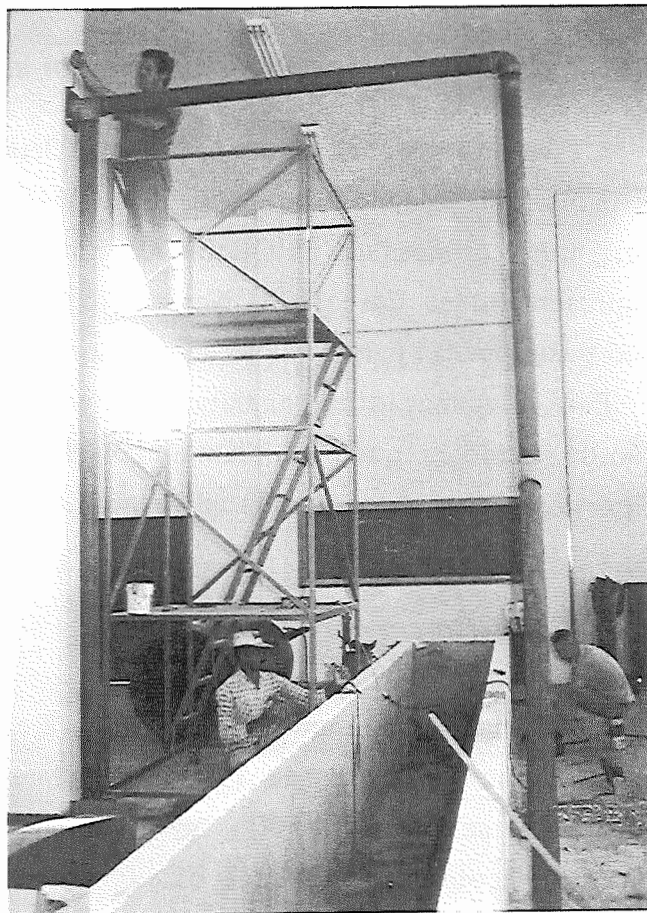


FOTO III.6: Estrutura para suporte da talha.

Com base em cálculos das perdas de carga em tubos e acessórios e adotando-se valores médios para os coeficientes de perda de carga localizada, as condições experimentais, indicadas no Quadro III.1, foram previstas (Bibliografia Consultada: Manuais de Hidráulica e Hidráulica de Canais):

QUADRO III.1: Condições de ensaio esperadas.

Inclinação da Canaleta $\alpha(^{\circ})$	Vazão de Ensaio $Q_a(m^3/s)$	Lâmina d'Água $h(m)$	Número de Froude do Escoamento $Fr(-)$
50	0,10 - 0,18	0,07 - 0,18	8,18 - 3,82
45	0,10 - 0,18	0,07 - 0,16	8,79 - 4,34
30	0,10 - 0,20	0,06 - 0,15	11,28 - 5,43
14	0,10 - 0,20	0,05 - 0,12	13,94 - 7,52
3	0,10 - 0,20	0,05 - 0,11	15,95 - 9,07

Esta canaleta foi totalmente montada na Oficina Central e, então, instalada no Laboratório de Hidráulica do CRHEA. O trabalho em acrílico exigiu habilidade dos técnicos, além de muito cuidado e paciência na usagem e montagem das peças. A execução das colagens foi particularmente difícil, devido às características da cola e ao acabamento requerido para o modelo. A colagem de peças com a cola especial para acrílico (MP-33) constituía-se em operação demorada, pois tinha de ser executada por etapas. A tentativa de fazer-se a aplicação de maior quantidade de cola (15 ml) não raro resultou em perda de tempo e da cola aplicada. A mistura inadequada dos dois componentes líquidos pode levar a pega muito rápida, dificultando a execução do serviço, ou a período muito longo entre as etapas de colagem de u'a mesma peça, uma vez que a pega é retardada. Uma técnica especial foi desenvolvida para as colagens de topo, requerendo o uso de seringa de vidro e "agulha" de tubo capilar com aproximadamente 40 cm de comprimento. A cola era introduzida em rasgos efetuados nos topos das placas que tiveram por objetivo aumentar a área de contato e a resistência final da junção. Principalmente nas colagens de topo, a operação realizava-se alternadamente com períodos de aplicação e secagem. Após cada aplicação da cola, os utensílios eram bem lavados com thinner e, então, álcool.

Nas Fotos III.7 e III.8, vêem-se detalhes da montagem da canaleta.

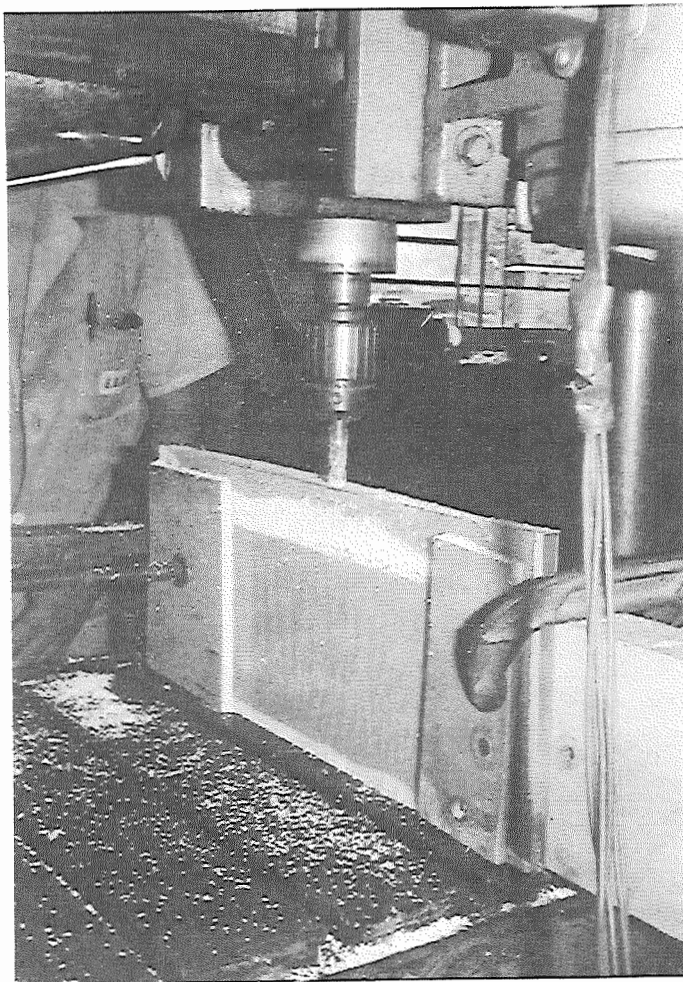


FOTO III.7: Detalhe de usinagem de peça da canaleta em acrílico.

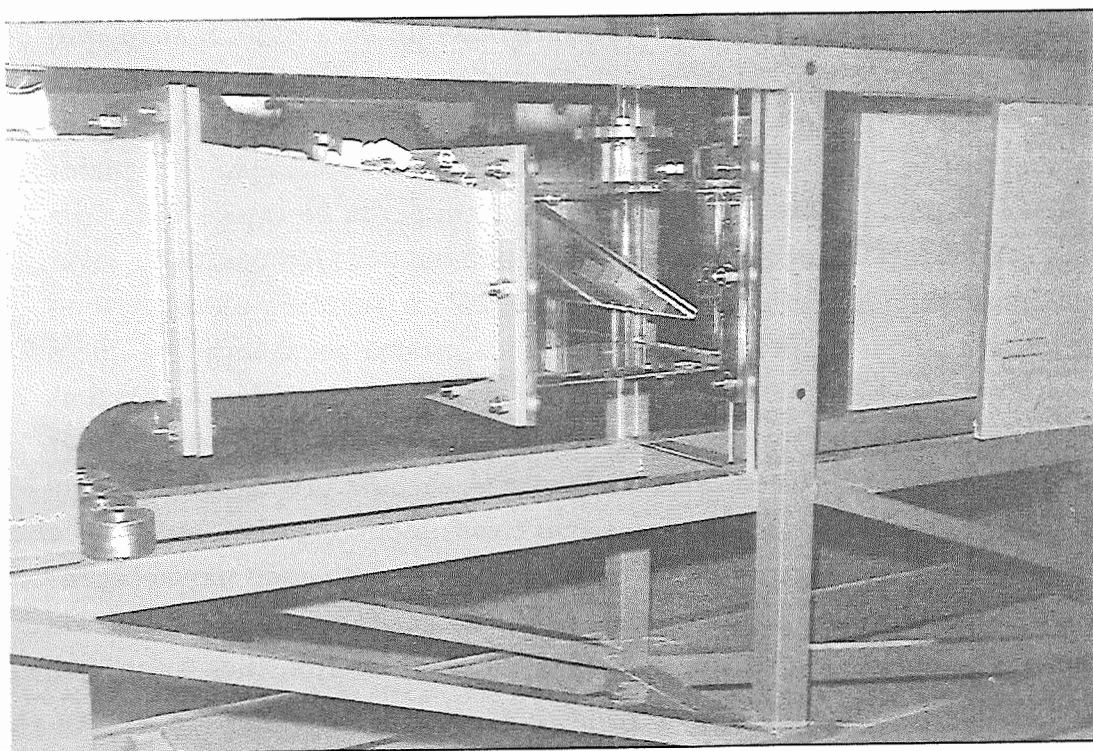


FOTO III.8: Detalhe da canaleta em acrílico - comporta de controle do escoamento.

Nove peças de fundo foram usinadas e moldadas para representar diversas inclinações e degraus que correspondem a condições geométricas de dispositivos aeradores empregados em várias obras de descarga. Um bocal de conformação do escoamento de entrada do duto de admissão de ar e uma válvula borboleta, para controle da pressão sob o jato, foram fabricados na Oficina de Apoio e o conjunto está mostrado na Foto III.9.

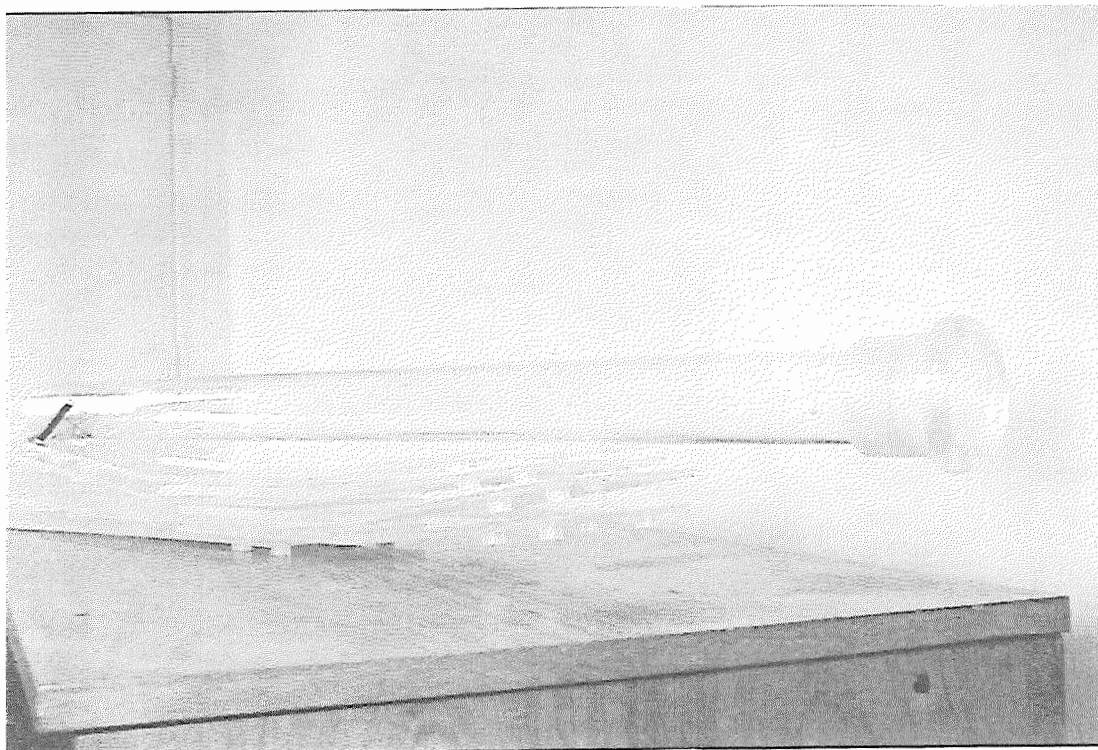


FOTO III.9: Conjunto de acessórios em acrílico.

III.4.6 - Caixa de tranquilização e elementos de dissipação de energia do escoamento

A caixa em chapa metálica de espessura igual a 2,0mm, constituída de grade, divisória retificadora e transição para a canaleta de descarga, mostrada no Esquema 01 do ANEXO 1, foi construída na Oficina de Apoio. Um aspecto da montagem deste componente está mostrado na Foto III.10.

As dobras de chapas de largura igual ou inferior a 1,0m foram realizadas na Oficina de Apoio na calandra-dobradeira IMAG comprada com recursos deste projeto.

Para a medição da vazão do escoamento de alta velocidade por intermédio do vertedor retangular, a caixa de tranquilização e elementos de dissipação de energia foram inseridos no circuito. A caixa de tranquilização foi dotada de divisória em chapa metálica perfurada além de grade construída

em ferro chato de $e=1/4"$ e abertura quadrada de 5cm de lado, podendo inclinar-se de modo a melhor receber o jato de água na saída da canaleta. A grade tem a função de dividir o jato, além de constituir-se em elemento de "quebra" de energia por impacto, causada pela adequada disposição da mesma frente ao referido jato por um sistema de alavanca e catraca.

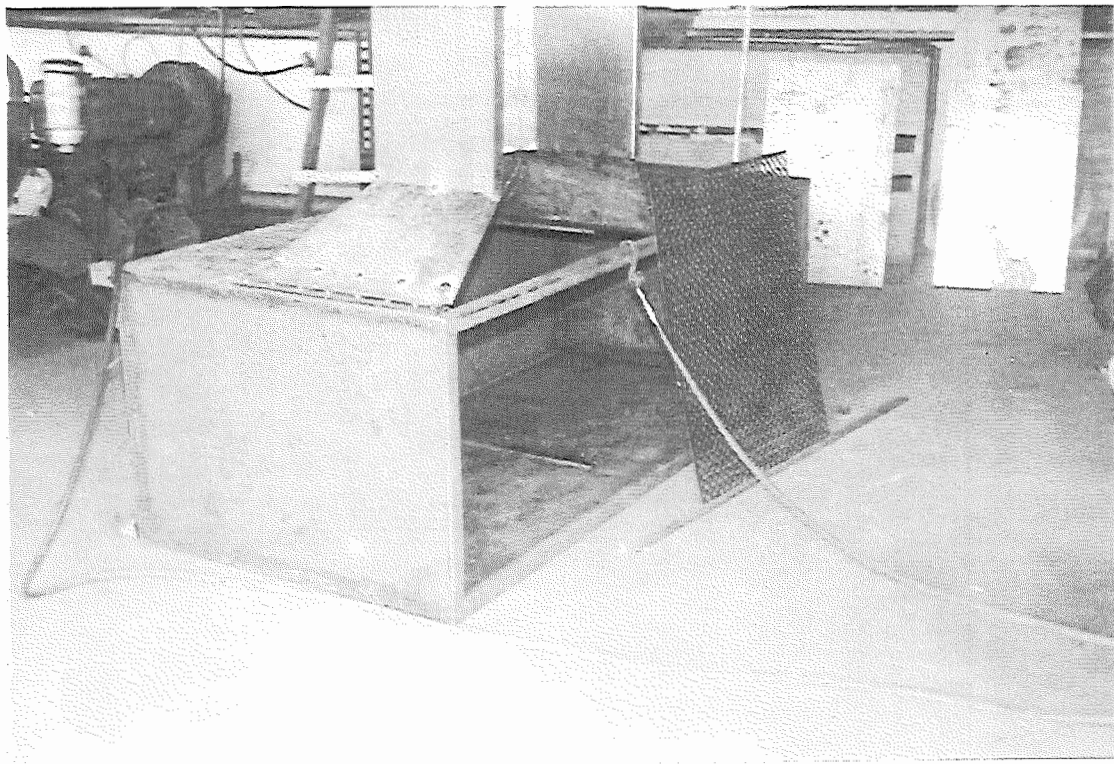


FOTO III.10: Solda da caixa de tranquilização na Oficina de Apoio.

Tendo em vista a necessidade de reduzir-se ao máximo a energia do escoamento na saída da caixa de tranquilização e de eliminarem-se vórtices e ondas superficiais a montante do vertedor, os seguintes elementos foram interpostos no trecho, após uma série de tentativas e combinações de elementos:

- tambor em chapa metálica com $\phi=0,80\text{m} \times 1,20\text{m}$ de comprimento, perfurado em toda a sua superfície e instalado na transição da caixa de tranquilização para a canaleta de descarga;
- duas paredes de tijolo furado colocadas a jusante do tambor perfurado e distantes entre si de aproximadamente 0,50m; e
- aparelho tipo chicana horizontal, construído em madeira e instalado a 0,50m a jusante da segunda parede de tijolo furado.

O efeito de tranquilização do escoamento pelo conjunto pode ser visualizado na Foto III.11

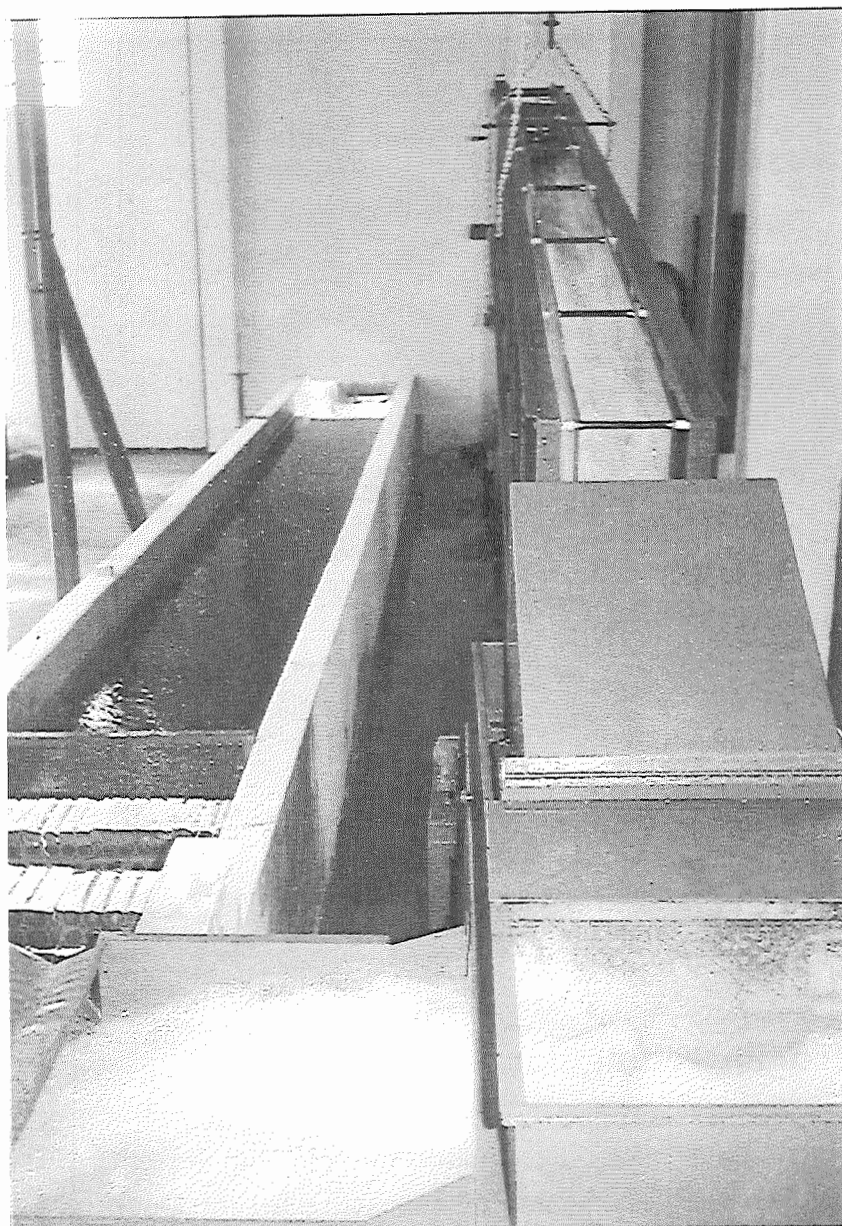


FOTO III.11: Escoamento através do conjunto de elementos dissipadores.

III.4.7 - Canaleta de descarga do modelo

No espaço destinado à bancada, realizou-se o nivelamento do piso e procedeu-se ao assentamento da canaleta de descarga do modelo, de seção transversal de $800 \times 1000 \text{ mm}^2$ e 12,60 m de comprimento, em que está instalado o vertedor para a medida da vazão de água do escoamento. O início da construção desta canaleta está mostrado na Foto III.12.

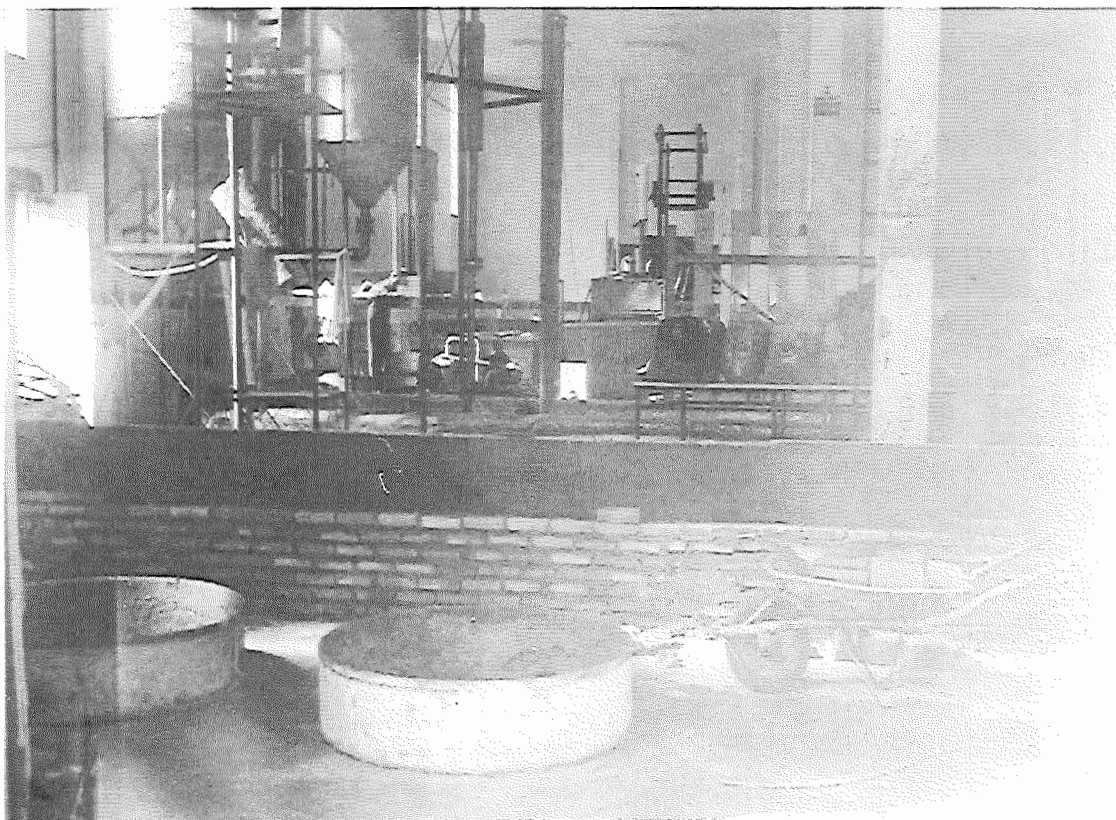


FOTO III.12: Construção da canaleta de descarga do modelo.

III.4.8 - Vertedor retangular

Para a medição da vazão de água do modelo, um vertedor retangular em chapa de aço inoxidável de 5mm de espessura foi instalado na canaleta de descarga, sendo que as recomendações quanto ao chanfro da soleira, aeração da lâmina vertente e relações carga/altura da soleira para vertedores de parede delgada foram observadas.

Para a aeração do espaço sob a lâmina vertente, adotou-se um tubo de $\phi 1\frac{1}{2}$ " que é maior que o valor calculado a partir de fórmula empírica proposta para o seu dimensionamento (BOS-1989). A carga do vertedor foi obtida de leitura de ponta indicadora instalada em poço situado a aproximadamente 1,50m a montante do vertedor.

O adequado posicionamento do vertedor, bem como a necessária redução das perturbações do escoamento na canaleta foram também observados, visando à obtenção de precisão satisfatória no valor da vazão do modelo. O vertedor instalado com todos os seus componentes está mostrado na Foto III.13.

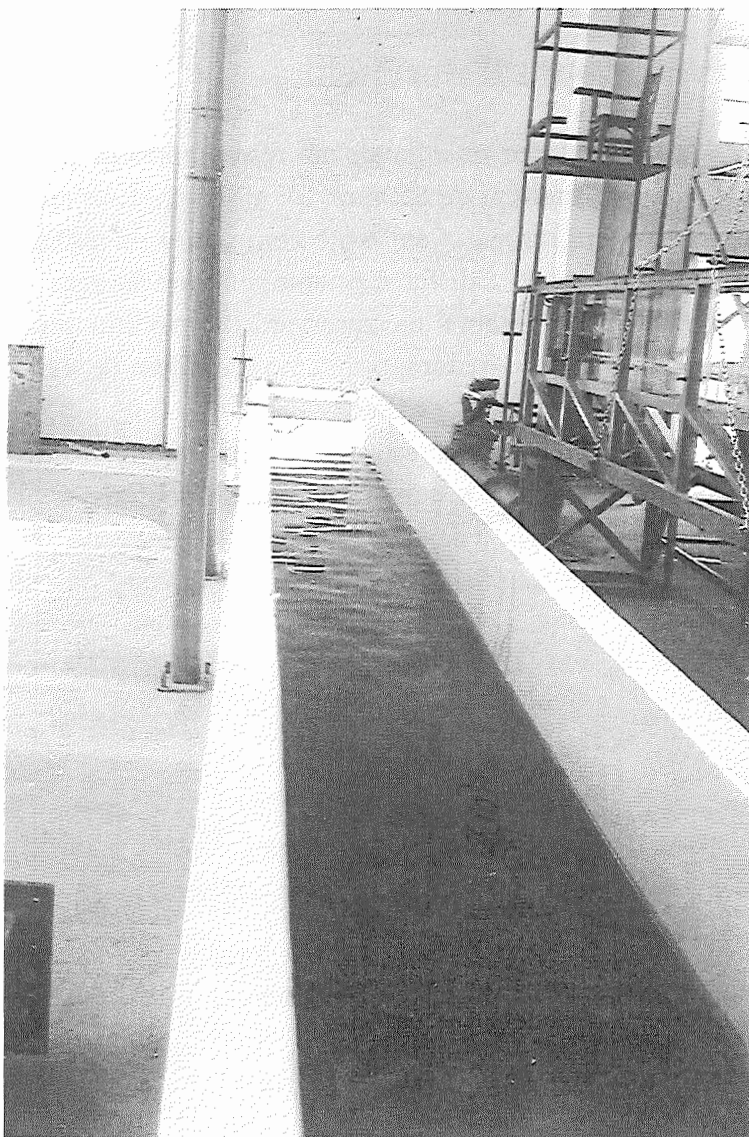


FOTO III.13: Vista do vertedor retangular.

III.4.9 - Canaleta de descarga externa

A canaleta de descarga externa, com seção transversal de $800 \times 350\text{mm}^2$ e comprimento de 23m, tem por finalidade conduzir a água de circulação da bancada até o reservatório de referência, na fase de calibração do vertedor, e, de volta ao Ribeirão do Lobo em ponto a jusante, durante os ensaios normais do modelo. Esta canaleta tem declividade média de 0,5% de acordo com o Esquema 06 do ANEXO 1. Nestas condições geométricas, a vazão máxima deverá escoar-se com lâmina d'água de 180mm, aproximadamente, garantindo uma profundidade máxima a montante, no "poço" de descarga do vertedor, da ordem de 300mm. Assim, o vertedor trabalha em condições de lâmina vertente livre, condições estas necessárias para o adequado funcionamento do dispositivo de medição de vazão. Na Foto III.14, a canaleta de descarga externa e o reservatório de referência já adaptado são mostrados em primeiro plano.

III.4.10 - Reservatório de Referência

Para a calibração do vertedor retangular, um reservatório de referência, com seção horizontal de $4,0 \times 4,0 \text{ m}^2$ e altura de 850mm, foi utilizado. Este reservatório foi adaptado a partir de tanque em alvenaria existente com altura de 500mm, devido à sua proximidade e cota de fundo satisfatoriamente inferior à cota do piso do laboratório. Uma altura útil de 550mm no reservatório permitiu trabalhar-se na calibração do vertedor com intervalo de tempo mínimo da ordem de 44s, reduzindo-se acentuadamente os erros na avaliação das vazões.

Devido à baixa profundidade deste reservatório, uma tubulação de descarga e registro de gaveta, em ferro fundido e com $\phi 200\text{mm}$, disponíveis no laboratório, foram instalados em sua saída com vistas a reduzir-se o intervalo de tempo de esvazimento, operação esta que foi repetida várias vezes quando da calibração do vertedor.

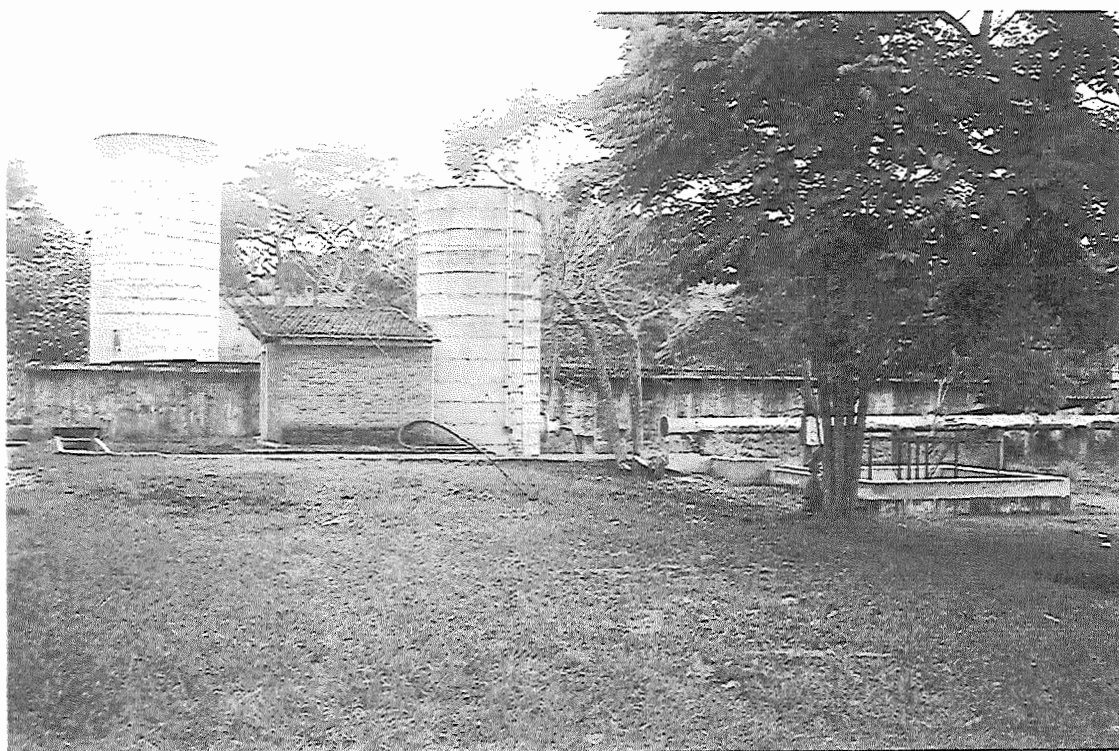


FOTO III.14: Vista da canaleta externa e reservatório de referência.

III.4.11 - Reservatório de medida

Este é um reservatório construído em chapa de aço de 2mm de espessura e capacidade para 1200l, que foi adaptado para a calibração do reservatório de referência descrito acima. Um registro de gaveta $\phi 100\text{mm}$ foi instalado em tubo soldado a seu fundo cônico e um piezômetro externo foi montado à frente de uma

escala para leitura do nível d'água. Este reservatório foi transferido para junto do reservatório de referência onde nova aferição da sua escala foi efetuada. Na Foto III.15, apresenta-se este reservatório montado sobre o reservatório de referência com a estrutura usada para a sua aferição.

III.4.12 - Carrinho para suporte de equipamentos de medida

Este carrinho foi projetado para deslocar-se sobre a canaleta em acrílico, transportando o sistema fonte-detector de radiação gama (para a determinação do perfil de concentração média de ar¹) e medidor de velocidade do escoamento, de acordo com o Esquema 07 do ANEXO 1. Foi construído na Oficina Central e está mostrado sobre a canaleta em fase final de montagem na Foto III.16.

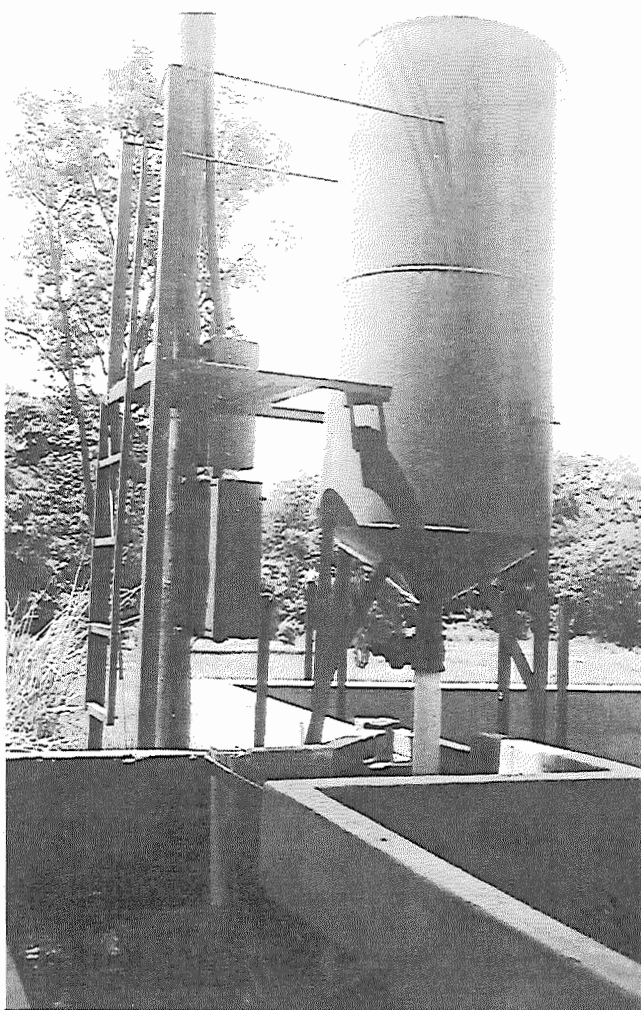


FOTO III.15: Reservatório de medida sobre o reservatório de referência.

¹ As medidas de concentração de ar no escoamento de alta velocidade não foram realizadas nesta fase inicial da pesquisa.

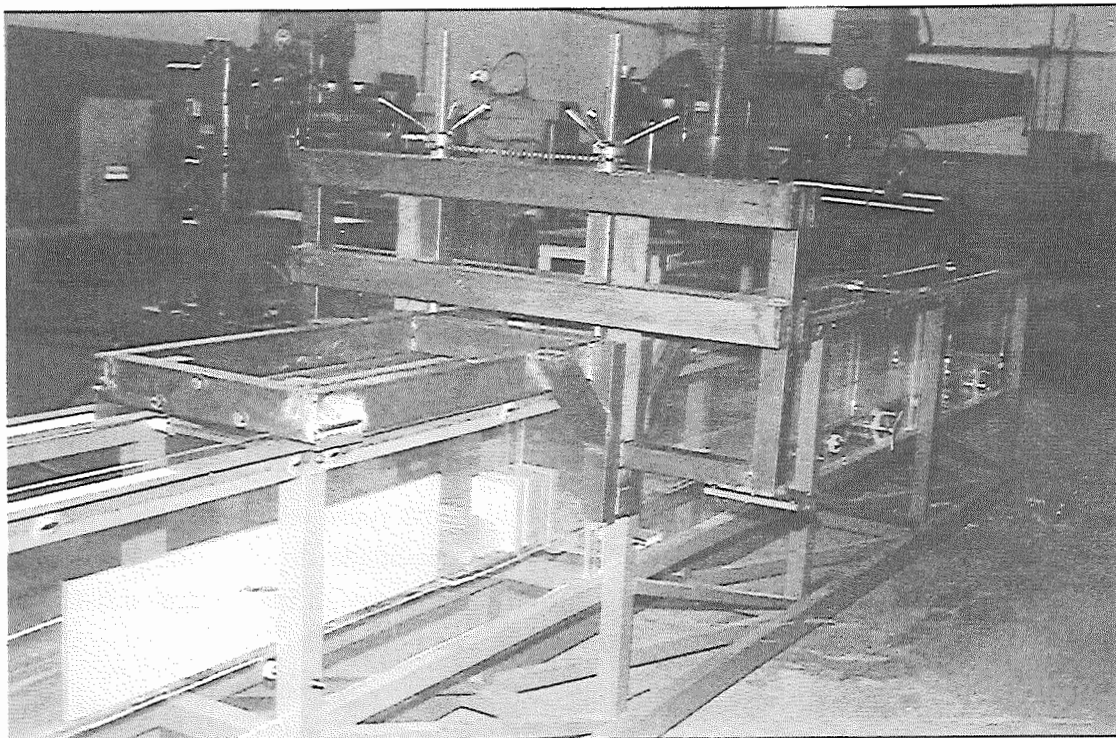


FOTO III.16: Carrinho sobre canaleta em fase final de montagem.

III.4.13 - Plataforma de trabalho

Esta plataforma de trabalho foi construída, conforme o Esquema 08, com tubos industriais na Oficina de Apoio do CRHEA. Com dois níveis anti-derrapantes a 1,10 e 4,00m do piso, a plataforma mostrou-se muito útil na montagem de componentes (vide Foto III.6) e indispensável na fase de operação da bancada.

III.4.14 - Compressor de ar

Um compressor de marca Schulz, Modelo MSV-35/350 SS, com motor de 7,5HP e IV pólos, adquirido com recursos do projeto, está instalado em casinha próxima ao laboratório (vide Foto III.14) e abastece, por rede de ar de $\phi 1/2"$, dois pontos de utilização no interior do galpão.

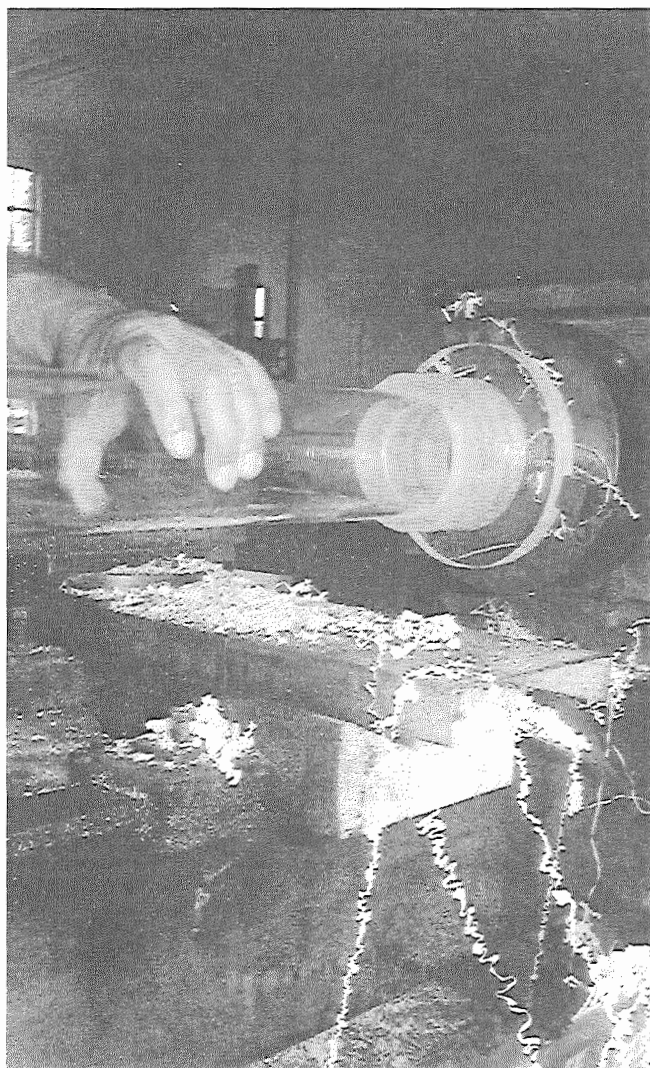
III.4.15 - Medidores de velocidade

Um sistema para posicionamento de tubo de Prandtl em uma seção transversal da canaleta e dois micrométricos para deslocamento de tubo Pitot através de dois diâmetros ortogonais do duto de abastecimento de ar para a câmara sob o jato foram construídos na Oficina Central, após a montagem completa da canaleta, de acordo com os Esquemas 09 e 10.

Com base em levantamentos de perfis de velocidade no duto de ar, um procedimento de calibração possibilitou obter-se a vazão de ar a partir de uma única leitura de pressão estática (média de valores de quatro tomadas de pressão interligadas). Com o objetivo de melhor conformar o escoamento de entrada, adotou-se a forma resultante das coordenadas indicadas no Quadro III.2 (OWER & PANKHURST, 1977). A usinagem do bocal em "tarugo" de acrílico foi realizada na Oficina de Apoio e um detalhe da operação está mostrado na Foto III.17.

QUADRO III.2: Coordenadas relativas para bocal de entrada do duto de ar.

x/d	0	0,094	0,109	0,125	0,141	0,156	0,172	0,188	0,203	0,218
y/d	0	0	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010
x/d	0,234	0,250	0,266	0,281	0,297	0,312	0,328	0,344	0,359	0,375
y/d	0,013	0,016	0,019	0,024	0,029	0,034	0,041	0,048	0,057	0,067
x/d	0,391	0,406	0,422	0,438	0,453	0,469	0,485	0,500	0,516	0,531
y/d	0,078	0,091	0,107	0,127	0,154	0,219	0,284	0,308	0,325	0,338
x/d	0,391	0,375	0,359	0,344	0,328					
y/d	0,347	0,353	0,358	0,361	0,362					

**FOTO III.17: Usinagem de bocal de conformação do escoamento na entrada do duto de ar.**

III.4.16 - Dispositivos eletrônicos

Com o objetivo de automatizar a cronometragem na operação de calibração do vertedor retangular, solicitou-se a montagem de um cronômetro eletrônico e um indicador de nível junto à Seção de Eletrônica do Laboratório de Fenômenos de Transporte do SHS - EESC/USP, sendo que todos os componentes eletrônicos foram adquiridos com recursos deste projeto.

A fixação dos eletrodos em um poço (tubo de PVC $\phi 150\text{mm}$) afastados de 550mm materializa a altura útil do reservatório de referência. Com a passagem da água pelo eletrodo inferior, o cronômetro é acionado. Atingindo o eletrodo do nível superior, o cronômetro pára, obtendo-se com satisfatória precisão, o intervalo de tempo necessário para o enchimento do correspondente volume. O sistema completo está mostrado na Foto III.18.

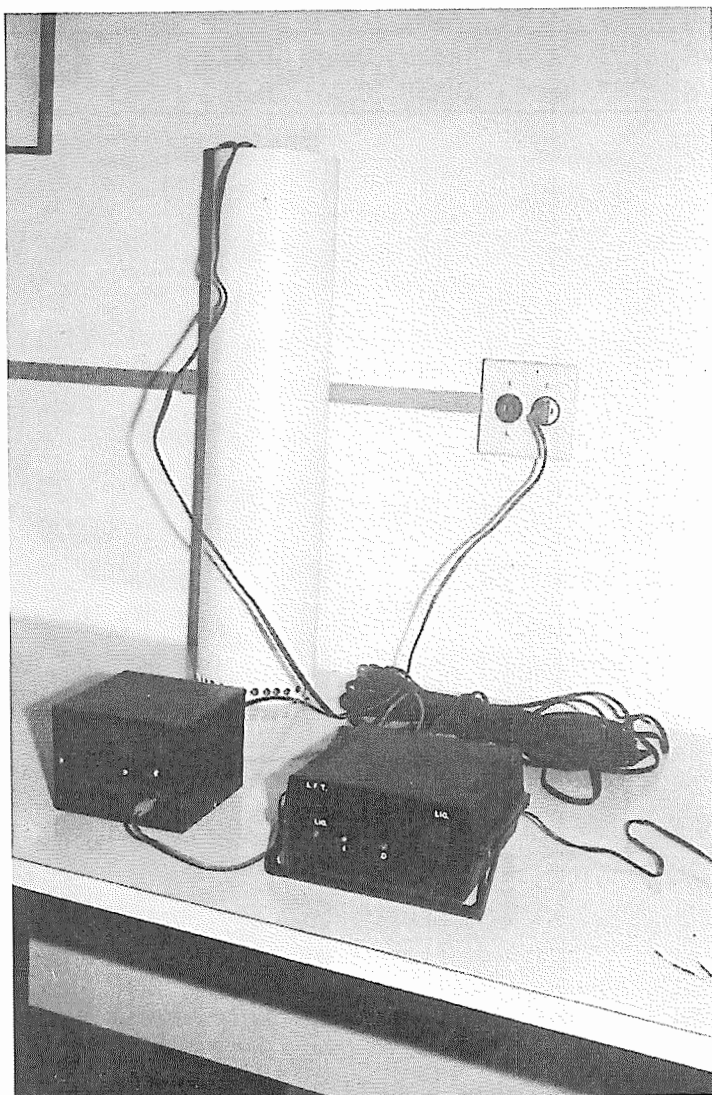


FOTO III.18: Sistema eletrônico cronômetro - indicador de nível.

III.4.17 - Duplicação da rede de energia de baixa tensão

Devido à elevada potência elétrica consumida no Laboratório com a instalação da bancada para estudo de escoamento de alta velocidade, a Seção de Manutenção de Redes da Prefeitura do campus de São Carlos propôs a duplicação da rede de baixa tensão para evitar possíveis danos à linha existente. Neste sentido, os postes da rede elétrica existente foram substituídos e instalados, em paralelo, novos cabos para garantir-se o fornecimento de energia a todos os equipamentos do laboratório. A Foto III.19 mostra o trecho inicial da rede já duplicado.

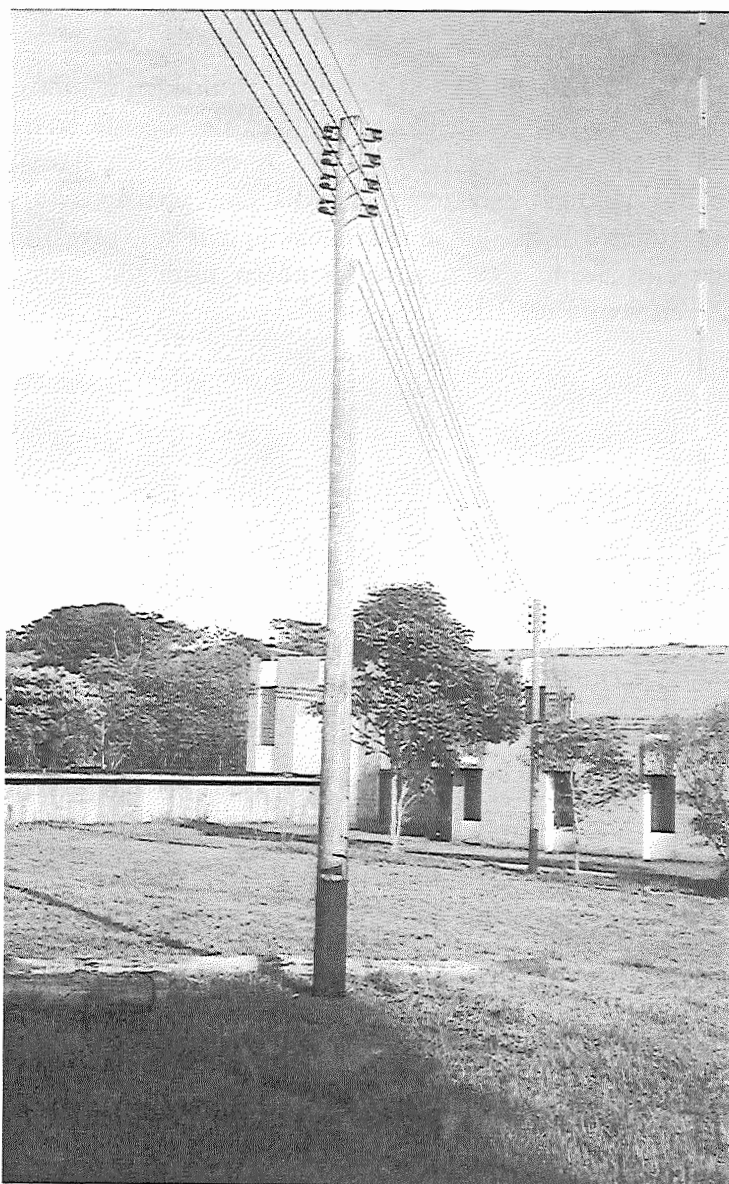


FOTO III.19: Rede elétrica de baixa voltagem duplicada.

III.4.18 - Tomadas de pressão na canaleta e quadro de piezômetros

Para a determinação do comprimento do jato e o levantamento do perfil de pressões no fundo da canaleta, tomadas de pressão foram executadas a cada 10cm ao longo do eixo da placa de fundo da mesma. Como a canaleta em acrílico encontrava-se montada, um suporte especial para a furadeira manual foi construído de modo a promover-se a execução de furos segundo a perpendicular à placa de fundo. Optou-se por utilizar furos com $\phi=1,0\text{mm}$, observando-se os cuidados a serem tomados quanto, principalmente, à eliminação de rebarbas e ao comprimento do furo. Conexões, em latão, para mangueiras de plástico de $\phi=1/4"$ foram rosqueadas com os seus eixos coincidindo com os respectivos eixos dos furos. Vinte e seis mangueiras interligavam as tomadas de pressão e os correspondentes piezômetros abertos instalados no quadro de piezômetros.

O quadro de piezômetros foi construído com tubos industriais, de seção de 30x50mm, soldados, formando a estrutura de suporte sobre a qual aparafusou-se a placa de compensado de 1,20x3,50m. A esta placa fixou-se o papel milimetrado. Após a inscrição de caracteres de mais fácil visualização, o papel milimetrado foi protegido contra respingos e molhamento por um revestimento impermeável auto-adesivo transparente. Este quadro foi, então, instalado sobre a canaleta em alvenaria e pode ser visto na Foto III.20.

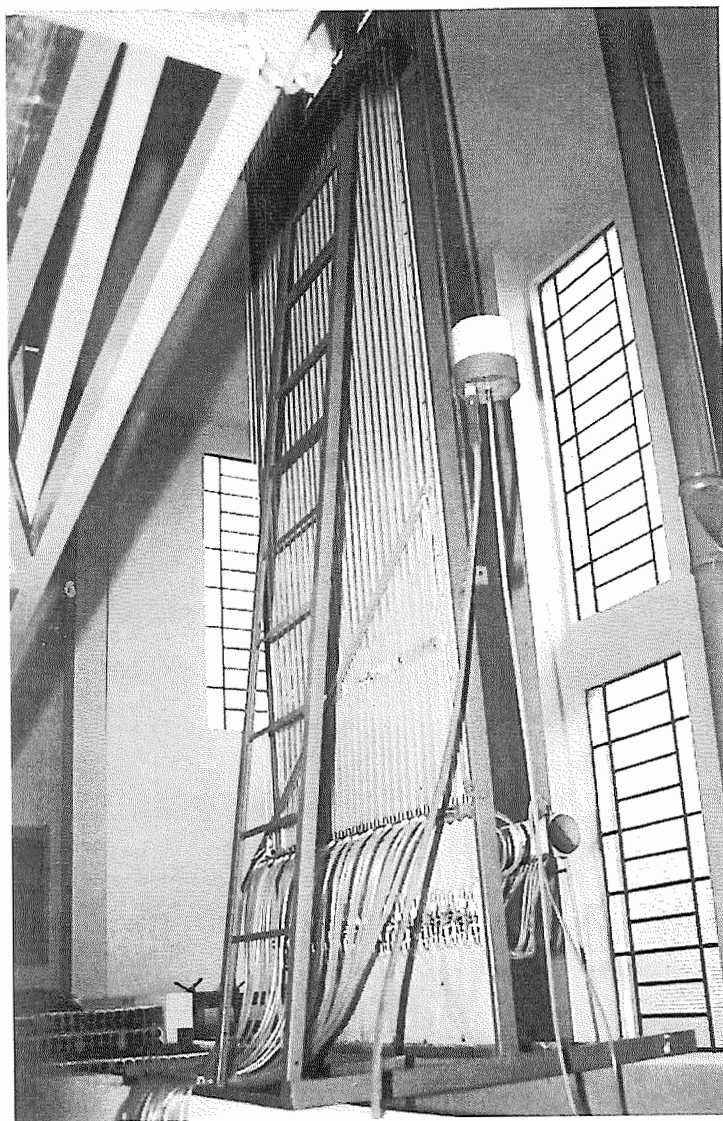


FOTO III.20: Quadro de piezômetros.

III.4.19 - Montagem de sistema auxiliar para alteração da inclinação da canaleta

Com o objetivo de reduzir o risco de acidente durante a alteração da inclinação da canaleta, efetuada por intermédio de um sistema de talha, um dispositivo auxiliar foi executado. Este dispositivo consiste de um trecho de

cantoneira, de $2\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}'' \times 1\frac{1}{4}''$, aparafusado à estrutura da canaleta. Duas luvas metálicas soldadas a esta cantoneira funcionam como mancais para um eixo de aço de $\phi 1\frac{1}{2}''$. Às extremidades deste eixo estão soldadas duas outras luvas de aço, usinadas, que deslizam sobre tubos metálicos $\phi = 2\frac{1}{2}''$ articulados em bases individuais, chumbadas no piso do laboratório, uma de cada lado da "cabeça" da canaleta. Com o movimento angular da estrutura da canaleta em torno de seus mancais, o conjunto acompanha este movimento, forçando o deslocamento das luvas sobre os tubos metálicos que, por sua vez, giram em suas articulações. Furos distantes de 15cm e correspondentes sobre os tubos metálicos permitem que se apóie a canaleta numa dada posição pela colocação de pinos, que impedem o deslizamento das luvas sobre os referidos tubos metálicos. Estes passam a funcionar como escoras, impedindo o movimento descendente da estrutura num eventual defeito da talha. Na Foto III.21, apresenta-se o sistema auxiliar preso à canaleta com inclinação aproximada de $14,5^\circ$. Este dispositivo mostrou-se muito útil nas mudanças das inclinações mais fortes ($\alpha = 30^\circ$ e 45°).

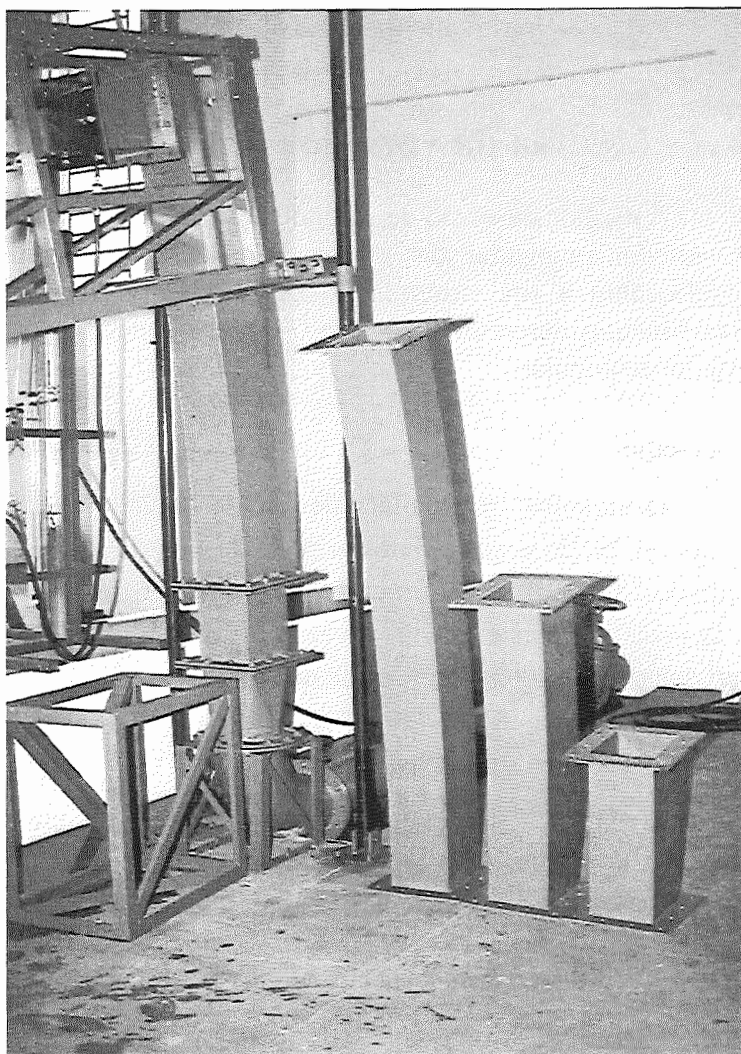


FOTO III.21: Sistema auxiliar para alteração da inclinação da canaleta.

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA DE MEDIÇÃO DAS GRANDEZAS

IV.1 - As grandezas medidas nos ensaios

As grandezas necessárias ao estudo e que foram medidas para cada disposição geométrica da instalação são:

- Q_w - vazão de água do escoamento de alta velocidade;
- Q_a - vazão de ar arrastado ou forçado;
- Δp - diferença de pressão entre a atmosfera e o espaço sob o jato;
- h - altura da lâmina d'água a montante da rampa do aerador; e
- L_j - comprimento da cavidade sob o jato.

IV.2 - Medida da vazão de água (Q_w)

A medida da vazão de água de abastecimento da bancada realizou-se por meio de vertedor retangular de soleira delgada, instalado na canaleta de descarga do modelo junto à sua extremidade de jusante. A seguir, descrevem-se também os procedimentos desenvolvidos para o estabelecimento da equação de calibração deste vertedor retangular.

O vertedor

O vertedor retangular de parede delgada foi construído em chapa de aço inoxidável, tendo a sua soleira usinada de acordo com recomendações normativas e medindo 78,8cm de comprimento. Este vertedor foi instalado na canaleta de descarga da água da bancada, escoando a vazão máxima de 200l/s com a lâmina, estimada para medidor padrão, de 26,4cm acima do nível da soleira.

O funcionamento do vertedor

A altura da soleira em relação ao fundo do canal de aproximação foi de $P = 53,4\text{cm}$ e, a jusante, a elevação de 30cm acima do nível do canal de fuga para a vazão máxima associada à instalação de um tubo perfurado junto à face de jusante do vertedor e aberto para a atmosfera garantiram condições adequadas de arejamento sob a lâmina vertente.

Com base em dados experimentais de HOWE (1955) e seus próprios, BOS (1989) verificou que a vazão de ar para arejamento da lâmina líquida para

funcionamento do vertedor em condições de lâmina livre pode ser avaliada a partir da fórmula:

$$q_{ar} = 0,1 \frac{q_w}{\left(\frac{y_p}{h_1} \right)^{1,5}} \quad (IV.1)$$

em que

- q_{ar} - demanda máxima de ar requerida para aeração completa em m^3/s por metro de largura da crista do vertedor;
- q_w - descarga unitária sobre o vertedor ($m^3/s.m$);
- h_1 - carga sobre o vertedor (m); e
- y_p - profundidade da poça abaixo da lâmina (m), conforme a Figura IV.1.

A profundidade de água y_p , no caso de ressalto livre a jusante, é dada por

$$y_p = \Delta Z \left(\frac{q_w^2}{g \Delta Z^3} \right)^{0,22} \quad (IV.2)$$

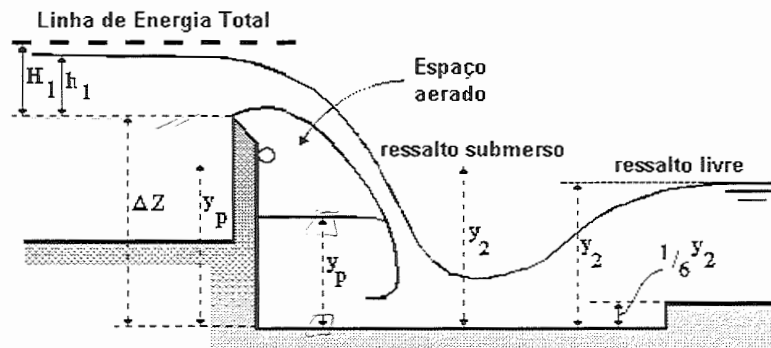


FIGURA IV.1: Escoamento típico sobre vertedor (BOS, 1976).

sendo

ΔZ - desnível da soleira em relação ao piso a jusante (m) e
 $(q_w^2/g\Delta Z^3)$ - geralmente conhecido como número de queda.

No caso de o ressalto a jusante ser afogado, a profundidade da poça é considerada como igual à profundidade do canal de fuga ($y_p = y_2$).

Da condição limite dos ensaios previstos, qual seja, $Q_w=0,200 \text{ m}^3/\text{s}$ e $h_1=0,264\text{m}$, os seguintes valores foram obtidos para o sistema de arejamento da lâmina líquida: $y_p=0,285\text{m}$; $Q_{ar}=0,018 \text{ m}^3/\text{s}$ e $D_d=1\frac{1}{4}"$ para uma perda de carga no duto de abastecimento de ar máxima de $0,04\text{mca}$. Na bancada, usou-se um tubo de $\phi=2"$ aberto nas duas extremidades, sendo instalado junto à face de jusante da chapa do vertedor e a, aproximadamente, 15cm abaixo da soleira do mesmo. Este tubo teve a metade inferior de sua superfície lateral inteiramente perfurada ao longo da largura do vertedor, de modo a propiciar o completo arejamento sob a lâmina vertente.

Avaliação do erro na vazão de calibração do vertedor

Tendo em vista a vazão máxima de, aproximadamente, $200,0 \text{ l/s}$ na bancada e as condições locais satisfatórias, optou-se, para a calibração do vertedor, pelo método volumétrico, relativamente à determinação das descargas. Um reservatório existente, semi-enterrado, de pequena altura e localizado próximo ao Laboratório seria utilizado como reservatório de referência, sendo necessário, porém, dotá-lo de capacidade mínima suficiente para reduzir os erros a níveis compatíveis ao comumente aceito em trabalhos experimentais.

Devido à pequena diferença de cota entre o reservatório de referência e o fundo da canaleta interna, uma altura útil de aproximadamente $50,0\text{cm}$ seria suficiente para dispor-se de um volume efetivo de calibração da ordem de $8.000,0 \text{ l}$. Com isto, o intervalo de tempo mínimo a ser medido no processo de calibração do vertedor corresponderia a $40,0\text{s}$. Tal dimensionamento prévio foi estabelecido com base nos procedimentos descritos a seguir.

A expressão geral para a avaliação do erro verificado na variável dependente N , resultante de erros cometidos na determinação das variáveis independentes u_i , conforme a relação funcional abaixo (DOEBELIN, 1966)

$$N = f(u_1 + u_2 + \dots + u_i),$$

escreve-se como a Eq. IV.3

$$\Delta N_a = \left| \frac{\partial f}{\partial u_1} \Delta u_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial u_2} \Delta u_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial u_i} \Delta u_i \right| \quad (IV.3)$$

quando os erros Δu 's são valores absolutos e, como a Eq. IV.4,

$$\Delta N_{rsq} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial u_1} \Delta u_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial u_2} \Delta u_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial u_3} \Delta u_3 \right)^2} \quad (IV.4)$$

quando os Δu 's são dados em termos de limites estatísticos ($\pm 3s$, por exemplo), erros prováveis ou incertezas.

Da expressão da vazão, determinada a partir da equação $Q=Vol/t$, obtém-se para o erro absoluto a Eq. IV.5

$$\Delta Q_a = \left| \frac{\partial Q}{\partial Vol} \Delta Vol \right| + \left| \frac{\partial Q}{\partial t} \Delta t \right| \quad (IV.5)$$

e, para o erro relativo (raiz da soma de quadrados), a Eq. IV.6

$$\Delta Q_{rsq} = \sqrt{\left(\frac{\partial Q}{\partial Vol} \Delta Vol \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \Delta t \right)^2} \quad (IV.6)$$

As derivadas parciais são avaliadas como

$$\frac{\partial Q}{\partial Vol} = \frac{1}{t} \rightarrow (s^{-1}) \quad (IV.7)$$

em relação ao volume e

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -\frac{Vol}{t^2} \rightarrow (m^3 \cdot s^{-2}) \quad (IV.8)$$

em relação ao tempo. Observando-se a uniformidade da seção horizontal do reservatório de referência com área $A=16,0m^2$, a imposição de um intervalo de tempo mínimo de enchimento $t=40s$ para a vazão máxima de $200,0l/s$ do modelo conduziria a um volume de $8.000l$ ($8,0m^3$) para aquele reservatório. Portanto, a altura útil do mesmo deveria ser $h=0,50m$.

Considerando-se que o erro na determinação do volume corresponda ao erro cometido na avaliação de h , estimado como $\Delta h=2,0 \times 10^{-3}m$ (resultando no erro $\Delta Vol=0,032m^3$), e o correspondente erro na medida do intervalo de tempo de enchimento seja $\Delta t = 0,2s$, os erros máximos possível e provável no valor da vazão podem ser calculados respectivamente das Eqs. IV.5 e IV.6. As derivadas parciais, avaliadas para estas condições das Eqs. IV.7 e IV.8 são:

$$\frac{\partial Q}{\partial Vol} = \frac{1}{40} = 0,025s^{-1}$$

e

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -\frac{Vol}{t^2} = -\frac{8,0}{40^2} = -0,005m^3 \cdot s^{-2}.$$

Da Eq. IV.5, vem

$$\Delta Q_a = |0,025 \cdot 0,032| + |-0,005 \cdot 0,2| = 0,0008 + 0,0010 = 0,0018m^3 / s$$

para o erro máximo possível e, da Eq. IV.6,

$$\begin{aligned}\Delta Q_{rsq} &= \sqrt{(0,025.0,032)^2 + (-0,005.0,2)^2} = \\ &= \sqrt{6,4 \times 10^{-7} + 1,0 \times 10^{-6}} = 0,0013 m^3 / s\end{aligned}$$

para o máximo provável.

Em termos percentuais, estes erros correspondem a

$$\frac{\Delta Q_a}{Q} = \frac{0,0018}{0,200} = 0,0090 \rightarrow 0,90\%$$

e

$$\frac{\Delta Q_{rss}}{Q} = \frac{0,0013}{0,200} = 0,0064 \rightarrow 0,64\%$$

que foram considerados satisfatórios em se tratando de valores limites de teste. Assim, definiu-se o acréscimo necessário na altura do reservatório existente para a sua utilização no processo de calibração do vertedor.

Calibração do reservatório de referência

Com vistas a materializar o volume útil do reservatório de referência e permitir a determinação direta do intervalo de tempo de enchimento daquele volume por intermédio de um sistema eletro-eletrônico, em um tubo de $\phi 150\text{mm}$, instalado junto à parede do reservatório, foram fixados eletrodos distanciados de, aproximadamente, 51,5cm. Esta montagem é vista na Foto IV.1. Com a passagem do nível d'água pelo eletrodo inferior, um cronômetro eletrônico acionava-se automaticamente, desligando-se simultaneamente com a passagem da superfície da água pelo eletrodo superior.

Para a determinação satisfatoriamente precisa deste volume útil, um "reservatório de medida" de capacidade aproximada igual a 1.200,0l foi empregado. A calibração deste foi efetuada, por sua vez, empregando-se um volume menor - "volume de medida" - suficientemente pequeno para permitir realizar-se a operação manualmente.

Este "volume de medida", com capacidade aproximada de 15,0l, foi delimitado com marcas bem-definidas e simulações de enchimento, pesagem e esvaziamento foram realizadas previamente.

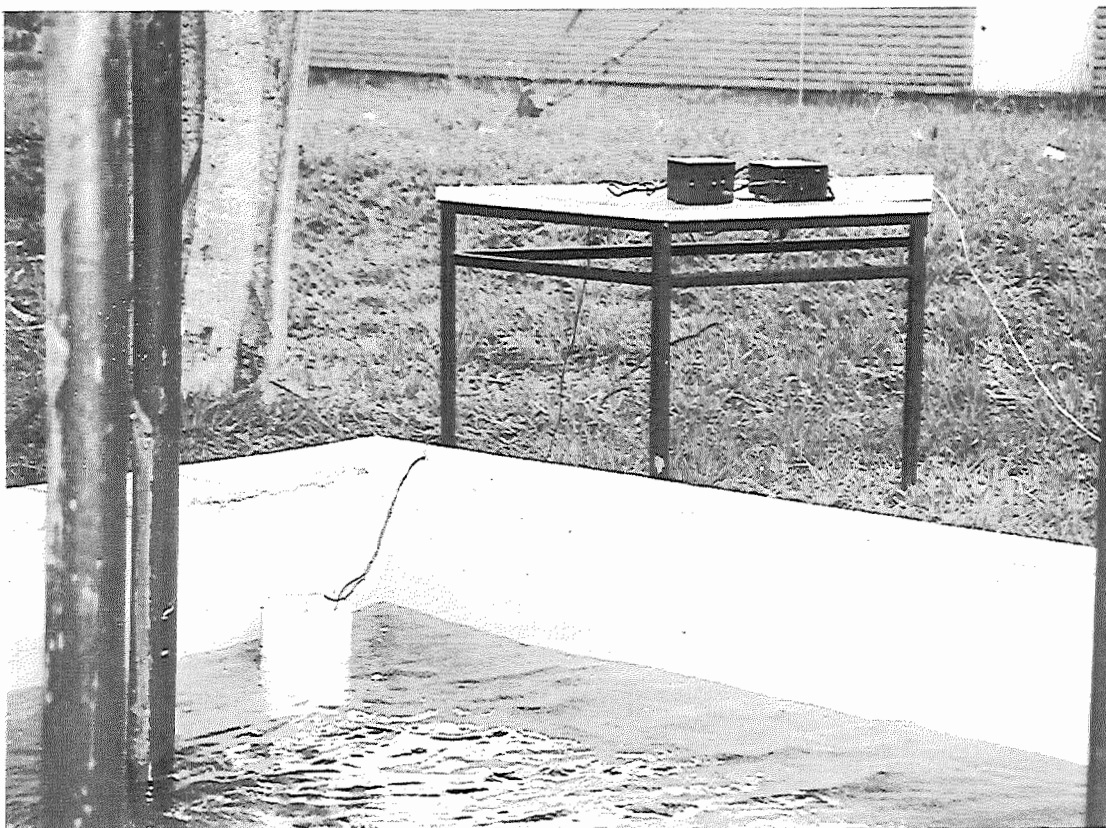


FOTO IV.1: "Poço" com eletrodos instalados no reservatório de referência.

Com a finalidade de se ter uma boa amostragem, isto é, valor da média tendendo para o valor real daquele volume, três conjuntos de 40 (quarenta) determinações de massa foram levantados, sendo que um foi obtido no período da manhã e dois, no da tarde. Uma balança eletrônica KLD, para carga máxima de 17,0kg e mínima de 0,025kg com leitura de 0,005kg, foi utilizada. Durante o último destes levantamentos, medidas das sobras coletadas após o esvaziamento do recipiente também foram feitas. Todos os dados levantados são apresentados na Tabela A2.1.

Destes dados, o Quadro IV.1 apresenta um resumo dos parâmetros estatísticos correspondentes:

QUADRO IV.1: Parâmetros estatísticos - calibração do volume de medida.

DADOS	MÉDIA	STDV	SE	N
med1	14,8754	0,04297	0,00679	40
med2	14,8926	0,03432	0,00543	40
med3	14,8750	0,04295	0,00679	40
sobra	0,0092	0,00203	0,00032	40

Neste quadro, STDV é o desvio-padrão e SE é o denominado erro-padrão da média, dado por

$$SE = \frac{STDV}{\sqrt{N}},$$

que fornece uma medida de dispersão da distribuição das médias de amostras independentes de uma dada população.

Os dados relativos a estas amostras, lançados em gráficos especiais como histogramas, diagramas pontuais e gráficos de escores normais, indicam a tendência de pertecerem a uma população com distribuição normal.

No Quadro IV.2, apresenta-se o resumo da análise de variância de uma população aplicada aos três conjuntos de dados med1-med3. Neste quadro:

QUADRO IV.2: Análise de variância - calibração do volume de medida.

FONTE	GL	SQ	QM	F	p
Fator	2	0,00811	0,00406	2,50	0,087
Erro	117	0,18992	0,00162		
Total	119	0,19803			

- Fonte: fonte de variação;
- GL : número de graus de liberdade associado à fonte de variação;
- SQ : soma de quadrados;
- QM : quadrado médio = SQ/GL ;
- F : razão ($QM_{\text{fator}} / QM_{\text{erro}}$), valor de variável com distribuição F. Para 2 e 117 graus de liberdade, respectivamente, ao nível de significância $\alpha = 0,05$, tem-se $F_{0,05} \cong 3,08$; e
- p: probabilidade de o valor de $F=2,50$ ser excedido.

Como $F=2,50 < F_{0,05} (=3,08)$, não se pode rejeitar a hipótese de nulidade e as médias dos conjuntos de dados são consideradas não-significantemente diferentes. Assim, tomou-se para massa contida no "volume de medida" a média geral $M = 14,881\text{kg}$ com $s = 0,041\text{kg}$. Tendo em vista ainda o fato que o recipiente sempre retém uma pequena quantidade de água que foi "pesada" e indicada na coluna **sobra** da Tabela A2.1, a massa efetivamente vertida durante o esvaziamento do "volume de medida" foi corrigida, resultando o valor $M_m = 14,872\text{kg}$ e $s_m = 0,041\text{kg}$. Como a temperatura se manteve em torno dos 25°C , o correspondente volume do recipiente, tomando por base a massa específica de $0,99715\text{ g/cm}^3$, resultou igual a $14,914\text{ l}$. Estes valores foram então adotados no último processo de calibração do reservatório de medida, realizado após a sua fixação definitiva sobre o denominado "reservatório de referência" (vide Foto III.15).

Em operação cuidadosa, o volume de medida, sempre cheio até às marcas limites do recipiente, evitando-se perturbações e ondulações da superfície da água, era vertido para dentro do reservatório de medida, sendo feita então a leitura em um piezômetro instalado na lateral do reservatório. Tais medidas encontram-se indicadas na Tabela A2.2. Como o referido reservatório era dotado de fundo cônico, que favorecia a operação de descarga com a abertura de um registro de gaveta de $\phi 4''$, e

forma cilíndrica de altura aproximada de 2,0m, a curva "volume x altura" de água do mesmo resultou em uma reta de equação

$$Vol_{ref} = V_0 + bh \quad (IV.9)$$

representada graficamente pela Figura IV.2. Desta figura, obteve-se:

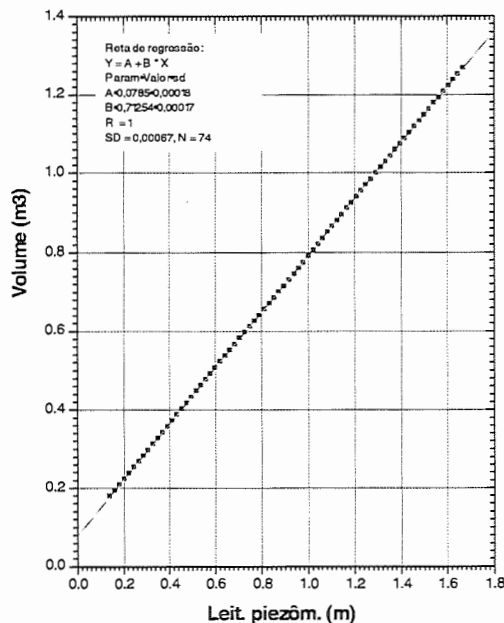


FIGURA IV.2: Curva "volume x altura" no reservatório de medida.

$$Vol_{ref} = 0,0785 + 0,7125h \quad (IV.10)$$

indicando que a parte cilíndrica tem diâmetro médio aproximado de 95,2cm.

A determinação do volume delimitado pelos eletrodos instalados no poço do reservatório de referência (vide Foto IV.1) foi realizada após a avaliação de resultados prévios obtidos. Observou-se, inicialmente, a geração de ondas no reservatório quando do desvio do escoamento para enchimento do mesmo. Diversas disposições de paredes de tijolo furado foram testadas até que a mínima agitação fosse conseguida, sendo necessária ainda a colocação de uma camada de areia e pedrisco no fundo do poço dos eletrodos para obter-se o ideal amortecimento das ondulações da superfície da água. A Foto IV.2 mostra parte do reservatório de referência com vista parcial das paredes empregadas para reduzir ondulações de superfície e circulação no interior do mesmo.

Outro problema também observado foi a ocorrência de vazamentos, constatada por rebaixamentos de nível em intervalos relativamente curtos de tempo. Realizou-se, então, uma reforma completa dos pontos do revestimento passíveis de permitirem fugas de água do reservatório como trincas e fissuras visíveis do reboco.

Para a calibração do volume delimitado pelos eletrodos, uma lâmina d'água de aproximadamente 10cm era introduzida inicialmente no reservatório de referência (vide Foto IV.2), atingindo-se o nível do eletrodo inferior. Em seguida, seis a sete

volumes parciais do reservatório de medida eram vertidos, um após o outro, para dentro do reservatório de referência, sendo que no último deles a operação era desenvolvida lentamente para ter-se maior precisão com a elevação gradual da superfície da água até o fechamento de contato no eletrodo superior.

Os dados relativos a este processo de determinação do volume do reservatório de referência, da última de três operações realizadas, estão apresentados na Tabela A2.3. Dos cálculos indicados na referida tabela, obteve-se para o volume do reservatório de referência o valor aproximado de 8.580,0l, que foi utilizado na determinação do coeficiente de descarga do vertedor.

Durante os testes iniciais de calibração do vertedor, dois problemas foram detectados no conjunto de dispositivos indicador de nível-cronômetro eletrônico para a determinação automática do tempo de enchimento do reservatório de referência.

Verificou-se, inicialmente, a necessidade de substituição dos contatos elétricos dos eletrodos por outros de material de maior condutividade elétrica, uma vez que, em algumas oportunidades, os primeiros não funcionaram adequadamente. Detectou-se, posteriormente, inesperado efeito da temperatura sobre os tempos computados pelo cronômetro eletrônico, comparados aos correspondentes intervalos de tempo obtidos de cronômetro mecânico de precisão, acionado manual e simultaneamente à "partida" do primeiro.



FOTO IV.2: Paredes de tijolo furado no reservatório de referência.

Em condições de temperaturas amenas, as leituras obtidas eram praticamente coincidentes, porém, nas temperaturas elevadas (sob o calor do sol e acima de 28°C), as discrepâncias observadas foram consideradas inaceitáveis. Tendo em vista, portanto, o fato que o acionamento manual de cronômetro mecânico, efetuado imediatamente após a partida/parada do sistema eletrônico, conduz a erro tão

pequeno quanto o lapso de tempo decorrido entre a percepção visual daquela e a ação de acionar/desligar o cronômetro mecânico, estimado da ordem de 0,20s, o tempo de enchimento do reservatório para dada vazão foi medido a partir de cronômetro mecânico "governado" pelo dispositivo eletrônico na operação automática liga-desliga.

O procedimento de calibração

Para o traçado da curva de calibração do vertedor, quatorze vazões foram estabelecidas no modelo por intermédio do registro de controle. Os seguintes números de voltas do registro geral foram adotados: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 25 e 43,5. A cada número de voltas do referido registro e aguardado prazo suficiente para a entrada em regime do escoamento, a corrente era desviada para o reservatório de referência com operação simultânea de comportas, como pode ser visto na Foto IV.3. Uma vez que o reservatório possuía volume "morto" inicial com nível mantido próximo ao eletrodo inferior, a entrada da água no reservatório imediatamente promovia o fechamento de contato no citado eletrodo, que, por sua vez, acionava o cronômetro eletrônico, cuja partida era atentamente observada para o acionamento do cronômetro mecânico.

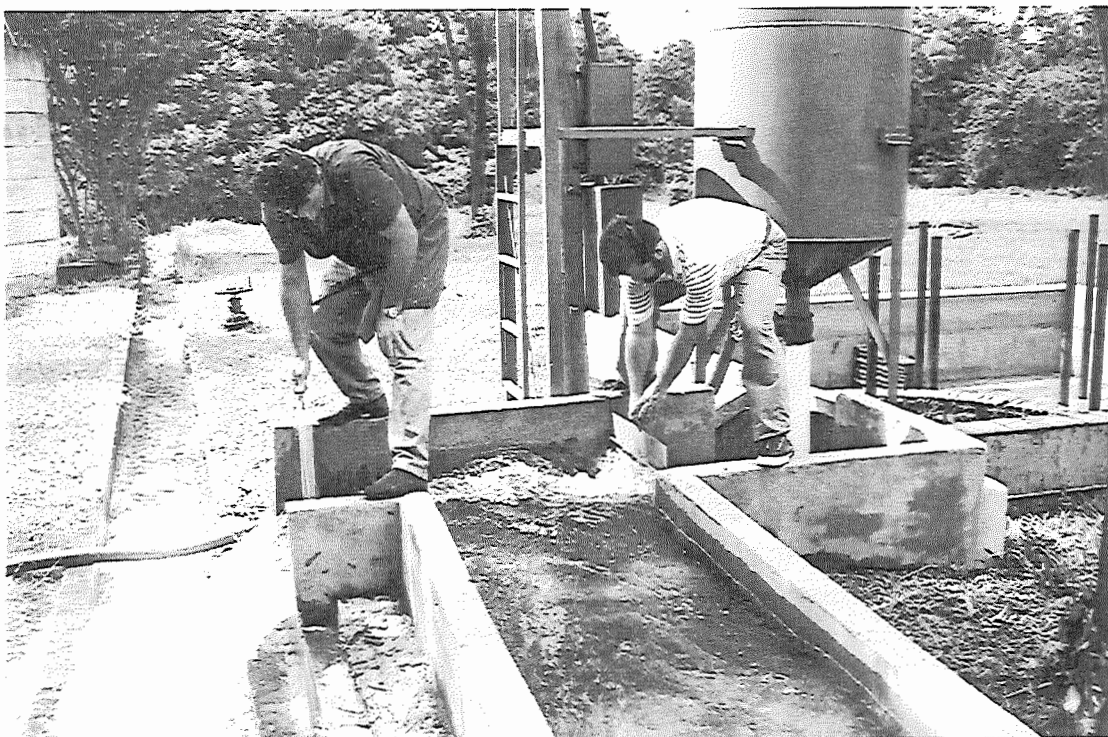


FOTO IV.3: Desvio do escoamento para o reservatório de referência.

Atingido o nível do eletrodo superior, o cronômetro eletrônico parava e, então e imediatamente, era travado o cronômetro mecânico. Duas repetições da leitura inicial eram realizadas para cada vazão, após o que passava-se à vazão imediatamente superior com a manobra do registro de controle e, assim, sucessivamente para todas as vazões. Na Tabela A.2.4, indicam-se os valores lidos, em cada um dos

cronômetros citados, nos dois últimos dos três ensaios de calibração realizados. Destes, os valores dos tempos lidos no cronômetro mecânico foram adotados para cálculo das vazões usadas no processo de calibração do vertedor, conforme as planilhas indicadas na Tabela A.2.5. A correspondente curva de calibração está representada graficamente na Figura IV.3.

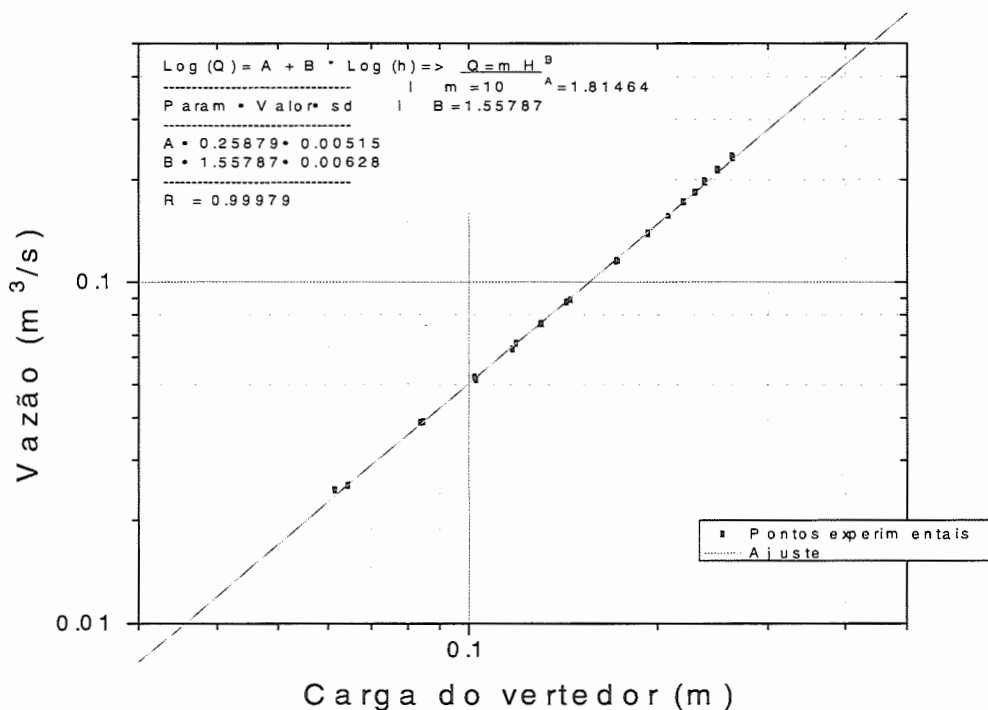


FIGURA IV.3: Curva de calibração do vertedor.

A equação de ajuste escreve-se como:

$$Q = 1,81464 \cdot H^{1,55787} \quad (IV.11)$$

com H em metros e Q, em m³/s.

Durante os ensaios, a leitura de H foi efetuada em poço lateral por meio de ponta com escala e vernier, atingindo-se a precisão de 0,1mm.

IV.3 - Medida das vazões de ar arrastado e forçado (Q_{ar})

Para a determinação da vazão de ar arrastado (succionado) pelo escoamento de alta velocidade, bem como da vazão de ar impulsionado (com um soprador), de modo a ter-se pressão atmosférica sob o jato, tornou-se necessário efetuar a calibração do bocal de conformação do escoamento à entrada do duto de abastecimento.

IV.3.1 - O duto de entrada de ar

Com o lançamento do escoamento pela rampa de fundo da canaleta, cria-se uma depressão na câmara sob o jato. Através do duto construído em acrílico e apresentado na Foto IV.4, o ar é succionado para a câmara, de onde é arrastado pela corrente, dando origem ao escoamento aerado que tem a aparência de "água branca".

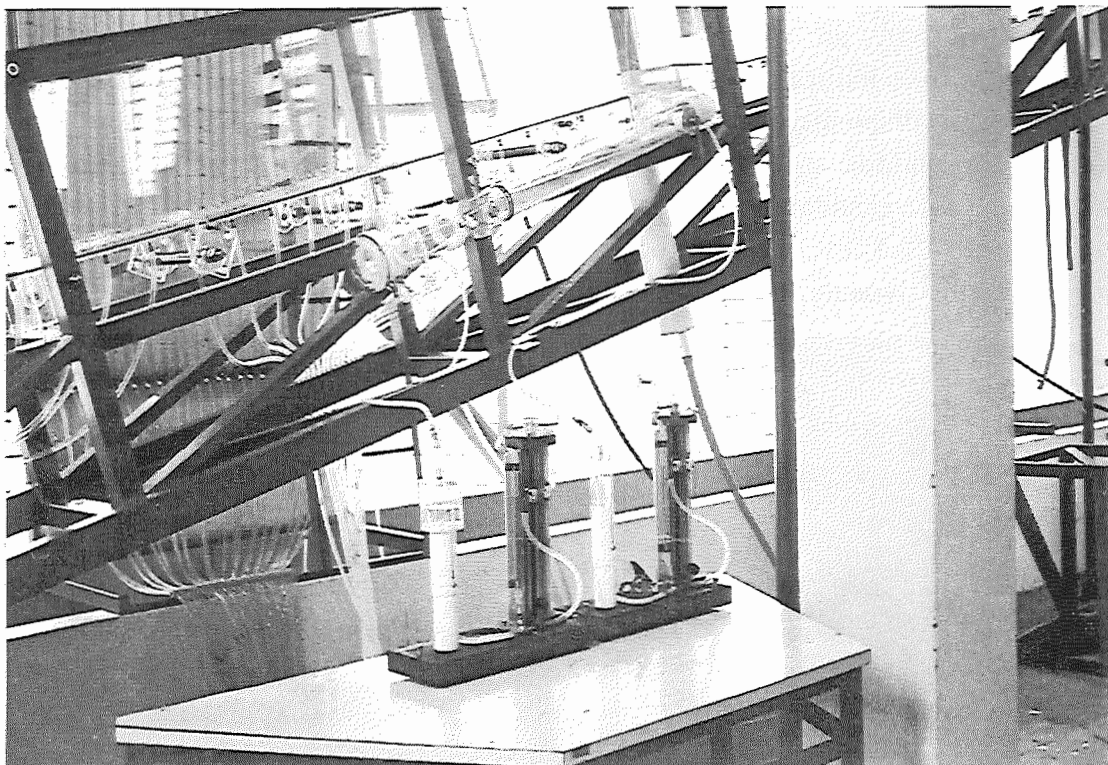


FOTO IV.4: Vista da canaleta com duto de ar instalado.

O duto tem diâmetro interno de 71,65mm, correspondente à média de 8 medidas feitas em diâmetros diferentes com desvio padrão $s = 0,082\text{mm}$. O bocal de entrada, após polimento, ficou com diâmetro na seção de garganta igual 70,98mm, média de outras 8 medidas com desvio padrão $s = 0,014\text{mm}$.

Como citado no Capítulo III, o bocal foi usinado segundo um perfil recomendado, de modo a dotar o escoamento de entrada com uma distribuição de velocidade o mais próximo possível de uma distribuição uniforme.

IV.3.2 - Calibração do bocal do duto de entrada de ar para vazões succionadas

Na seção de garganta do bocal, foram executados furos de tomada de pressão na extremidade de dois diâmetros perpendiculares. Estes furos, com $\phi = 1,5\text{mm}$, foram interligados por uma câmara piezométrica, de onde tomava-se a

pressão por intermédio de mangueira flexível, cuja extremidade oposta ligava-se ao reservatório de um micromanômetro de tubo inclinado tipo NACA (VIEIRA, 1966).

O perfil de velocidade na garganta foi levantado segundo dois diâmetros perpendiculares, utilizando-se de tubos Pitot construídos em material inox e diâmetro externo de, aproximadamente, 1,9mm. Com este diâmetro, atendeu-se a recomendação segundo a qual o diâmetro do tubo Pitot deve ser, no mínimo, 26 vezes menor que o do conduto para conseguirem-se leituras a $0,019D$ da parede deste (OWER & PANKHURST, 1977). Dois dispositivos micrométricos para posicionamento de tubos Pitot foram construídos e montados em diâmetros perpendiculares numa seção situada a, aproximadamente, 9cm da garganta do bocal de entrada no duto de ar. Na Foto IV.5, está apresentado o conjunto - duto de ar e bocal de entrada - com dispositivos de medição e micromanômetros ligados.

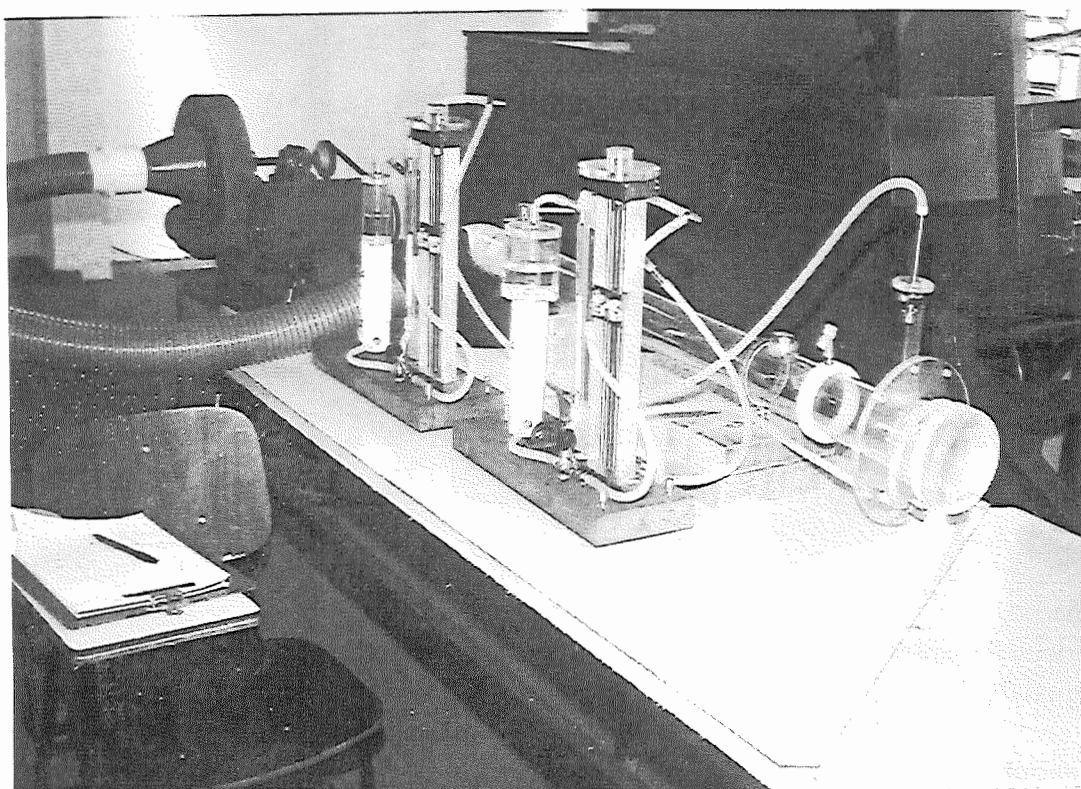


FOTO IV.5: Montagem para a calibração do bocal do duto de ar para vazões succionadas.

De modo a ter-se maior controle sobre a vazão de ar arrastado, bem como pelas condições mais adequadas para o levantamento de perfis de velocidade, dois ventiladores com capacidades diferentes foram empregados. Na Foto IV.5, o ventilador de maior capacidade promove a sucção de ar através do duto e respectivo bocal. O controle da vazão de ar arrastado foi efetuado por uma válvula tipo borboleta, montada junto à seção de saída do duto de ar, a qual podia ser fixada em seis posições angulares relativas à seção

transversal do escoamento, quais sejam: 90, 75, 60, 45, 30 e 15°. Perfis de velocidade na garganta do bocal foram levantados para todas estas posições com o ventilador menor e para as posições relativas aos três maiores ângulos, com o ventilador maior. Um detalhe da instalação de um dos micrométricos e tubo Pitot para o levantamento do perfil de velocidade na garganta do bocal é visto na Foto IV.6.

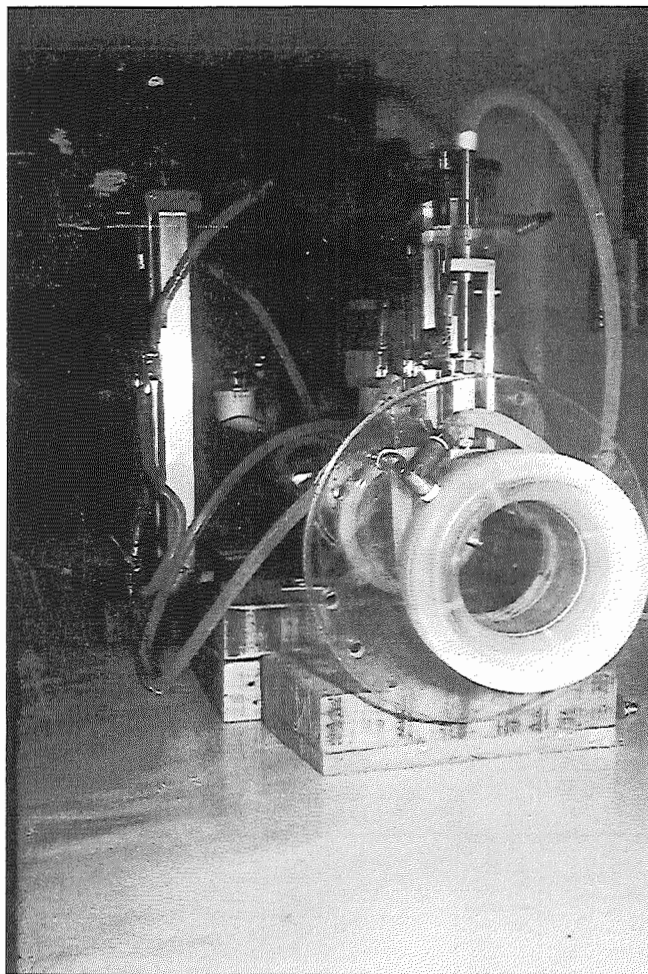


FOTO IV.6: Vista do micrométrico e tubo Pitot instalado junto ao bocal.

Quatro das nove planilhas para os perfis de velocidade levantados estão mostradas nas Tabelas A.2.6 a A.2.9 para os dois ventiladores empregados. A Tabela A.2.10 contém um resumo dos resultados indicados nestas nove planilhas citadas, quais sejam, valores médios de velocidade axial, em 11 (onze) posições radiais, e os correspondentes produtos $V.r$ para o cálculo da vazão por integração numérica do perfil.

Os nove perfis de velocidade são apresentados juntos na Figura IV.4. Destacam-se nesta figura a simetria e a proximidade dos perfis ao correspondente perfil retangular na entrada do bocal.

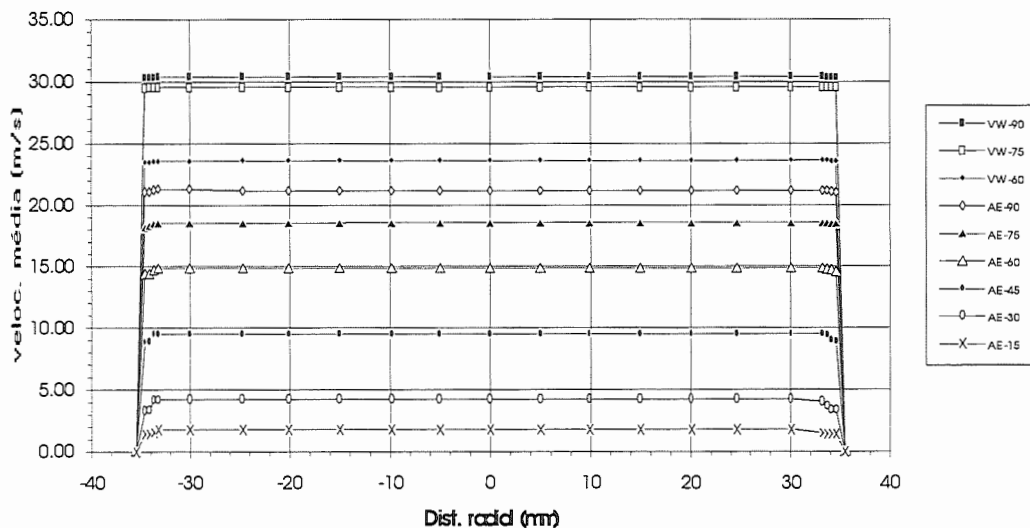


FIGURA IV.4: Perfis de velocidade no bocal - ventiladores succionando.

As curvas $(V.r) \times r$ para estes mesmos nove perfis de velocidade são indicadas na Figura IV.5.

Os correspondentes valores das áreas sob as curvas " $(V.r) \times r$ " quando multiplicados pela constante 2π resultam nos valores das vazões aspiradas (succionadas), através do duto de ar, pelos ventiladores. No Quadro IV.3, estão apresentados os valores das vazões aspiradas e os correspondentes valores de pressão estática na garganta do bocal.

Neste quadro, observa-se também que as vazões reais aspiradas através do bocal são da ordem de 95,61% a 97,75% das correspondentes vazões teóricas, avaliadas para fluido perfeito.

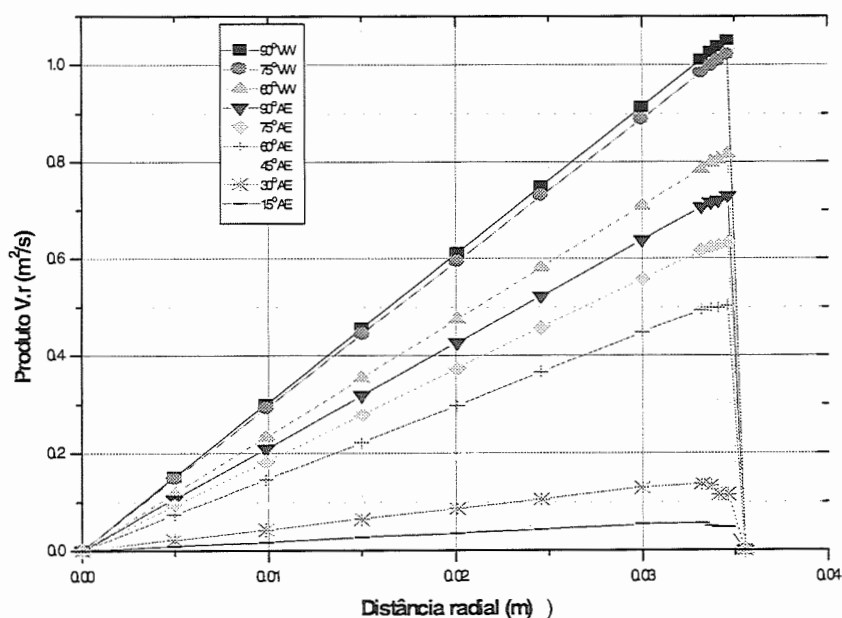


FIGURA IV.5: Produtos $V.r \times r$ para avaliação da vazão através do bocal.

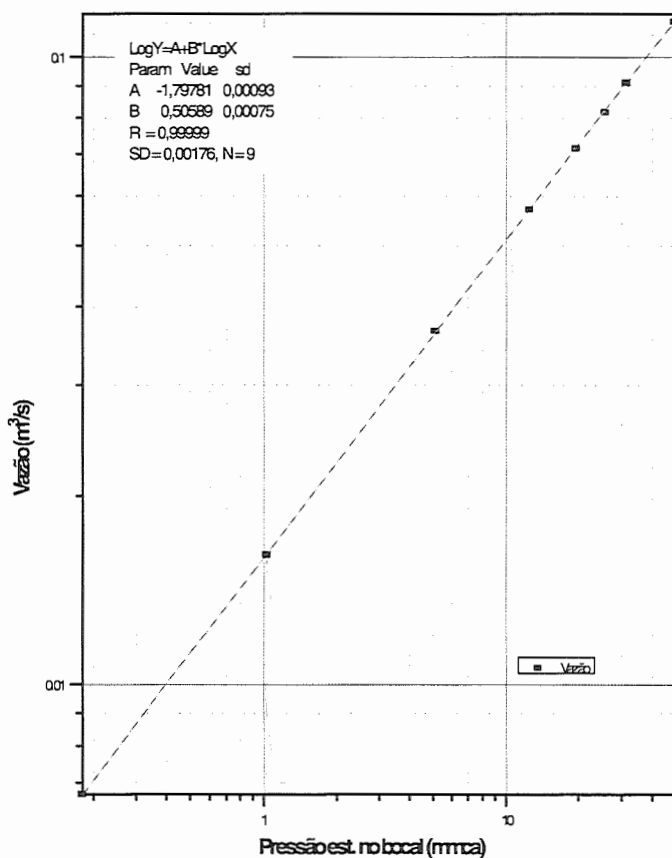
QUADRO IV.3: Dados de calibração do bocal para vazões succionadas.

Ventilador	Ang.válv. Borboleta	(Dh)est. mm.c.a.	Integral V.r	Velocidade média	Vazão (m ³ /s)	Vazão Teórica	Qr/Qt %
AERO	15	0.18	0.00107	1.70	0.0067	0.0070	95.61
	30	1.03	0.00256	4.06	0.0161	0.0168	95.79
	45	5.12	0.00582	9.24	0.0366	0.0376	97.28
	60	12.48	0.00910	14.45	0.0572	0.0586	97.54
	75	19.58	0.01138	18.07	0.0715	0.0733	97.60
	90	25.64	0.01301	20.66	0.0817	0.0837	97.67
VW	60	31.27	0.01449	23.01	0.0910	0.0932	97.70
	75	48.89	0.01816	28.84	0.1141	0.1168	97.73
	90	51.57	0.01868	29.66	0.1174	0.1201	97.75

Lançados em gráfico, de acordo com a Figura IV.6, os pontos experimentais (Δh_{est} , Q) permitiram ajustar a curva de calibração para as vazões succionadas através do bocal escrita como:

$$Q_{ar} = 0,01593 * \Delta h_{est}^{0,50589} \quad (IV.12)$$

sendo Δh_{est} a altura representativa da pressão estática na garganta do bocal, dada em mm.c.a., e Q a vazão em volume de ar livre, em m³/s.

FIGURA.IV.6: Curva de calibração: Vazão succionada x Δh_{est} no bocal.

IV.3.3 - Calibração do bocal do duto de entrada de ar para vazões impelidas

Uma vez que nos ensaios o ventilador (soprador) foi empregado para impelir ar através do bocal e duto para o interior da câmara sob o jato, de modo a avaliar-se a vazão correspondente à pressão atmosférica sob a lâmina, a calibração do bocal para condições semelhantes de funcionamento teve de ser efetuada.

Do ventilador, o ar impelido passava por um trecho de, aproximadamente, 2,0m de comprimento de mangueira flexível, atravessava um trecho de tubo de PVC com $\phi=200\text{mm}$, dentro do qual instalaram-se placas perfuradas para a uniformização do fluxo, e, então, escoava através do bocal e duto de ar para a atmosfera. A montagem para esta fase do processo de calibração do bocal está mostrada na Foto IV.7. Nesta foto, observa-se o Pitot instalado junto à seção de saída do uniformizador, onde o bocal está fixado.

Os perfis de velocidade na garganta foram também levantados segundo dois diâmetros perpendiculares, utilizando-se dos mesmos tubos Pitot e dispositivos micrométricos para posicionamento dos referidos medidores empregados no procedimento de calibração anteriormente descrito.

Uma vez que para os ensaios com pressão atmosférica sob a lâmina não há necessidade de alterar-se o ângulo na válvula borboleta instalada no duto de ar, o controle da vazão de ar impelido foi efetuado por um registro de gaveta de $2\frac{1}{2}''$, montado junto à seção de entrada (sucção) do ventilador. Assim, a válvula borboleta mantêve-se completamente aberta durante este procedimento de calibração, isto é, com ângulo de 90° .

Perfis de velocidade na garganta do bocal foram levantados para o registro de controle de vazão aberto (18 voltas da haste de comando do elemento de obstrução da seção) e aberturas parciais correspondentes a 11, 6, 3 e 1,5 voltas da referida haste de comando.

Sete planilhas para os perfis de velocidade, sendo três para o registro totalmente aberto (18 voltas) e uma para cada das outras aberturas parciais, estão apresentadas nas Tabelas A.2.11 a A.2.17. O traçado destes perfis de velocidade apresenta-se sobre um único gráfico mostrado na Figura IV.7. Destaca-se, nesta figura, uma leve assimetria em alguns perfis, apesar de manterem ainda estreita proximidade aos perfis retangulares de entrada correspondentes.

O resumo dos resultados indicados nas sete planilhas citadas, quais sejam, valores médios de velocidade axial, em 11 (onze) posições radiais, e os correspondentes produtos $V.r$ para o cálculo da vazão por integração numérica do perfil, está apresentado na Tabela A.2.18.

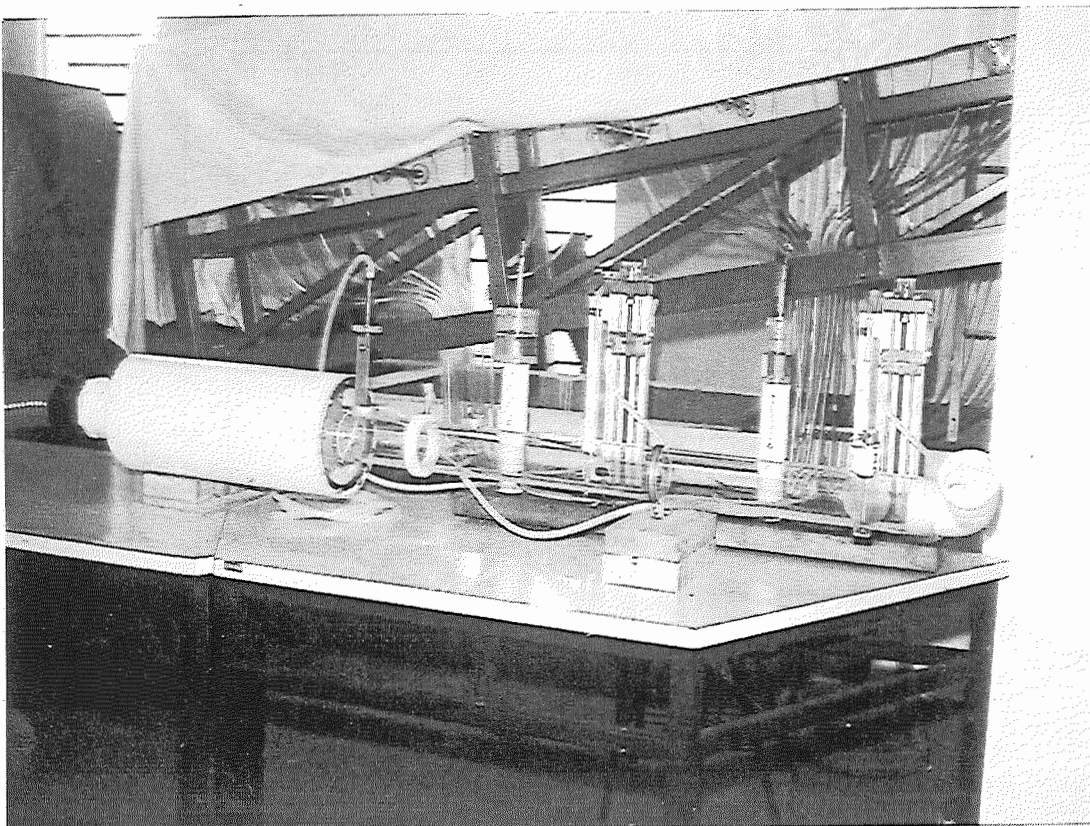


FOTO IV.7: Montagem para calibração do bocal para vazões impelidas.

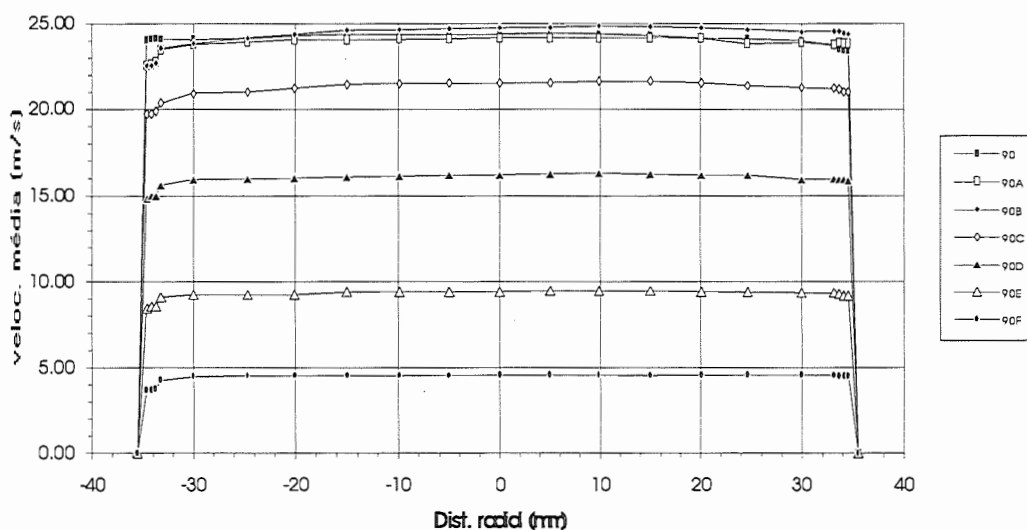


FIGURA IV.7: Perfis de velocidade no bocal - ventilador VW soprando.

Como visto no caso anterior, a partir da integração das curvas " $(V.r) \times r$ ", os valores das vazões impelidas pelo ventilador VW através do duto de ar são obtidas. As curvas $(V.r) \times r$ para os sete perfis de velocidade levantados estão indicadas na figura IV.8.

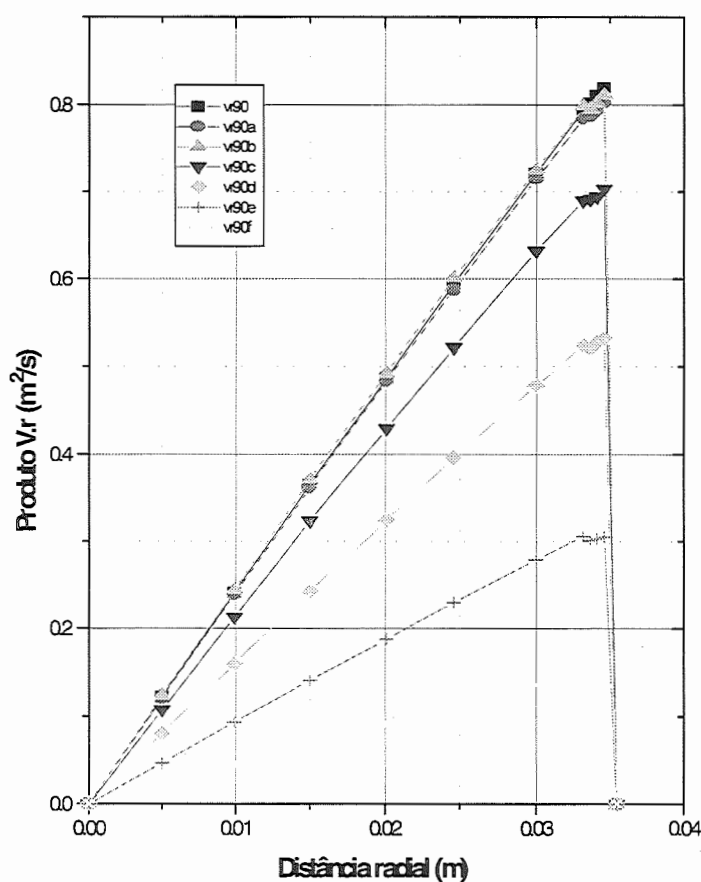


FIGURA IV.8: Produtos $V.r \times r$ para avaliação da vazão através do bocal.

No Quadro IV.4, estão apresentados os valores das vazões impelidas e os correspondentes valores da pressão estática na garganta do bocal. Os pontos experimentais ($\Delta h_{est}, Q$), lançados em gráfico de acordo com a Figura IV.9, permitiram ajustar a curva de calibração para as vazões impelidas através do bocal escrita como:

$$Q_{ar} = 0,01378 * \Delta h_{est}^{0,47125} \quad (IV.13)$$

sendo Δh_{est} a altura representativa da pressão estática na garganta do bocal, em mm.c.a., e Q a vazão de ar livre, em m^3/s .

QUADRO IV.4: Dados de calibração do bocal para vazões impelidas.

Ang.válv. Borboleta	Reg.controle voltas	(Dh)est. mm.c.a.	Integ (V.r) (m2/s)	Veloc.méd. (m/s)	Vazão (m3/s)
90	18	56.07	0.01481	23.5165	0.0931
90a	18	54.28	0.01466	23.2783	0.0921
90b	18	57.95	0.01495	23.7388	0.0939
90c	11	44.17	0.01300	20.6425	0.0817
90d	6	25.48	0.00982	15.5930	0.0617
90e	3	7.93	0.00570	9.0509	0.0358
90f	1.5	1.56	0.00276	4.3826	0.0173

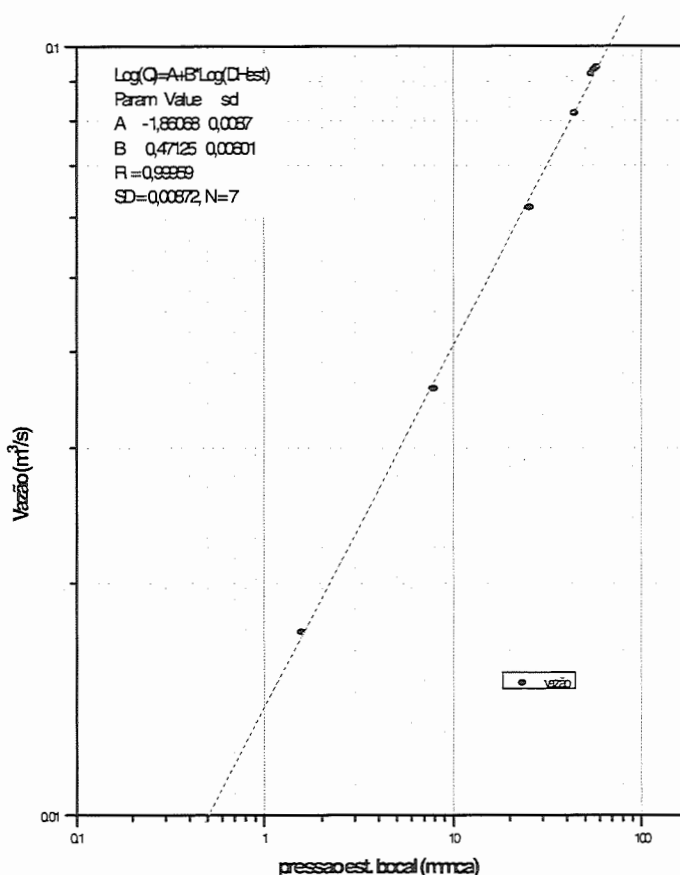


FIGURA IV.9: Curva de calibração: Vazão impelida x Δh_{est} no bocal.

As Eq^s. IV.12 e IV.13 foram utilizadas nos cálculos das planilhas referentes aos dados de arraste de ar promovido pelo escoamento de alta velocidade da canaleta. Com os valores de Δh_{est} obtidos dos ensaios, as vazões de ar (arrastado e impelido) foram determinadas a partir destas equações de calibração do bocal de entrada do duto de ar.

Avaliação dos erros cometidos nas vazões de ar

Dois micromanômetros tipo-NACA (vide Foto IV.4 e Figura IV.10) foram empregados para a obtenção da pressão estática na garganta do bocal de entrada (e, portanto, as vazões de ar pelas Eq^s. IV.12 e IV.13) e na parede da câmara para a determinação da depressão sob o jato.

Os micromanômetros NACA empregados

Estes são um tipo de micromanômetro diferencial baseado em leitura de referência, de faixa relativamente grande e que tem como principais componentes um reservatório em um dos ramos e, no outro, e em paralelo, um pequeno tubo de vidro inclinado e um tubo de vidro vertical, cuja finalidade é indicar o nível da pressão aplicada para o posterior posicionamento do tubo inclinado.

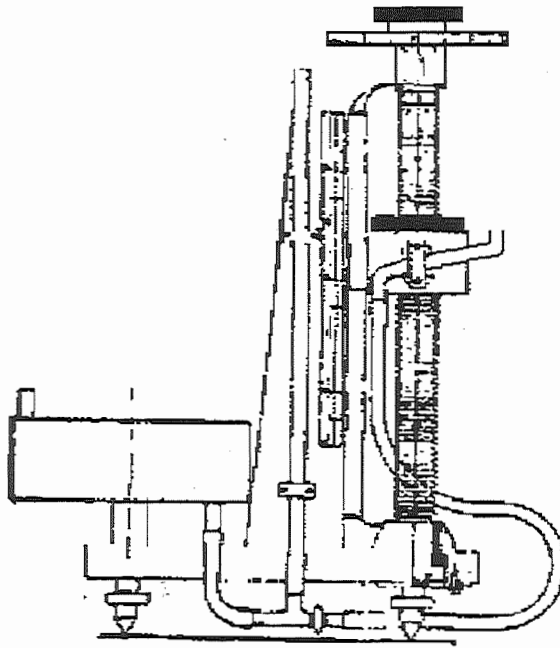


FIGURA IV.10: Micromanômetro tipo-NACA.

O reservatório deve ter área de seção transversal grande em relação à correspondente área do tubo inclinado. Para os micromanômetros empregados, os reservatórios tinham diâmetros de 71,65mm e 41,67mm. Os tubos inclinados foram dispostos com ângulo de 3° com a horizontal, aproximadamente, e tinham diâmetro de 5mm (vide Foto IV.4). Os tubos indicadores tinham diâmetro de 7,20mm, aproximadamente, e, por isso, as leituras tiveram de ser corrigidas devido ao "desvio" de líquido neste tubo quando da aplicação da pressão ao reservatório.

Sendo $a = (D/d)^2$, com D = diâmetro do reservatório e d = diâmetro dos tubos indicadores, tem-se para a leitura corrigida (L_{cor}):

$$L_{cor} = L_{ref} + (L - L_{ref}) \cdot \frac{1+a}{a} \quad (IV.14)$$

No caso dos dispositivos usados, a razão das áreas do reservatório e do tubo vertical resultaram iguais a 98,95 e 33,47, respectivamente. Assim, para as leituras $L_{ref} = 152,96$ mm e $L = 127,47$ mm, ter-se-iam, respectivamente, para as leituras corrigidas: $L_{cor.1} = 127,21$ mm e $L_{cor.2} = 126,71$ mm.

O reservatório pode ser mantido em uma altura fixa que é adotada dependendo da disposição de interesse ou mesmo em função da faixa das pressões atuantes. O tubo inclinado é dotado de única marca a meio comprimento e é posicionado verticalmente por um sistema micrométrico constituído de parafuso sem-fim (passo de 1mm) e disco superior com 100 divisões. Com isso, diferenças de pressão correspondentes a alturas de 0,01mm de coluna do líquido manométrico (no caso, a água com fluido detergente fotográfico à razão de 200:1) podem ser lidas.

No entanto, devido à possível influência da temperatura sobre os diversos componentes do dispositivo e à alteração das características do líquido manométrico (que foi trocado frequentemente durante os ensaios), erros da ordem de 0,05mm a 0,10mm foram estimados de testes de repetibilidade de leituras.

À temperatura de 15°C e 760 mmHg, a massa específica do ar é igual a $\rho_{ar} = 1,225 \text{ kg/m}^3$. Para uma temperatura $t^\circ\text{C}$ e pressão barométrica local p_b mmHg, vem, da equação de estado:

$$\rho_{ar} = 1,225 \cdot \frac{288}{760} \cdot \frac{p_b}{273+t} = 0,4642 \frac{p_b}{273+t} \quad (IV.15)$$

Sendo a pressão dinâmica dada por

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho_{ar} v^2 \quad (IV.16)$$

e a diferença de pressão lida no micromanômetro em mm.c.a

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\gamma_w} \equiv \frac{\Delta p}{9,81},$$

com $\gamma_w \equiv 9810 \text{ N/m}^3$ e Δp , em N/m^2 (Pa), obtém-se da Eq.IV.15:

$$v = 6,5012 \cdot \sqrt{\left(\frac{273+t}{p_b} \right) \cdot \Delta h}$$

Realizou-se a determinação da altitude do piso do Laboratório de Hidráulica a partir de um RN próximo à Barragem do Ribeirão do Lobo, por nivelamento topográfico, bem como a leitura da pressão barométrica local. Esta última foi obtida com aparelho da Estação Meteorológica do CRHEA, de marca R. FUESS. Os seguintes valores foram obtidos: $z_{LAB} = 693,0\text{m}$ e $p_{atm} = 703,0 \text{ mmHg}$.

Com o valor aproximado da pressão local $p_b = 700,0 \text{ mmHg}$, a seguinte expressão foi empregada para o cálculo da velocidade em função da temperatura ambiente e leitura do micromanômetro:

$$v = 0,24572 \cdot \sqrt{(273+t) \cdot \Delta h} \quad (IV.17)$$

Considerando que o erro resultante na velocidade média V seja da mesma ordem do cometido em v , da expressão da vazão viria para o erro relativo (erro máximo possível):

$$\frac{\Delta Q_{ar}}{Q_{ar}} = \left| \frac{\Delta V}{V} \right| + 2 \cdot \left| \frac{\Delta D}{D} \right| \quad (IV.18)$$

sendo

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2} \left(\left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} \right| \right) \quad (IV.19)$$

resultaria

$$\frac{\Delta Q_{ar}}{Q_{ar}} = \frac{1}{2} \left(\left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta(\Delta h)}{\Delta h} \right| \right) + 2 \left| \frac{\Delta D}{D} \right| \quad (IV.20)$$

Com base nos valores mais elevados, quais sejam: $\Delta T = 6,5^\circ\text{C}$ (para a faixa de 15 a 28°C , ao desprezar-se o efeito da temperatura), $\Delta D = t_{0,025} \cdot \frac{s}{\sqrt{8}} \cong 0,07\text{mm}$ (distribuição t-Student e nível de confiança de 95%) e $\Delta h_{\text{est}} = 0,1\text{mm}$, os seguintes erros relativos foram estimados para as velocidades e correspondentes vazões de ar:

V (m/s)	Q (m ³ /s)	Δh_{est} (mmca)	$\Delta V/V$ (%)	$\Delta Q_{ar}/Q_{ar}$ (%)
1	0,0040	0,06	89,6	89,8
2	0,0081	0,23	23,2	23,4
5	0,0202	1,41	4,6	4,8
10	0,0403	5,65	2,0	2,2
15	0,0605	12,72	1,5	1,7
20	0,0806	22,61	1,3	1,5
25	0,1008	35,33	1,2	1,4

IV.4 - Medida da depressão na cavidade (Δp)

Para a medida da pressão (negativa) que ocorre no espaço sob o jato, realizou-se uma tomada de pressão na parede lateral da câmara. Por meio de conexões de 1/4" de diâmetro e mangueira flexível, a pressão era aplicada ao ramo com reservatório do micromanômetro de tubo inclinado tipo NACA, estando o outro ramo aberto para a atmosfera.

Nos ensaios em que estabeleceram-se as maiores depressões na câmara sob o jato, pelo acentuado fechamento da válvula borboleta de controle de entrada de ar, e correspondentes às velocidades mais altas do escoamento da água na canaleta, as pressões oscilavam e, em alguns casos extremos, erros da ordem de 0,5mm a 1,0mm.c.a. eram esperados.

IV.5 - Medida da altura da lâmina d'água (h)

Para a medida da altura da lâmina d'água na seção a montante da rampa na canaleta (tomada perpendicularmente ao fundo da mesma), empregou-se o mesmo suporte para deslocamento do tubo de Prandtl. Apesar de o mecanismo micrométrico propiciar leituras com precisão dentro de 0,01mm, os valores de h estiveram sujeitos a erros absolutos estimados da ordem de 3,0mm, devido às rápidas oscilações superficiais do escoamento de alta velocidade na canaleta, que dificultavam o posicionamento exato de contato do dispositivo indicador com a lâmina d'água.

Relativamente às menores alturas de lâmina d'água, os erros máximos esperados nos correspondentes valores de velocidade média e número de Froude foram avaliados a partir das seguintes expressões:

$$\frac{\Delta V}{V} = \left| \frac{\Delta Q}{Q} \right| + \left| \frac{\Delta B}{B} \right| + \left| \frac{\Delta h}{h} \right| \quad (IV.21)$$

e

$$\frac{\Delta F_r}{F_r} = \left| \frac{\Delta Q}{Q} \right| + \left| \frac{\Delta B}{B} \right| + \frac{3}{2} \left| \frac{\Delta h}{h} \right| \quad (IV.22)$$

sendo B a largura da canaleta em acrílico. Com os valores $V = 5,8$ m/s, $Q = 0,040$ m³/s, $h = 0,034$ m, $F_r \approx 10$ e os erros relativos estimados $\Delta Q/Q = 0,01$, $\Delta B/B = 1/200 = 0,005$, $\Delta h/h = 0,003/0,034 \approx 0,088$, resultariam: $\Delta V/V = 0,103$ ou 10,3% e $\Delta F_r/F_r = 0,147$ ou 14,7%. Nota-se que a imprecisão na leitura de h foi a principal responsável pela alta incerteza relacionada à velocidade média e número de Froude do escoamento da água na canaleta.

IV.6 - Medida do comprimento do jato (L)

A avaliação do comprimento da cavidade sob o jato, considerado como a distância da borda da rampa ao ponto de impacto do jato sobre o fundo da canaleta, foi efetuada a partir do perfil longitudinal das pressões visualizado no quadro de piezômetros. Na placa de fundo da canaleta em acrílico, vinte e seis tomadas de pressão foram executadas perpendicularmente ao fundo e distanciadas de 10cm uma da outra.

As tomadas de pressão estavam ligadas por um conjunto de mangueiras plásticas transparentes, de mesmo comprimento (5,0m), ao quadro de piezômetros, conforme o esquema apresentado na Figura IV.11. Anteriormente à circulação de água no modelo, estabelecia-se através de cada mangueira e por intermédio do correspondente registro de agulha a vazão mínima, no sentido do quadro de piezômetros para a canaleta, suficiente para evitar a entrada de ar durante o funcionamento normal com água na bancada. Desta maneira, os topos das colunas líquidas nos piezômetros dispunham-se com inclinação igual à do fundo da canaleta,

que era então demarcada por uma barra de alumínio presa de modo a coincidir com a linha que passava pelos referidos topos. Fazendo-se circular a água na bancada, pequena alteração de cota era observada para os pontos sob a cavidade mas ficava perfeitamente evidenciada a região de impacto do jato (pontos de "pico"), destacando-se, na maioria dos ensaios com rampas lisas, a posição de maior pressão no fundo.

Nos casos das rampas acentuadamente rugosas, uma região extensa de contato do jato com o fundo formava-se, não se destacando um ponto de maior pressão. Tornava-se necessária, nestes casos, análise mais cuidadosa aliada à observação da trajetória do jato para a definição do seu comprimento, que esteve, portanto, sujeita a avaliação subjetiva.

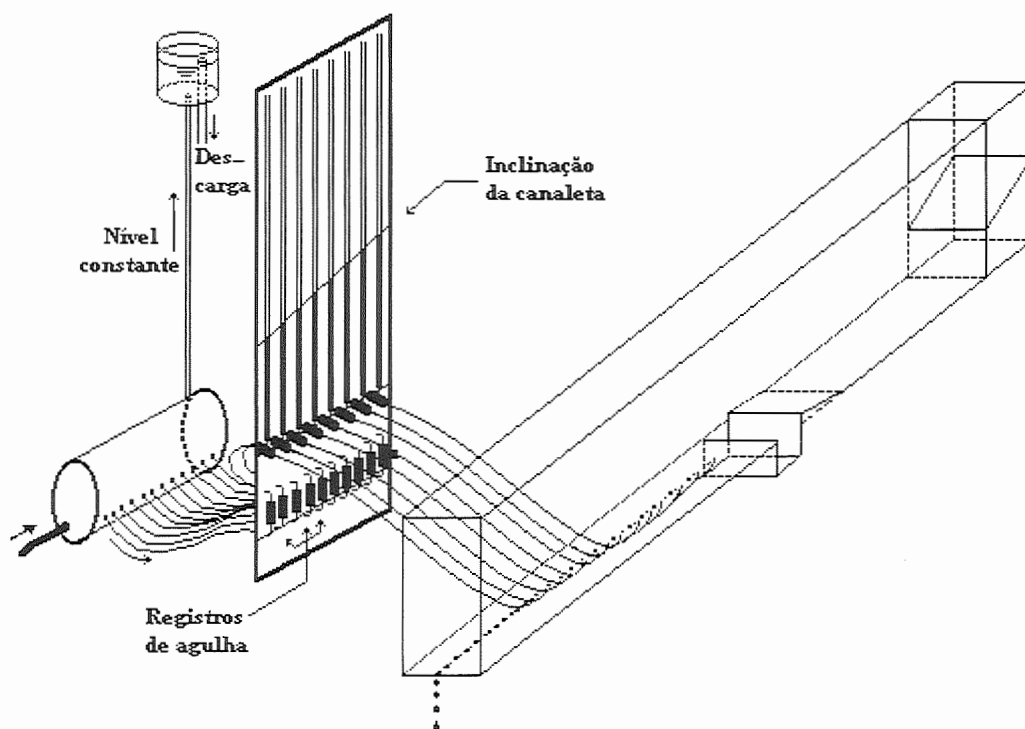


FIGURA IV.11: Tomadas de pressão no fundo da canaleta e quadro de piezômetros.

CAPÍTULO V

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

V.1 - Apresentação dos Resultados

V.1.1 - Ensaios realizados

Com vistas a estabelecer as relações de dependência do coeficiente de arraste de ar ($\beta = Q_{ar}/Q_w$) para os diversos parâmetros intervenientes (vide Capítulo II), as grandezas registradas em cada corrida experimental foram:

- ângulo de inclinação da canaleta (α);
- ângulo de inclinação da rampa de fundo para lançamento do jato (θ);
- temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$);
- $d \Rightarrow$ altura do degrau (mm);
- $\Delta h_{est} \Rightarrow$ altura de pressão estática no bocal do duto de ar (mm.c.a.);
- $\Delta p/\gamma \Rightarrow$ depressão sob o jato (mm.c.a.);
- $L \Rightarrow$ comprimento do jato (m);
- $H \Rightarrow$ carga do vertedor (m);
- $h_{comp} \Rightarrow$ abertura da comporta de entrada para a canaleta (mm); e
- $h \Rightarrow$ altura da lâmina d'água a montante da rampa (mm).

Os ensaios foram realizados de modo a cobrir a mais ampla faixa possível de variação das grandezas e parâmetros adimensionais. Resumidamente, descrevem-se, a seguir, os limites empregados para as diversas grandezas e os tipos de ensaios realizados.

Inclinação da canaleta (α):

A canaleta foi ensaiada para as inclinações aproximadas de 3, 14, 30 e 45°. As Fotos V.1, V.2 e V.3 mostram aspectos do escoamento de alta velocidade, respectivamente, para os ângulos de 3°, 14° e 45°. A operação de mudança da inclinação tomava, em média, 2,0 horas de trabalho e sempre realizava-se com o máximo cuidado, devido ao relativo risco envolvido, principalmente nas inclinações maiores.

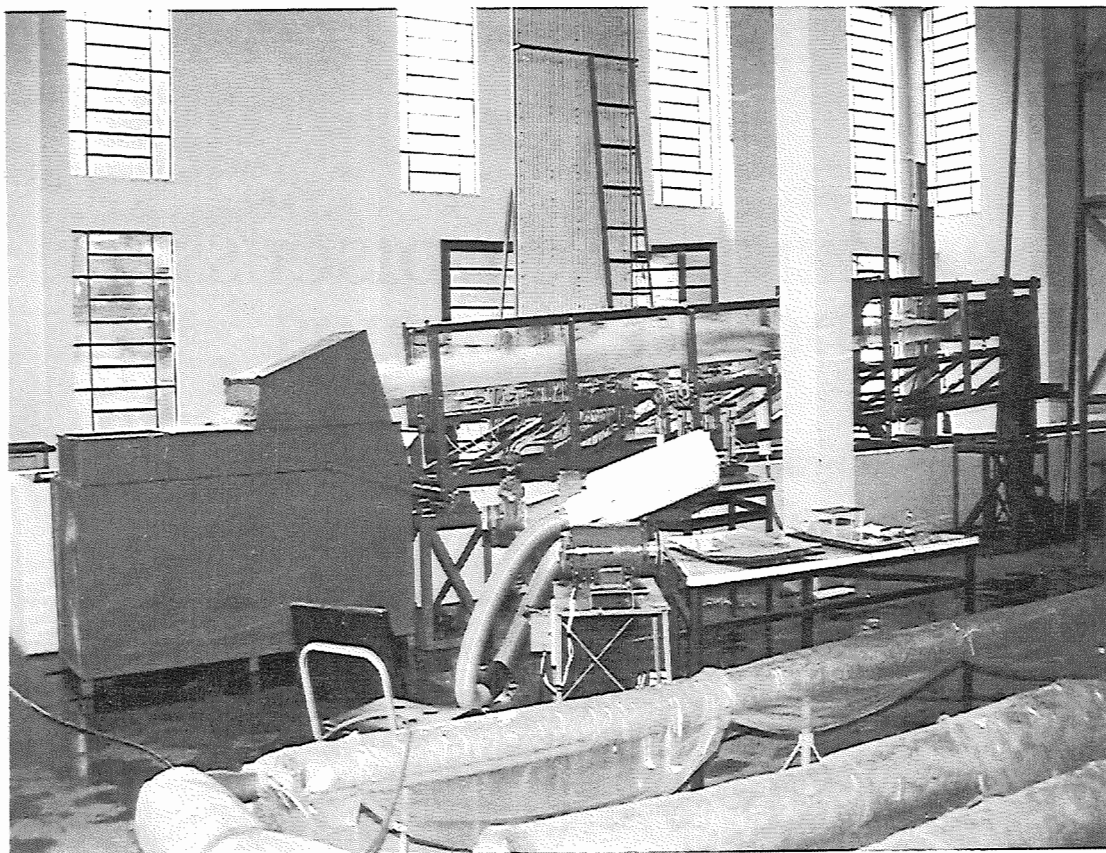


FOTO V.1: Ensaio com inclinação da canaleta $\alpha = 3^\circ$.

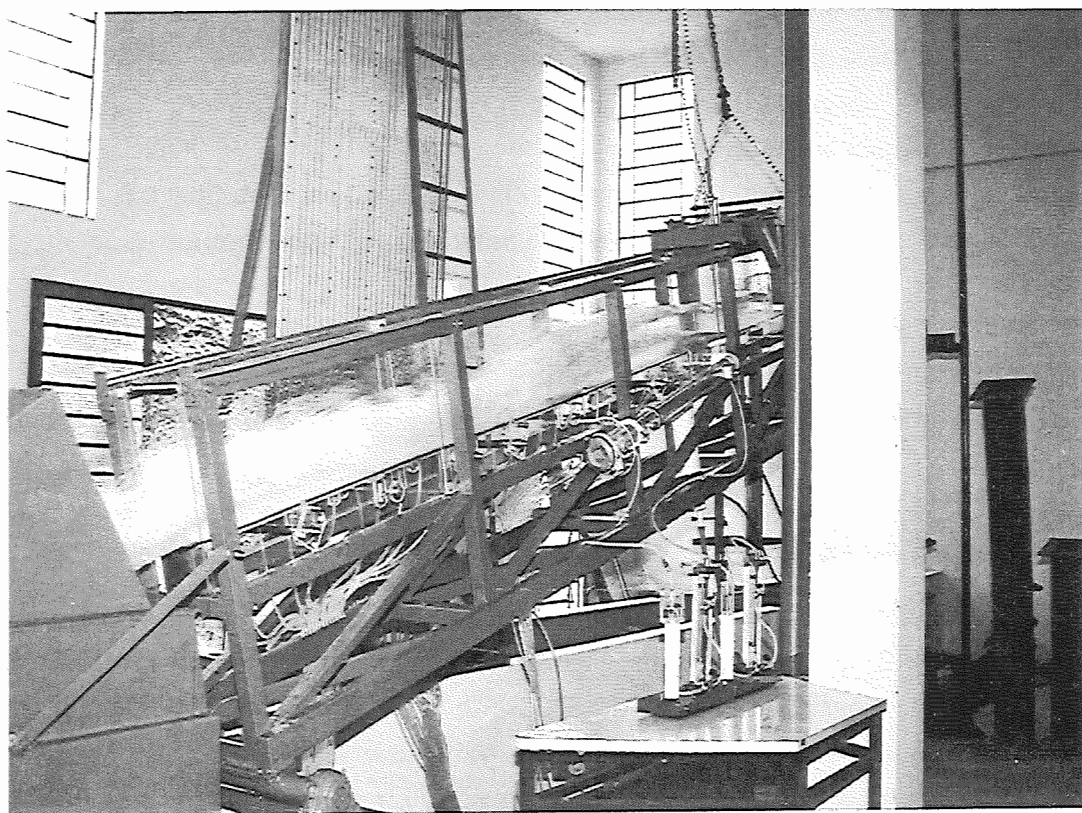


FOTO V.2: Ensaio com inclinação da canaleta $\alpha = 14^\circ$.

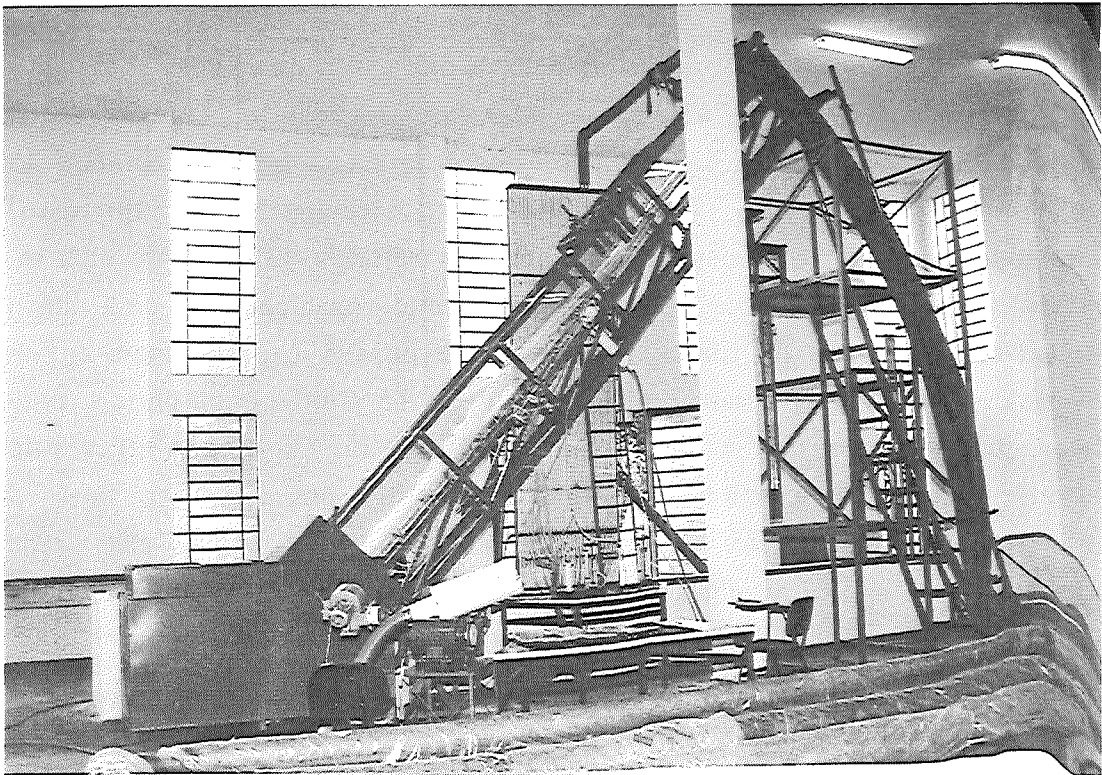


FOTO V.3: Ensaio com inclinação da canaleta $\alpha = 45^\circ$.

Os ensaios foram desenvolvidos a partir da inclinação de 14° , passando-se para 30° e, então, 45° . Promoveu-se o rebaixamento do fundo da canaleta a jusante da câmara a fim de analisar-se o efeito do degrau no coeficiente de arraste de ar. A inclinação foi, então, alterada de 45° a 3° . Retornado o fundo à posição original, os ensaios com degrau nulo ($d=0$) foram realizados finalmente para a menor inclinação (3°).

Inclinação da rampa de fundo (θ):

Para uma dada inclinação da canaleta, ensaios foram realizados para os seguintes ângulos de inclinação da rampa de fundo, responsável pelo lançamento do jato: 0, 4, 6, 8 e 10° . A troca de uma rampa por outra normalmente realizava-se em um intervalo de tempo de 15 minutos.

Procedimento de ensaio completo

Fixada a inclinação da canaleta, para dada inclinação da rampa de fundo, três aberturas da comporta de entrada na canaleta foram ensaiadas, quais sejam: $h_{\text{comp}} = 60, 90$ e 120 mm. Para cada uma das três aberturas da comporta, em média, cinco vazões na canaleta foram empregadas. Estas vazões foram escolhidas de maneira tal que pudessem, dentro do possível, ser ensaiadas em condições geométricas diferentes da bancada. A cada inclinação da canaleta, novos números de voltas do registro geral de controle eram estabelecidos de modo a repetir vazões (números de Froude) ensaiadas(os) nas outras condições.

Para cada vazão imposta ao modelo, a depressão na câmara sob o jato era alterada atuando-se na válvula borboleta do duto de ar. Para a mesma vazão de água na canaleta liam-se seis valores de Δh_{est} (pressão estática no bocal), $\Delta p/\gamma$ (depressão sob o jato) e L (comprimento do jato) correspondentes às seis posições angulares da referida válvula. Verifica-se, portanto, que, numa única corrida experimental, ensaiando-se uma única inclinação da rampa de fundo, 90 (noventa) pontos experimentais foram levantados nos ensaios típicos realizados. Outros 15 pontos eram obtidos para determinação do arraste máximo, isto é, no caso de impelir-se o ar através do duto de modo a atingir-se a pressão atmosférica sob a lâmina.

Estes ensaios completos consumiam, em média, para cada abertura da comporta de entrada, duas horas de trabalho contínuo, incluídos os preparativos para a corrida, e realizaram-se para todas as rampas "lisas" com a inclinação da canaleta em 14° e para a rampa "lisa" de 4° , em todas as outras inclinações da canaleta.

Procedimento de ensaio normal

Neste caso, a válvula borboleta mantinha-se completamente aberta. Para cada rampa de fundo instalada, 15 pontos foram levantados e, devido à necessidade de fechamento completo do registro de controle para a mudança da abertura da comporta, estes ensaios eram realizados, em média, em 90 minutos.

Ensaaios com rampas acentuadamente rugosas

Para todos os ensaios realizados com as rampas em acrílico, "lisas", de 4° , 6° , 8° e 10° , ensaios correspondentes foram executados com um segundo jogo dessas rampas, artificialmente rugosas, às quais seixos arredondados com diâmetro entre 4,76 e 10,00mm foram colados e pintados em cor verde. Na Foto V.4, apresentam-se os conjuntos de rampas "lisas" e acentuadamente rugosas. Assim, uma análise comparativa ampla pode ser desenvolvida relativamente ao comportamento das rampas lisas e acentuadamente rugosas no tocante ao arraste de ar para condições idênticas de ensaio.

As rampas acentuadamente rugosas foram ensaiadas em toda a faixa experimental adotada para as rampas "lisas", sendo que o ensaio completo foi realizado apenas para a inclinação de 14° da canaleta, rampa de fundo de 4° , abertura da comporta de 120mm e na condição de degrau nulo. Em todos os outros casos, realizou-se o ensaio normal.



FOTO V.4: Conjuntos de rampas "lisas" e acentuadamente rugosas.

Ensaios para análise do efeito da rugosidade da rampa no arraste de ar

Além dos ensaios com as rampas "lisas" e acentuadamente rugosas já mencionados, ensaios específicos de rampas dotadas com rugosidades intermediárias foram realizados. A Foto V.5 apresenta as granulometrias usadas, dispostas sobre uma única placa para efeito de comparação. As rugosidades intermediárias corresponderam a areia peneirada com as seguintes faixas de diâmetros dos grãos: $\phi < 1,0\text{mm}$; $1,0 < \phi < 2,5\text{mm}$ e $3,5 < \phi < 4,76\text{mm}$.

Os ensaios foram realizados para a inclinação da canaleta igual a 14° e a rampa de fundo com ângulo de 4° . As mesmas três aberturas da comporta de entrada na canaleta foram empregadas, sendo que, para cada uma delas, seis vazões foram estabelecidas na bancada pelo controle do registro geral. Estas mesmas vazões foram repetidas para todas as demais rugosidades ensaiadas.

Das duas rampas de fundo com inclinação de 4° disponíveis, uma sempre foi mantida "lisa", enquanto a outra foi ensaiada com as diferentes rugosidades. Após o levantamento de dados com uma certa rugosidade, a rampa era raspada com espátula, aplicava-se um solvente para a limpeza completa da superfície e, então, sobre uma camada de tinta fresca, espalhava-se a areia correspondente a uma nova rugosidade. No dia seguinte, retirava-se a areia excedente e nova camada de tinta era aplicada. Após a secagem, que geralmente se completava no dia seguinte, a rampa era instalada e, em seguida, procedia-se ao ensaio.

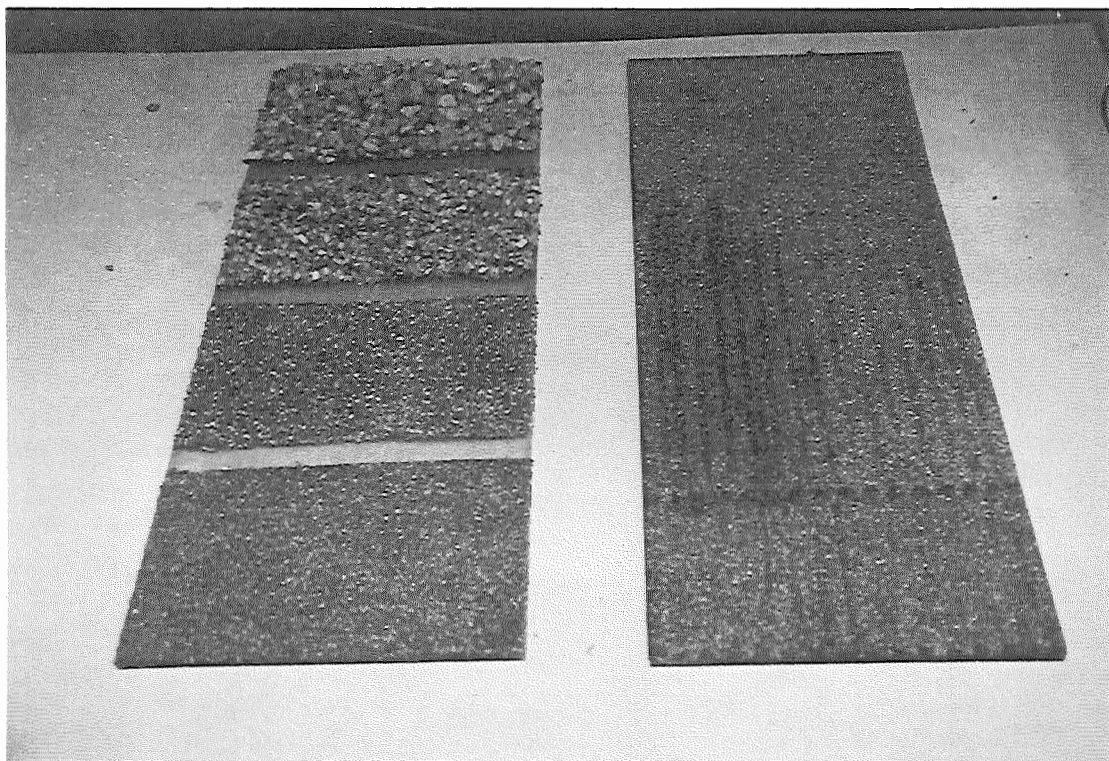


FOTO V.5: Rugosidades ensaiadas e rampa "dentada" rugosa.

Outros ensaios foram também realizados com a rampa de 4°, originalmente "lisa", usinada com frisos longitudinais, igualmente espaçados e de largura de $\frac{1}{4}$ ". Esta rampa dentada foi ensaiada "lisa" e com areia colada para efeito de comparação dos respectivos coeficientes de arraste de ar com o da rampa original, plana e "lisa", com ângulo de 4°. A princípio, a rampa dentada apresentaria uma superfície de contato maior com o ar na câmara, podendo levar a um coeficiente de arraste maior, para as mesmas condições de ensaio, em comparação com a rampa plana e "lisa". A rampa dentada com rugosidade correspondente à areia de menor diâmetro está apresentada também na Foto V.5.

Ensaio para a análise do efeito do escoamento aerado a montante no arraste de ar

Os últimos dados obtidos nesta primeira fase da pesquisa proposta consistiram em avaliar-se o coeficiente de arraste de ar para condições de escoamento aerado a montante. Para obter-se escoamento aerado a montante, o ar foi impelido, por meio de compressor, para a peça de transição à entrada da canaleta. Com o objetivo de melhor distribuir as bolhas de ar na água em escoamento e com diâmetro compatível com o que ocorre no caso real, utilizou-se um domo poroso, como mostra a Foto V.6.



FOTO V.6: Injeção de ar para obtenção de escoamento aerado a montante.

Devido à impossibilidade de realização de uma bateria de testes suficientemente extensa, apenas algumas leituras para avaliação dos coeficientes de arraste de ar com escoamentos aerado e não-aerado a montante foram obtidas. Mantida constante a vazão de água na canaleta, atuando-se no registro geral de controle, o coeficiente de arraste de ar foi medido para o escoamento não-aerado e para o escoamento aerado a montante com concentrações relativas a três vazões de ar impelidas pelo compressor para a peça de transição.

Planilha dos dados levantados

Como anteriormente descrito, um conjunto extenso de dados foi levantado em um intervalo de tempo efetivo de, aproximadamente, 3 meses, correspondendo a uma parcela dos ensaios previstos.

As planilhas dos dados levantados compõem-se de, aproximadamente, 2800 linhas e estão apresentadas na Tabela N^o. A.4.

V.2 - Análise dos Resultados

V.2.1 - Expressões para β_{max} :

V.2.1.1 - Expressão $\beta_{max} = \beta_{max}(\alpha, \theta, Fr)$

O máximo valor do coeficiente de arraste de ar β , representado por β_{max} , corresponde à perda de carga nula no duto de alimentação de ar para a cavidade sob o jato, isto é, a depressão no espaço criado sob o jato Δp iguala-se a zero ($\Delta p = 0$). Como a perda de carga sempre ocorre para qualquer valor da vazão de ar através

daquele duto, um ventilador foi utilizado para impelir a vazão necessária para elevar a pressão sob o jato à atmosférica local.

Um subconjunto dos dados experimentais correspondente a $\Delta p = 0$ foi formado, constituindo-se de 193 pontos experimentais, distribuídos entre as condições apresentadas no Quadro V.1:

Observa-se que somente para a inclinação da canaleta $\alpha \cong 14^\circ$ ensaios foram realizados para todas as inclinações da rampa, isto é, $\theta = 4, 6, 8$ e 10° .

As representações gráficas da função $\beta_{\max} = \beta_{\max}(\text{Fr})$ para todos os pontos experimentais e para cada condição separadamente estão mostradas nas Figuras V.1, V.2, V.3 e V.4. Na Figura V.1, apresentam-se também os limites de confiança (ao nível de 95%) para a reta de ajuste e para valores estimados (previsão), indicando que $\beta_{\max}$ varia dentro de faixas mais amplas para Fr crescente e que os resultados experimentais não são adequadamente representados por uma única reta de ajuste. A Figura V.2 indica que, para dada configuração, os dados admitem a representação linear, apresentada individualmente nas Figuras V.3a, b e c.

QUADRO V.1: Configurações geométricas ensaiadas para avaliação de $\beta_{\max}$.

Configuração (Código*)	α ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	Degrau (mm)	Observações
11000	3	4	0	-
11100	3	4	30	-
21000	14	4	0	-
21040	14	4	0	rampa acentuadamente rugosa
21100	14	4	30	-
22000	14	6	0	-
23000	14	8	0	-
24000	14	10	0	-
31000	30	4	0	-
31100	30	4	30	-
41000	45	4	0	-
41100	45	4	30	-

Obs.: Algarismos do "código": 1º - inclinação da canaleta; 2º - inclinação da rampa; 3º - sem ($^\circ$) / com ($^\circ$) de grau; 4º - rampa lisa (0) / acentuadamente rugosa (4); 5º - $\Delta p = 0$ (0) / $\Delta p \neq 0$ (1).

A análise das Figuras V.3 mostra que a inclinação das retas de ajuste não é comum às configurações (vide Figura V.4) e que, particularmente, as configurações 21040, 23000 e 24000 não estão bem representadas pela equação $\beta_{\max} = C \cdot (\text{Fr})^{-5,4}$. Os diversos valores do coeficiente C estão indicados no Quadro V.2. As retas de melhor ajuste para as configurações citadas têm os seguintes valores de C e Fr_0 :

Configuração	21040	23000	24000
C	0.06568	0.07673	0.08665
Fr_0	4.17775	3.98417	3.86065

Observa-se, ainda, que a inclinação da função $\beta_{\max} = \beta_{\max}(\text{Fr})$, para a inclinação da rampa de 4° , cresce com a inclinação da canaleta na sequência $\alpha = 14, 3, 45$ e 30° .

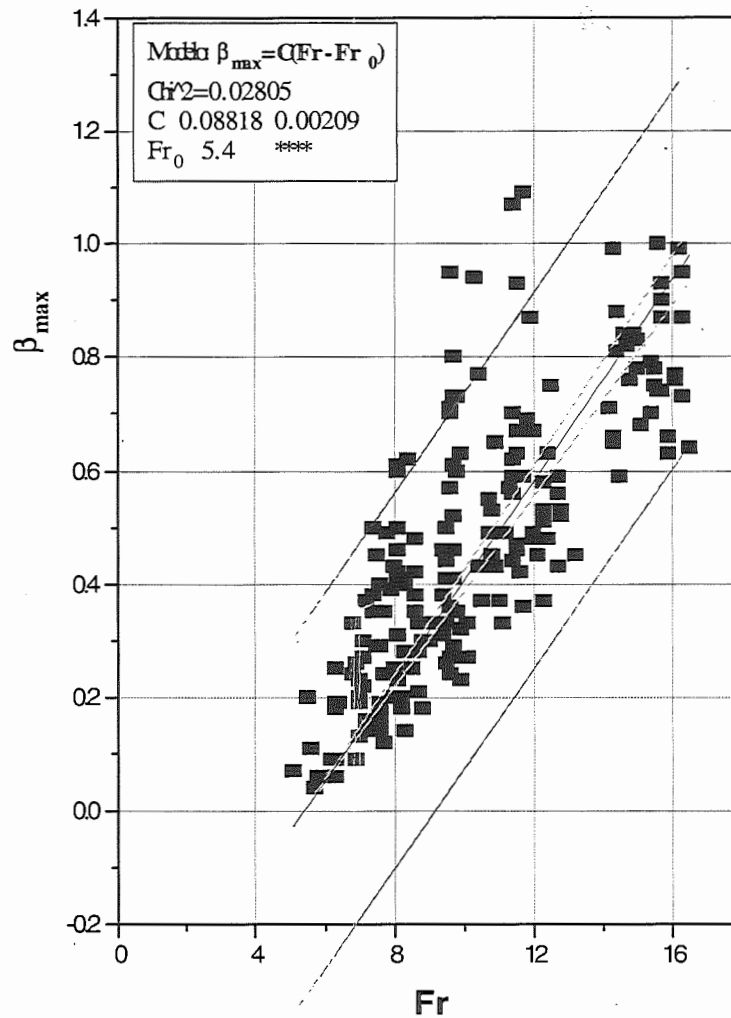


FIGURA V.1: Função de ajuste $\beta_{\max} = \beta_{\max}(Fr)$ incluídas as várias configurações geométricas.

Da Figura V.4 e do Quadro V.2, observa-se que a função $\beta_{\max} = \beta_{\max}(Fr)$ tem inclinação variável para condições geométricas diferentes tanto da rampa quanto da canaleta.

Para dada inclinação da canaleta, RUTSCHMANN & HAGER (1990) lançaram em gráfico os valores da razão C/C_R contra $\tan\theta$, sendo C_R o valor do coeficiente C da Eq. V.1 para a menor inclinação da rampa em cada série:

$$\beta_{\max} = 0,45 C (Fr - 5,4)^\epsilon \quad (V.1)$$

em que ϵ é um expoente que assumiu valores iguais a 0,35 e 1,0 para os dados experimentais usados na análise.

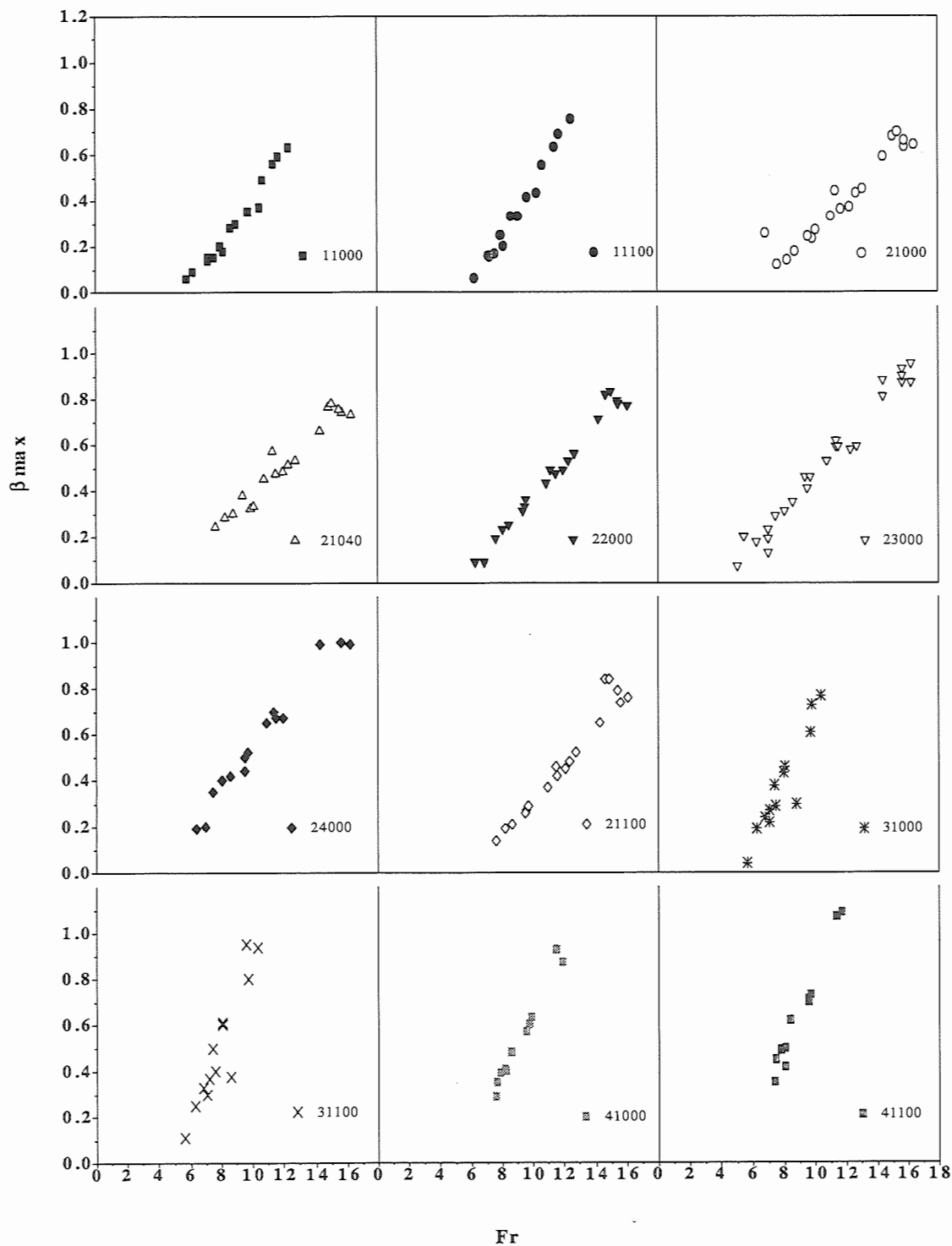


FIGURA V.2: Gráfico $\beta_{\max} \times Fr$ para as várias configurações geométricas.

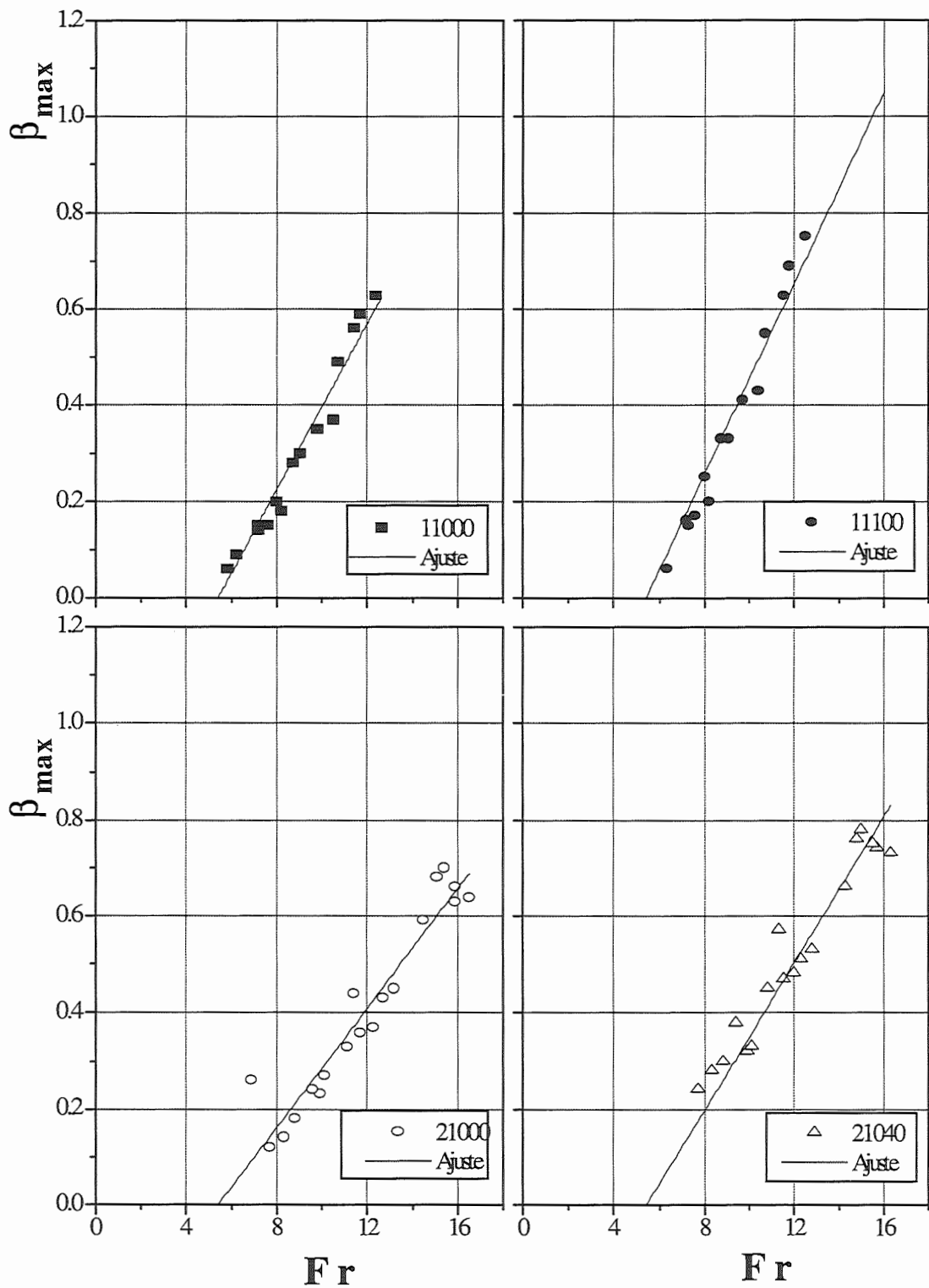


FIGURA V.3a: Gráficos $\beta_{\max} = C(Fr - 5.4)$ para diferentes configurações geométricas.

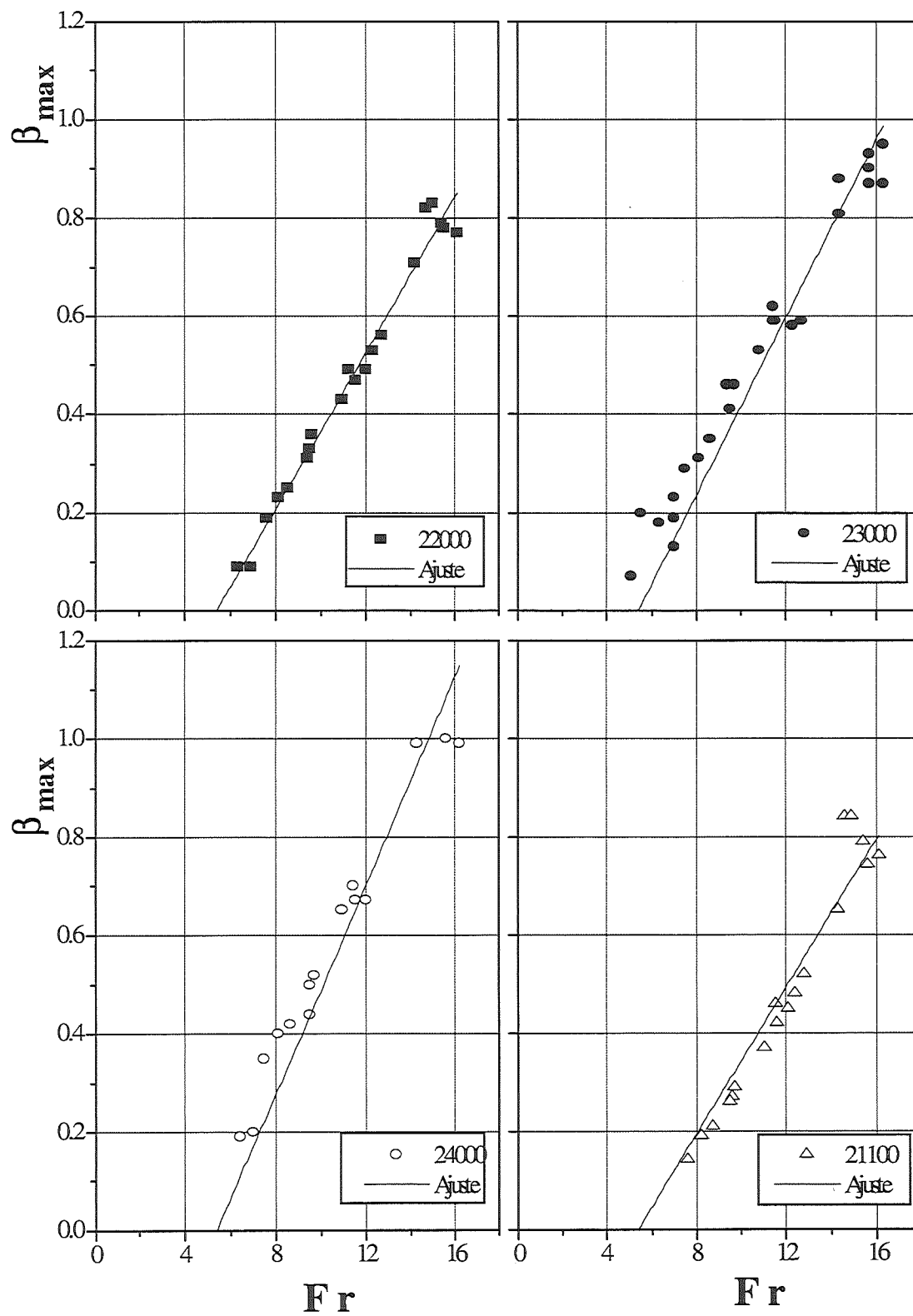


FIGURA V.3b: Gráficos $\beta_{\max} = C(Fr - 5.4)$ para diferentes configurações geométricas.

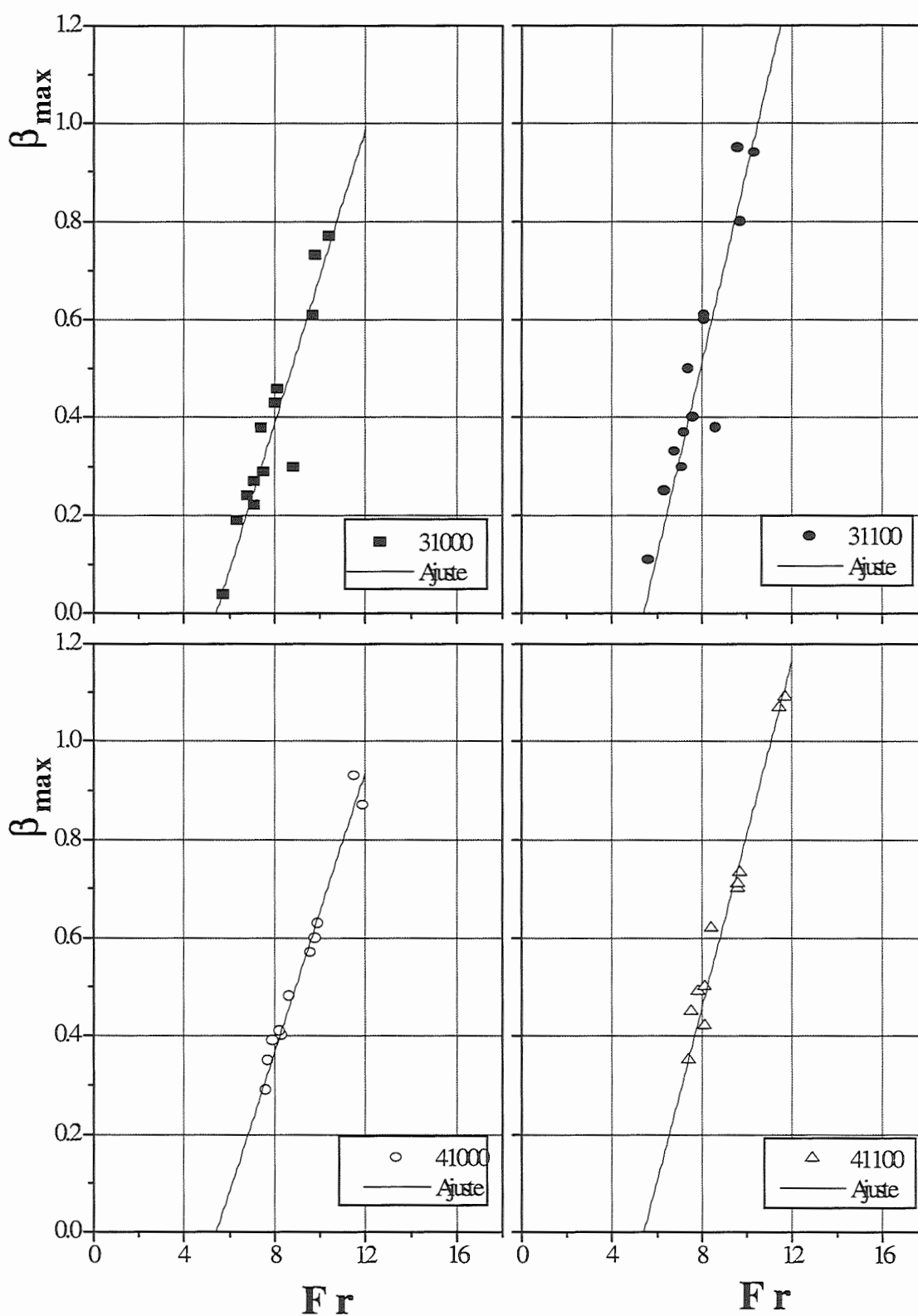
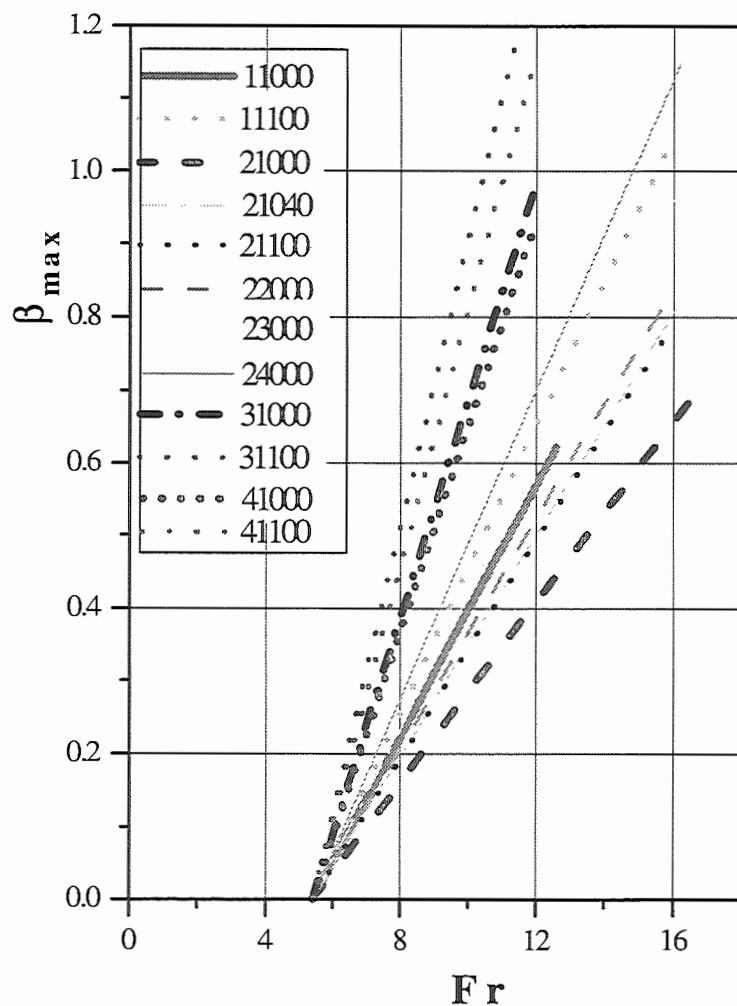


FIGURA V.3c: Gráficos $\beta_{\max} = C(Fr - 5.4)$ para diferentes configurações geométricas.

FIGURA V.4: Retas de ajuste $\beta_{\max}=C.(Fr-5,4)$ para as diversas configurações.QUADRO V.2: Função $\beta_{\max}=C.(Fr-5,4)$ para as diversas configurações.

Configuração (Código)	α ($^{\circ}$)	θ ($^{\circ}$)	Degrau (mm)	$\beta_{\max}=C.(Fr-5,4)$		Observações
				C	s_C	
11000	3	4	0	0.08639	0.00233	-
11100	3	4	30	0.09900	0.00268	-
21000	14	4	0	0.06196	0.00187	-
21040	14	4	0	0.07611	0.00181	rampa acentuadamente rugosa
21100	14	4	30	0.07489	0.00200	
22000	14	6	0	0.07952	0.00118	-
23000	14	8	0	0.09045	0.00222	-
24000	14	10	0	0.10628	0.00359	-
31000	30	4	0	0.14962	0.00731	-
31100	30	4	30	0.19743	0.00980	-
41000	45	4	0	0.14177	0.00253	-
41100	45	4	30	0.17650	0.00400	-

A partir dos dados experimentais de RUTSCHMANN (1988) e KOSCHITZKY (1987), para inclinações da canaleta de 34° e 51° e 20°, respectivamente, obtiveram a expressão:

$$\frac{C}{C_R} = C_{\alpha o} \cdot (tg \theta)^{1.15} \quad (V.2)$$

Os correspondentes valores de C/C_R para os dados desta pesquisa, relativos à inclinação da canaleta $\alpha = 14^\circ$, estão indicados a seguir juntamente com os valores calculados segundo a Eq. V.2. Estes resultados estão apresentados em forma de gráfico na Figura V.5.

C/C_R	$tg\theta$	$10.tg\theta$	C/C_R (R,H-1990)*	Ajuste
1.000	0.0699	0.699	1.000	1.001
1.283	0.1051	1.051	1.598	1.264
1.460	0.1405	1.405	2.232	1.493
1.715	0.1763	1.763	2.898	1.700

(*) - RUTSCHMANN & HAGER (1990)

Observa-se da Figura V.5 que os pontos admitem uma representação linear em escala logarítmica com equação do tipo:

$$\frac{C}{C_R} = C_{\alpha o} \cdot (tg \theta)^{0.57} \quad (V.3)$$

indicando que a inclinação da reta de ajuste é, aproximadamente, igual a 0,57, com $\varepsilon = 1,0$.

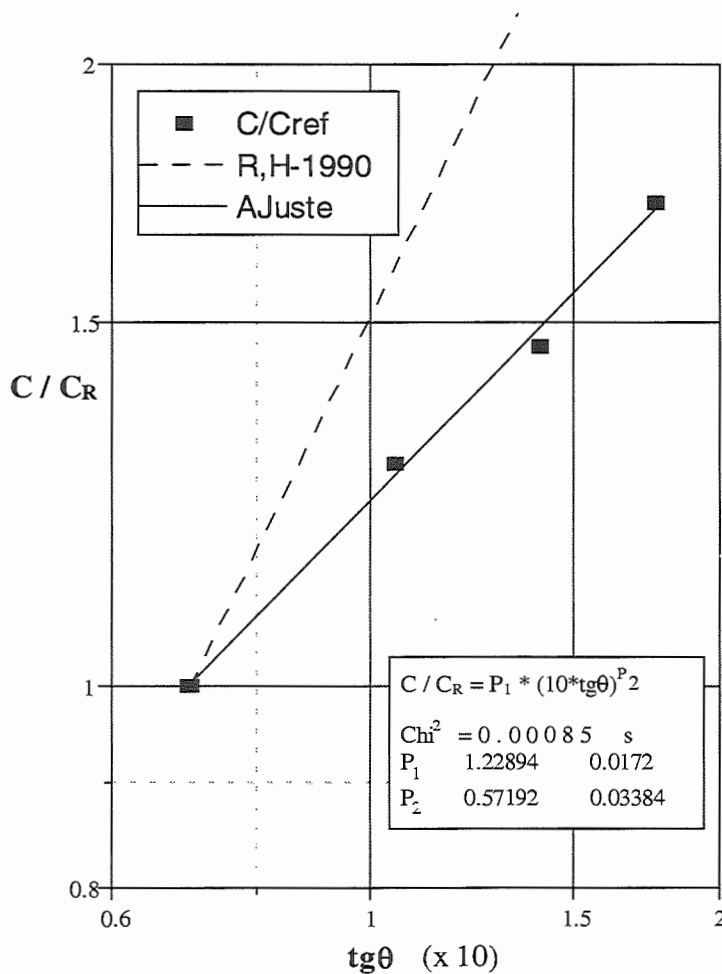
Empregando-se, porém, a expressão proposta por RUTSCHMANN & HAGER (1990):

$$\beta_{max} = C_{\alpha} \cdot (tg \theta)^{1.15} (Fr - 5,4) \quad (V.4)$$

em que $C_{\alpha} = C_{\alpha}(tg\alpha)$ e $\varepsilon = 1,0$, pode-se avaliar C_{α} a partir da equação:

$$C_{\alpha} = \beta_{max} / (tg \theta)^{1.15} \cdot (Fr - 5,4) \quad (V.5)$$

No Quadro V.3 e Figura V.6, apresentam-se os valores correspondentes aos dados experimentais para o coeficiente C_{α} e valores de $Fr > 7,0$.

FIGURA V.5: Gráfico C/C_R x $\text{tg}\theta$ para $\alpha \cong 14^\circ$, juntamente com resultados de R & H (1990).QUADRO V.3: Valores do coeficiente C_α com desvio-padrão s_{C_α} para as diversas geometrias.

Configuração (Código)	α ($^\circ$)	θ ($^\circ$)	Degrau (mm)	C_α	s_{C_α}	Observações
11000	3	4	0	1.76901	0.05637	-
11100	3	4	30	1.97441	0.06942	-
21000	14	4	0	1.25941	0.03454	-
21040	14	4	0	1.71775	0.05573	rampa acentuadamente rugosa
21100	14	4	30	1.51730	0.04034	
22000	14	6	0	1.07230	0.01472	-
23000	14	8	0	0.95396	0.03441	-
24000	14	10	0	0.87697	0.03895	-
31000	30	4	0	3.24406	0.17553	-
31100	30	4	30	4.23225	0.24731	-
41000	45	4	0	3.04870	0.05546	-
41100	45	4	30	3.87246	0.12106	-

Observa-se, inicialmente, que o valor do coeficiente aumenta para dada inclinação da canaleta (1º algarismo do código) com o emprego do degrau (3º algarismo do código = 1). Para a inclinação da canaleta de 14º (1º algarismo do código = 2), o valor do coeficiente aumenta para a inclinação da rampa de 4º (2º algarismo do código = 1) com o emprego do degrau ou da rampa acentuadamente rugosa (4º algarismo do código = 4).

Por outro lado, o coeficiente C_α diminui para ângulos de rampa crescentes e ângulo da canaleta de 14º. Os valores de C_α crescem com os valores de α na seguinte ordem: 14, 3, 45 e 30º.

A tentativa de escrever uma equação geral para $\beta_{\max}$, conforme proposta de RUTSCHMANN & HAGER (1990) - Eq. V.6, conduziu à Eq. V.7:

$$\beta_{\max} = (tg\theta)^{1,15} \cdot \exp\left[(1,15tg\alpha)^2\right] \cdot (Fr-5,4)^e \quad (V.6)$$

$$\beta_{\max} = (tg\theta)^{0,9976} \cdot \exp\left[(1,001tg\alpha)^2\right] \cdot (Fr-5,4) \quad (V.7)$$

cujos valores foram lançados em gráfico como $\beta_{\max}$ (p) contra os valores medidos $\beta_{\max}$ (e) e indicados na Figura V.7 para todas as configurações, enquanto na Figura V.8 lançaram-se somente os valores correspondentes a ensaios com rampa lisa e sem degrau estimados a partir da Eq. V.8:

$$\beta_{\max} = (tg\theta)^{1,0821} \cdot \exp\left[(1,022tg\alpha)^2\right] \cdot (Fr-5,4) \quad (V.8)$$

Observa-se que a Eq. V.7 conduz a valores previstos muito diferentes (de 50 a 100%, aproximadamente) daqueles medidos. Conclui-se, portanto, que uma equação geral e única não poderia ser usada para a estimativa dos $\beta_{\max}$ para as diversas geometrias possíveis do vertedor e da rampa do aerador.

Da Figura V.8, verifica-se que as previsões para as geometrias 11000 e 31000 estão abaixo dos valores medidos enquanto que, para as configurações 23000 e 24000, encontram-se apreciavelmente acima dos valores levantados.

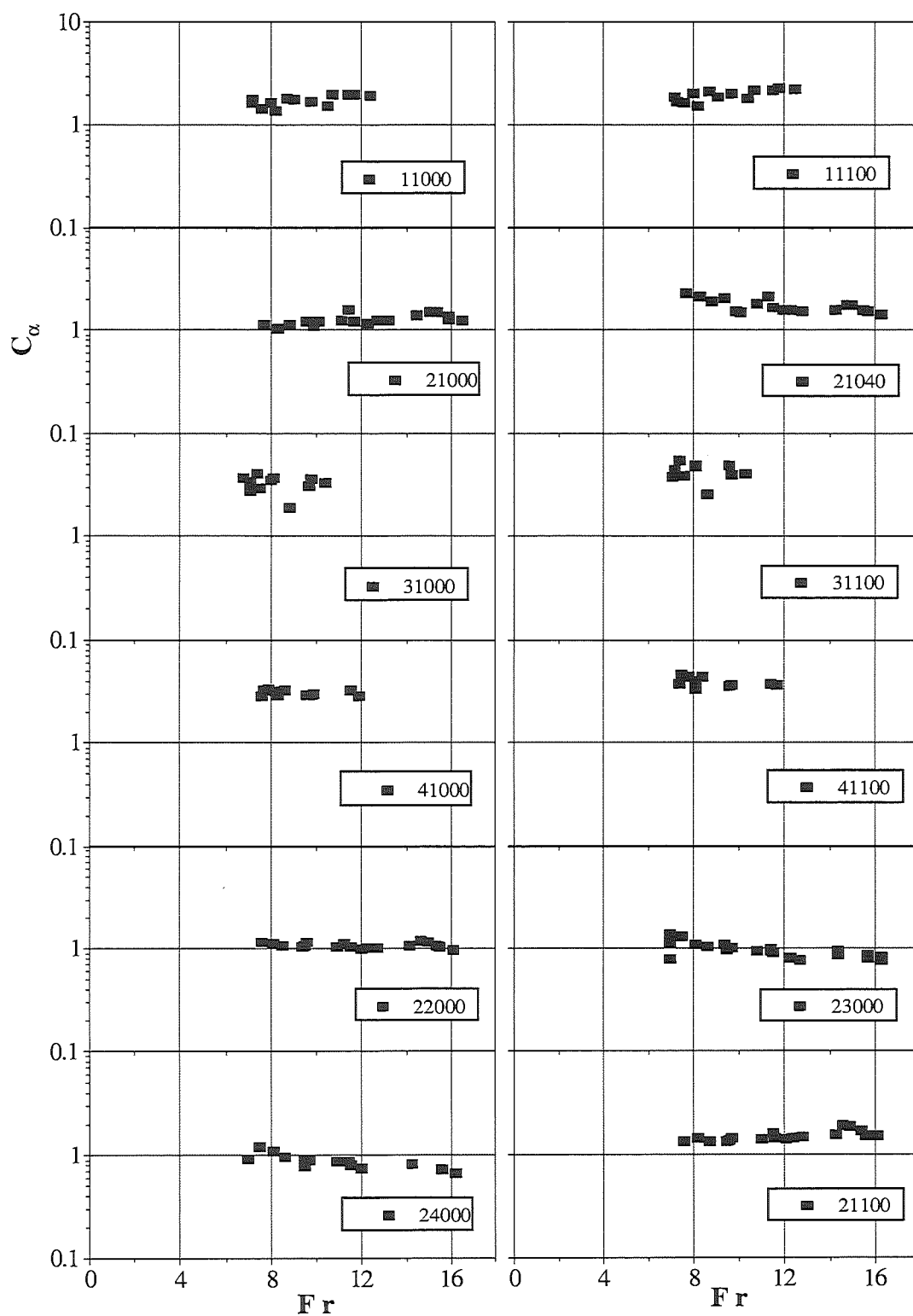
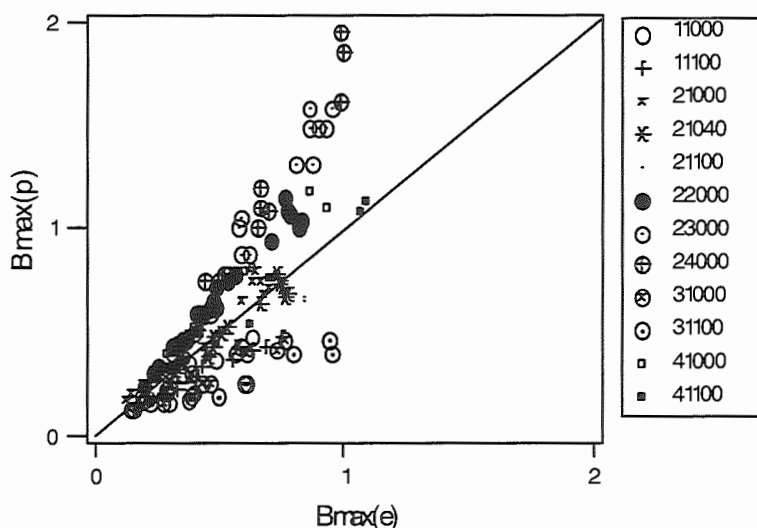
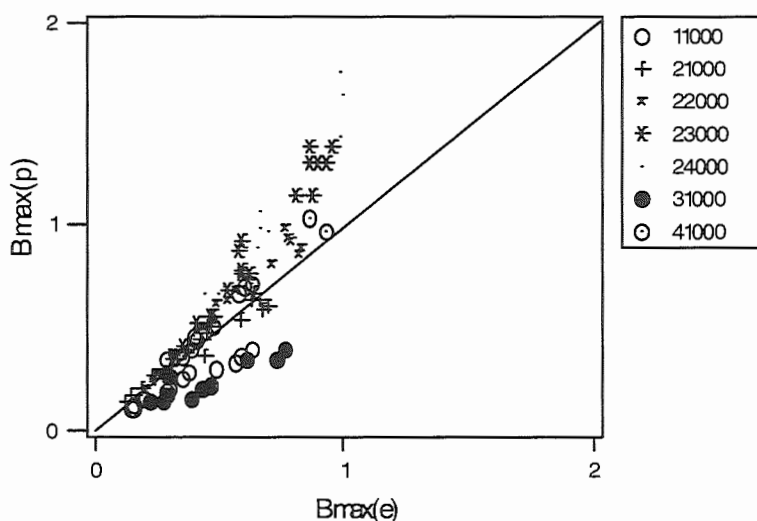


FIGURA V.6: Gráficos $C_\alpha \times Fr$ para diferentes configurações geométricas ($F > 7$)

FIGURA V.7: $\beta_{\max}(p)$ x $\beta_{\max}(e)$ incluídas todas as configurações.FIGURA V.8: $\beta_{\max}(p)$ x $\beta_{\max}(e)$ para as configurações com rampa lisa sem degrau.

A função polinomial, dada pela Eq.V.9, foi utilizada para estimar os valores de $\beta_{\max}$ apresentados na Figura V.9. Observa-se que um ajuste muito superior ao correspondente à função exponencial anteriormente adotada foi conseguido, apesar de que nenhuma justificativa pode ser dada para o comportamento verificado.

$$\beta_{\max} = (tg\theta)^{1.15} \cdot (Fr - 5,4) \cdot (2,4 - 14,9tg\alpha + 45,7tg^2\alpha - 30,1tg^3\alpha) \quad (V.9)$$

A princípio, para a mesma inclinação da rampa e igualdade de demais parâmetros, seria razoável esperar-se uma taxa de arraste crescente a partir de uma pequena inclinação. Com o aumento da inclinação do vertedor (canaleta), aumenta-se o comprimento do jato, porém, reduz-se a "cunha de spray". Uma vez que estes dois parâmetros têm influência sobre a capacidade de arraste é possível que a taxa de arraste de ar pelo escoamento passe a decrescer a partir de dada inclinação da canaleta. Observa-se também que para inclinações maiores do vertedor, o impacto do jato com o fundo da calha dá-se segundo ângulos menores, eliminando a formação do "roller" de impacto, que parece favorecer o arraste de parcela do ar incorporado à corrente.

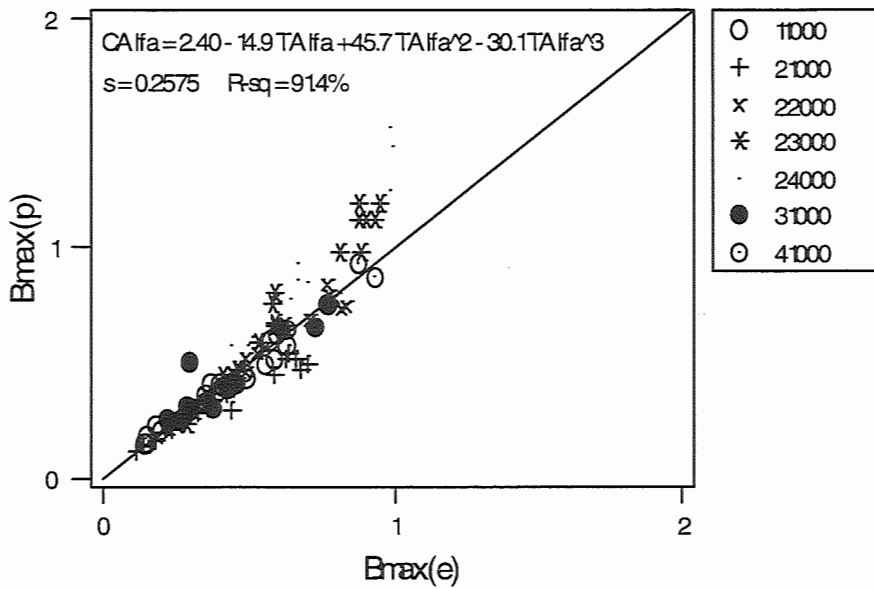


FIGURA V.9: $\beta_{\max}(p)$ x $\beta_{\max}(e)$ para as configurações com rampa lisa sem degrau.

V.2.1.2 - Expressão $\beta_{\max} = \beta_{\max}(\lambda_j)$

Como sugerido por PINTO et al. (1982) e verificado, para um restrito conjunto de dados, por RUTSCHMANN & HAGER (1990), $\beta_{\max}$ depende linearmente do comprimento relativo do jato $\lambda_j = L_j/h$, neste caso calculado a partir da expressão teórica própria que foi deduzida por estes últimos pesquisadores para condições de escoamento em desenvolvimento e escoamento desenvolvido na região do aerador.

Nas Figuras V.10 e V.11, apresentam-se os gráficos $(\lambda_{jp} \times \lambda_{je})$ e $(\lambda_{jp}/\lambda_{je} \times Fr)$, respectivamente, em que o λ_{jp} é o valor teórico calculado a partir da Eq. V.10, para escoamento desenvolvido no aerador, segundo RUTSCHMANN & HAGER (1990):

$$\lambda_j = \frac{\bar{\theta} F_r^2}{\cos \alpha} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2T \cos \alpha}{(\bar{\theta} F_r)^2}} \right] \quad (V.10)$$

em que

$$\bar{\theta} = \theta \cdot \sqrt{\operatorname{tgh} \left(\frac{T_r}{\theta} \right)} \quad (V.11)$$

é a correção proposta por PAN et al. (1980)¹ para o ângulo da rampa devido ao efeito da altura relativa da mesma $T_r = t_r/h$.

¹ PAN S.B. et al.: "The Self Aeration Capacity of the Water Jet Over the Aeration Ramp", *Journal of Hydraulic Engineering (Shuili Xuebao)*, Peking, PRC, No. 5, 1980, pp 13-22 (in Chinese).

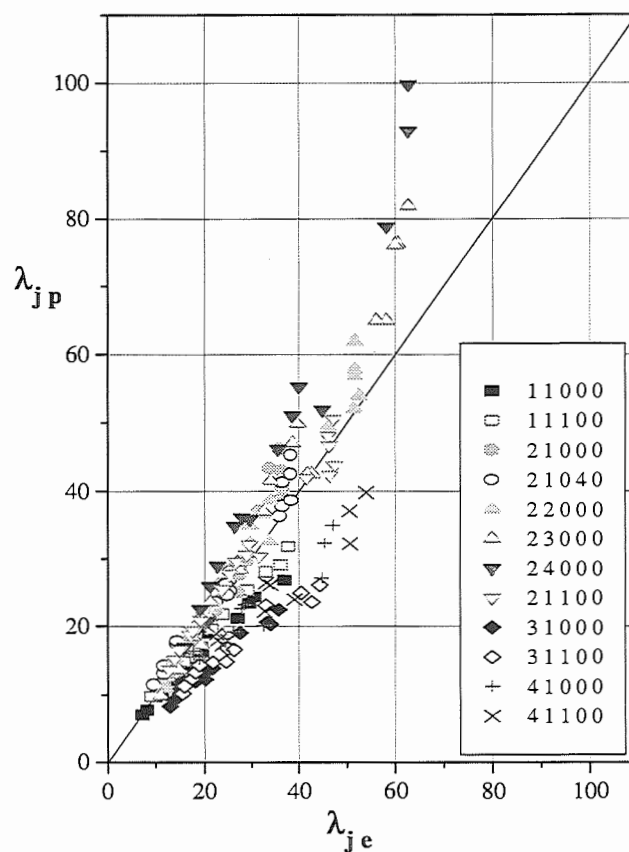


FIGURA V.10: Comprimento relativo do jato - valores teóricos (λ_{jp}) x medidos (λ_{je}).

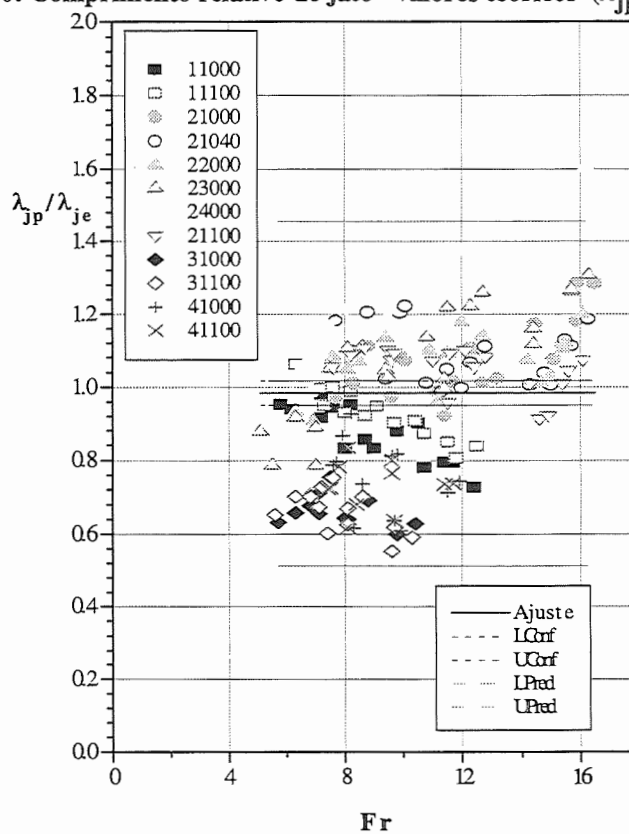


FIGURA V.11: Razão ($\lambda_{jp} / \lambda_{je}$) x Fr para as várias configurações.

A análise destas Figuras permite tecer os comentários descritos a seguir. Para a configuração 11000, os valores teóricos são crescentemente menores que os correspondentes medidos para números de Froude crescentes. Com a introdução de um degrau, a equação teórica fornece valores muito próximos aos medidos, apesar de que a tendência dos resultados é a mesma do caso anterior. Para a configuração 21000, os valores teóricos comparam-se satisfatoriamente bem com a maioria dos valores medidos, porém, para o número de Froude igual ou maior que 16, a razão de valores teóricos para os medidos atinge a ordem de 1,3. Os resultados para a correspondente rampa acentuadamente rugosa e para o ensaio com degrau variam de 0,91 a 1,20. Observa-se que, para os ensaios da(s) rampa(s) acentuadamente rugosa(s), a determinação precisa de L_j torna-se praticamente impossível uma vez que não se distingue um ponto de máxima pressão no fundo, devido ao aumento da cunha de spray.

Para a configuração 22000 ($\alpha = 14^\circ$, $\theta = 6^\circ$, sem degrau e rampa lisa), os valores teóricos são ligeiramente superiores aos medidos ($\lambda_{jp}/\lambda_{je} < 1,2$). No caso da configuração 23000 ($\alpha = 14^\circ$, $\theta = 8^\circ$, sem degrau e rampa lisa), a razão varia de valores inferiores a 1,0 ($\lambda_{jp}/\lambda_{je} \cong 0,75$) a valores superiores a 1,0 ($\lambda_{jp}/\lambda_{je} \cong 1,30$), crescendo com o nº de Froude. Quanto aos resultados para a configuração 24000 ($\alpha = 14^\circ$, $\theta = 10^\circ$, sem degrau e rampa lisa), os valores teóricos estão acima dos valores medidos, atingindo a razão $\lambda_{jp}/\lambda_{je}$ a ordem de grandeza de 1,5. Para as configurações restantes, quais sejam 31000, 31100, 41000 e 41100 ($\alpha = 30^\circ$ e 45° , $\theta = 4^\circ$, sem e com degrau e rampa lisa, respectivamente), os valores teóricos encontram-se bem abaixo dos valores medidos ($0,6 < \lambda_{jp}/\lambda_{je} < 0,9$), o que seria esperado uma vez que a expressão de predição foi proposta admitindo-se (α - θ) pequeno.

Salienta-se que os valores teóricos referem-se à superfície inferior do jato, enquanto que os valores medidos referem-se ao eixo do próprio jato. Sendo assim, os valores teóricos deveriam ser sempre inferiores aos valores medidos, o que não aconteceu. Observando-se a Figura V.11, verifica-se que o intervalo de confiança (ao nível de 95%) para as estimativas é $0,5 < \lambda_{jp}/\lambda_{je} < 1,5$, aproximadamente, indicando que a Eq. V.10 deve ser usada somente nos cálculos preliminares de projeto.

Todos os pontos experimentais (β_{max}, λ_j) foram lançados no gráfico da Figura V.12 e a reta de ajuste obtida tem por expressão:

$$\beta_{max} = 0,01961.(\lambda_j - 5) \quad (V.12)$$

Esta equação refere-se aos dados relativos às várias geometrias. Na mesma figura, apresentam-se também os limites de confiança para a reta de ajuste e para as previsões ao nível de significância de 0,05.

Os gráficos ($\beta_{max} \times \lambda_j$) para cada uma das configurações ensaiadas estão apresentados na Figura V.13. Visualmente, observa-se que a dispersão dos pontos é maior para as configurações 31000, 31100, 41000 e 41100, para as quais uma discreta influência da altura da lâmina d'água h ou da relação $T = (t_r + t_d)/h$ torna-se perceptível. Os pontos correspondentes a um dado valor de h (ou T) agrupam-se em regiões distintas do gráfico. Para as demais configurações, o ajuste a uma linha reta é notável. A equação linear do tipo

$$\beta_{max} = C.(\lambda_j - \lambda_0) \quad (V.13)$$

que melhor se ajusta aos resultados de cada uma das diversas configurações ensaiadas tem os parâmetros C e λ_0 apresentados no Quadro V.4. Apresentam-se, também, para efeito de comparação os valores de C correspondentes à Eq. V.12.

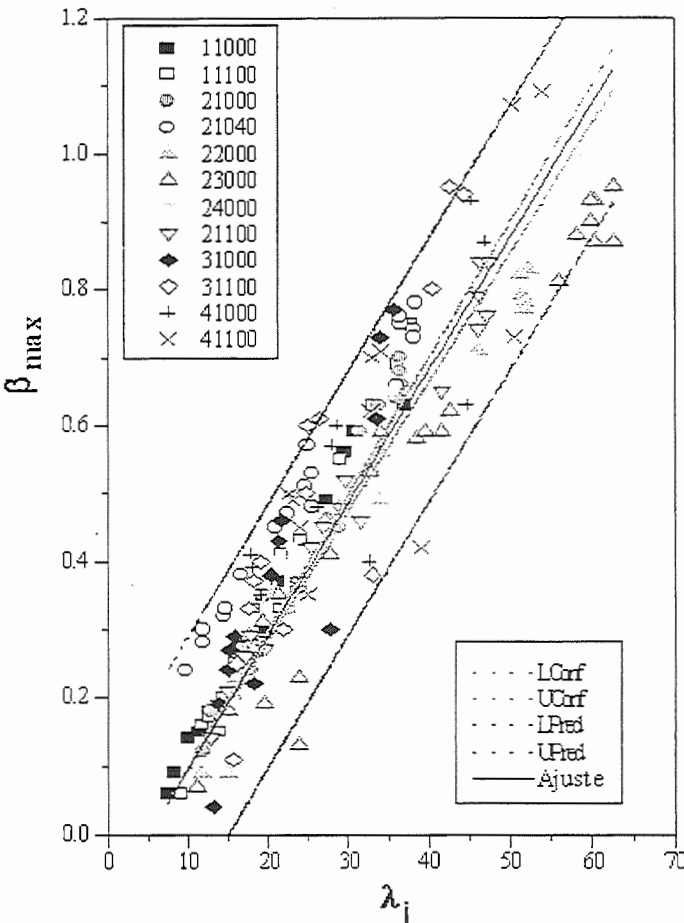


FIGURA V.12: Gráfico ($\beta_{\max} \times L_j/h$) para as várias configurações.

QUADRO V.4: Valores dos parâmetros C e λ_0 para as diversas geometrias.

Configuração (Código)	$\beta_{\max}=C(\lambda_i-\lambda_0)$		$\beta_{\max}=C(\lambda_i-\lambda_0)$		Observações
	C	λ_0	C	λ_0	
11000	0.02061	3.7166	0.02199	5	-
11100	0.02307	5.52984	0.02250	5	-
21000	0.02282	3.65922	0.02441	5	-
21040	0.01774	-4.2916	0.02436	5	rampa acent ^{te} rugosa
21100	0.01823	3.35496	0.01920	5	-
22000	0.01654	2.60795	0.01770	5	-
23000	0.01575	2.85932	0.01657	5	-
24000	0.01637	-0.2559	0.01864	5	-
31000	0.02419	6.25401	0.02271	5	-
31100	0.02314	4.75497	0.02335	5	-
41000	0.01607	-3.7715	0.02086	5	-
41100	0.01738	-1.9872	0.02090	5	-

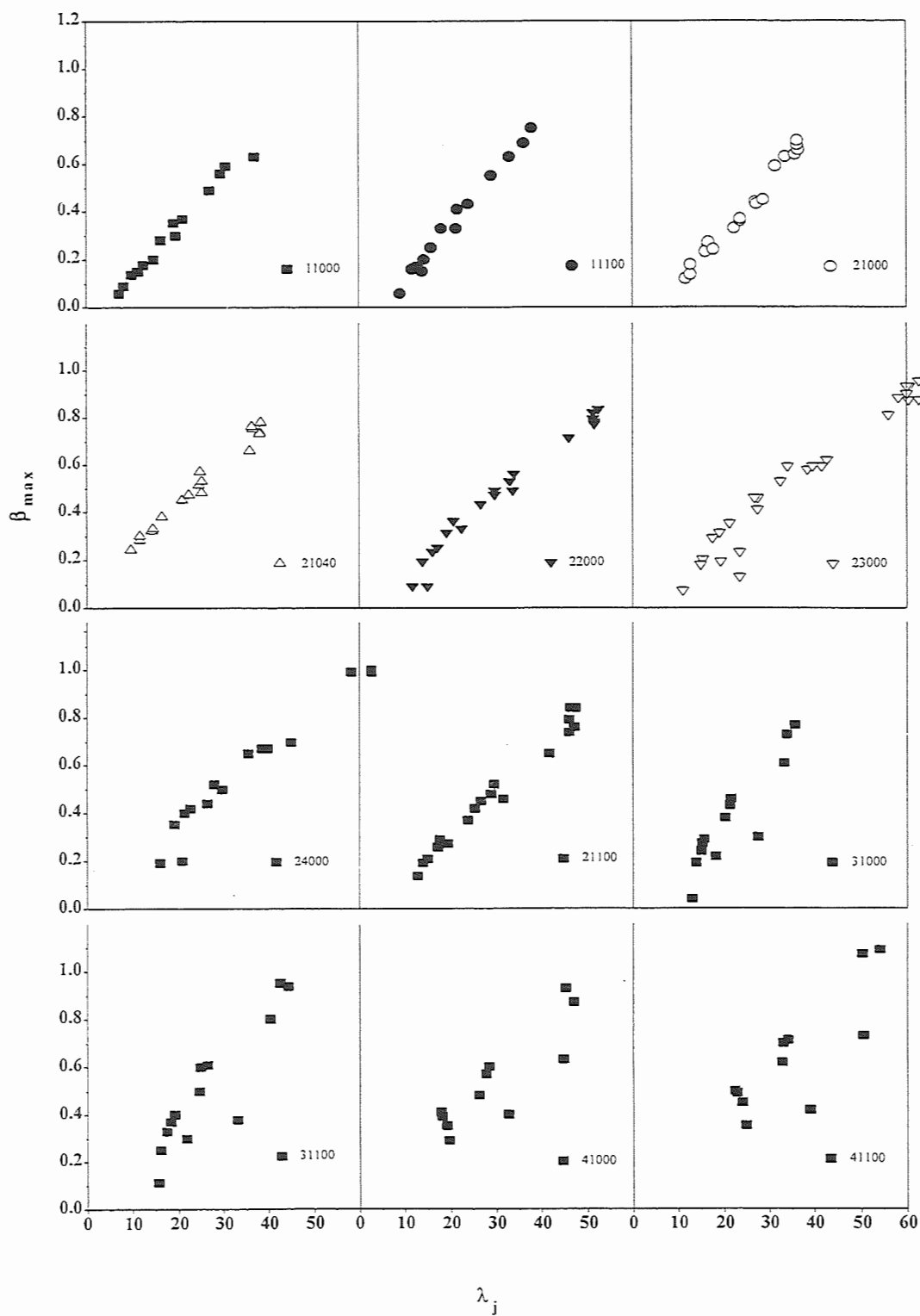


FIGURA V.13: Gráficos $\beta_{\max} \times \lambda_j$ para as diversas configurações geométricas.

V.3 - Comparação com outros trabalhos - sistemas de admissão de ar

A equação típica do escoamento através de orifícios pode aplicar-se ao escoamento do ar succionado pelo escoamento de alta velocidade para a região sob o jato, escrevendo-se como:

$$Q_{ar} = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho_{ar}}} = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{\rho_w}{\rho_{ar}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma_w}}} \quad (V.14)$$

onde $\rho_w/\rho_{ar} \cong 897,67$ e $\Delta p/\gamma_w$ é a depressão sob o jato escrita em m.c.a.

Por outro lado, pode-se calcular o coeficiente de perda de carga ξ no duto de ar da equação:

$$h_p = \xi \frac{V^2}{2g} \quad (V.15)$$

em que V é a velocidade média à entrada da câmara sob o jato. Juntamente com a Eq. V.14, estabelece-se a relação:

$$\xi = \frac{1}{C_d^2} - 1 \quad (V.16)$$

V.3.1 - Dados para modelos e protótipos

Ajustando-se as retas de regressão aos dados experimentais disponíveis, quais sejam: PENG (1984), PINTO (in PENG-1984), PINTO (1989) e este trabalho, obtêm-se os valores do coeficiente C_d e os correspondentes ξ , indicados no Quadro V.5, para as aberturas máximas da válvula que regula a vazão no duto de ar. Os dados relativos aos aeradores de Foz do Areia e Emborcação foram reunidos independentemente de diferenças geométricas nas categorias de admissão de ar "simétrica" e "assimétrica".

O valor de $C_d > 1,0$ e $\xi < 0$ para os dados do modelo reduzido de Foz do Areia deve-se, provavelmente, a alguma particularidade referente ao posicionamento da tomada de pressão na parede da câmara ou ao procedimento empregado, que resulta em leituras inferiores para a pressão sob o jato.

No Quadro V.6, encontram-se os coeficientes das equações das curvas ajustadas pelo método dos mínimos quadrados aos vários conjuntos de dados experimentais.

QUADRO V.5: Coeficientes de vazão e perda de carga nos dutos de ar.

Fonte	Coeficiente C_d	Coefte de perda ξ
PENG (modelo Clyde - D= 80mm)	0,59338	1,84010
PENG (modelo Clyde - D= 150mm)	0,77631	0,65932
PINTO (mod.1:8 Foz do Areia A=10x10)	1,03444	-0,06547
PINTO (Barragem Foz do Areia - Sim.)	0.89610	0.24533
PINTO (Barragem Foz do Areia-Assim)	0.72030	0.92741
PINTO (Barragem Emborcação - 1, 2)	0.88305	0.28242
PINTO (Barragem Tarbela)	0.67440	1.19870
Este trabalho (D≡ 71mm)	0,63533	1,46965

QUADRO V.6: Coeficientes de vazão dos sistemas de abastecimento de ar.

Experimentos	$Q_{ar} = K(\Delta p / \gamma_w)^{0,5}$		$Q_{ar} = K(\Delta p / \gamma_w)^n$		
	K	C_d	K	n	R^*
Foz do Areia 1 - Simétrica	1435.11	0.95731	1586.06	0.55928	0.99160
Foz do Areia 1- Assimétrica	558.80	0.74551	598.30	0.58649	0.99939
Foz do Areia 2 - Simétrica	1349.92	0.90048	1329.17	0.48641	0.99693
Foz do Areia 2- Assimétrica	526.72	0.70272	512.72	0.4368	0.99777
Foz do Areia 3 - Simétrica	1299.06	0.86656	1372.90	0.54743	0.99810
Emborcação 1	1544.33	0.86487	1562.00	0.50488	0.99802
Emborcação 2	1608.77	0.90096	1534.62	0.47949	0.99754
Amaluza	2144.36	1.12209	2222.90	0.51424	0.99267
Tarbela	142.75	0.67440	142.62	0.50039	0.99995
Mod. 1:8 Foz - A=5x10	0.39347	0.59297	0.35446	0.47337	0.99238

(*) - Coeficiente de correlação.

Verifica-se, pelos elevados valores do coeficiente de correlação, que os pontos experimentais dispõem-se, em gráfico com escalas logarítmicas, segundo retas cujas inclinações são próximas a 1/2, confirmando a aplicabilidade da Eq. V.14.

Na Figura V.14, apresentam-se os dados experimentais referentes aos protótipos listados nos quadros anteriores, bem como aos do modelo 1:8 de Foz do Areia, corrigidos para as condições da estrutura natural.

Na Figura V.14.a, os dados relativos aos protótipos de Foz do Areia e Emborcação estão apresentados. Observam-se a proximidade dos pontos para todos os aeradores em condições de admissão simétrica de ar e a coincidência da inclinação das retas de ajuste aos pontos.



Na Figura V.14.b, além da coincidência da inclinação das retas de ajuste, destaca-se o fato que as condições de admissão simétrica nos aeradores de Foz do Areia (e Emborcação) são adequadamente representadas no modelo 1:8 com a seção de entrada estrangulada $A = 5 \times 10 \text{ cm}^2$, como verificado por PINTO et al (1982), admitindo-se o critério de semelhança de Froude. O escoamento nos dutos de ar de Amaluza é surpreendentemente bem representado no modelo de Foz para $A = 7 \times 10 \text{ cm}^2$.

Escrevendo-se a Eq. V.14 típica para escoamento por orifícios para as condições do modelo e do protótipo e admitindo-se o critério de semelhança de Froude para as vazões de ar (mesma relação das vazões do escoamento de alta velocidade) e para as alturas representativas das pressões sob os jatos, obtém-se a seguinte expressão para o "coeficiente de descarga" do duto de ar do protótipo C_{dP} em função do correspondente do modelo C_{dM} :

$$C_{dP} = C_{dM} \cdot \frac{A_M/A_P}{\lambda \cdot (B_M/B_P)} \quad (V.17)$$

e, portanto, para a escala do modelo λ

$$\lambda = \frac{C_{dM} \cdot A_M/B_M}{C_{dP} \cdot A_P/B_P} = \frac{D_M}{D_P} \quad (V.18)$$

em que D é o parâmetro proposto por PINTO (1989) sob a denominação de "área efetiva do duto de ar por unidade de largura do vertedor". Com base nos coeficientes e dimensões dos dutos de ar e larguras das calhas levantados, verifica-se que o modelo ensaiado por PINTO et al (1982) com $A = 7 \times 10 \text{ cm}^2$ representaria os dutos de entrada de ar de Amaluza, admitida a semelhança geométrica, no caso de $\lambda \cong 1:7,8$.

Quanto ao desempenho em termos de arraste de ar, alguns resultados de ensaios realizados no protótipo e no modelo estão mostrados no Quadro V.7. Neste Quadro, apresentam-se condições de semelhança (satisfatoriamente próximas) que foram ensaiadas no modelo 1:8 (Codigo $\equiv 25001\_5$) e no protótipo, estas referentes à alimentação simétrica de ar para o vertedor de Foz do Areia (Codigo $\equiv 111, 121$ ou 131).

Os valores de $\Delta p/\gamma$ e Q_{ar} lidos no modelo foram convertidos para as condições naturais com base na escala $\lambda \cong 1:7,25$, calculada pela Eq. V.18, e nas relações indicadas a seguir:

$$(\Delta p/\gamma)_P = (\Delta p/\gamma)_M \cdot \lambda^{-1} \quad (V.19)$$

$$(Q_{ar})_P = (Q_{ar})_M \cdot \lambda^{-3/2} \cdot (B_P/B_M) \quad (V.20)$$

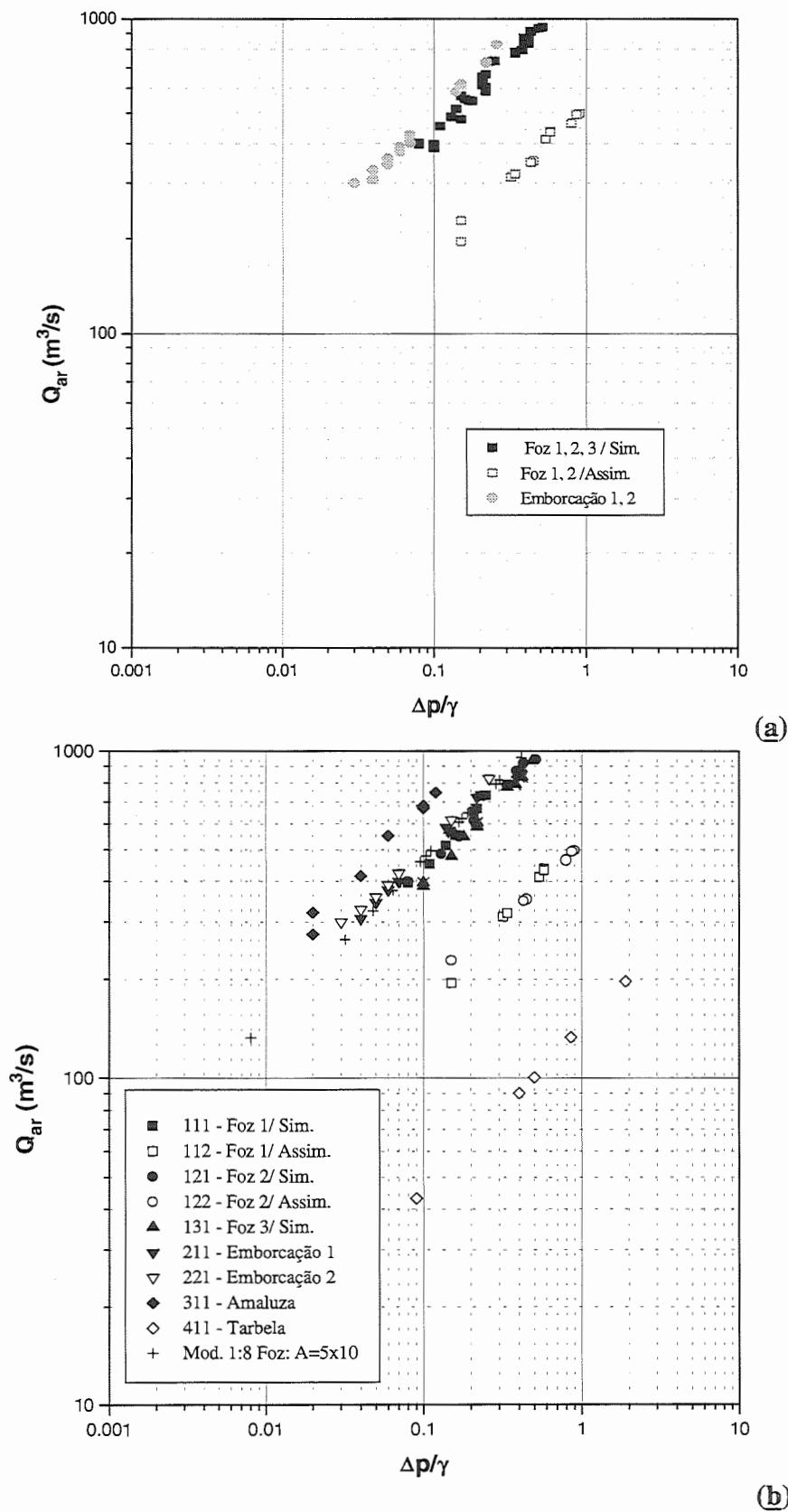


FIGURA V.14: Dados de protótipos e mod. 1:8 de Foz do Areia.

Para valores iguais (ou próximos) do n^o de Froude, verifica-se a satisfatória concordância dos resultados de modelo e protótipo, particularmente, nos valores da taxa de arraste de ar β . Observa-se, também, que os demais parâmetros que exercem influência no fenômeno do arrastamento de ar, tais como $(\Delta p/\gamma h)$, (L_j/h) , (t/h) e D/h , têm valores correspondentes muito próximos, além do fato que os valores do n^o de Weber são da ordem de ou maiores que 1000, limite seguro a partir do qual os efeitos de tensão superficial são desprezíveis nos ensaios de modelos reduzidos para o estudo do arraste de ar nos vertedores.

Os levantamentos feitos no modelo e convertidos para as condições de protótipo estão apresentados nas Figuras V.15 e V.16. Da análise destas figuras, verifica-se a correspondência de resultados de modelo e protótipo em condições semelhantes de escoamento.

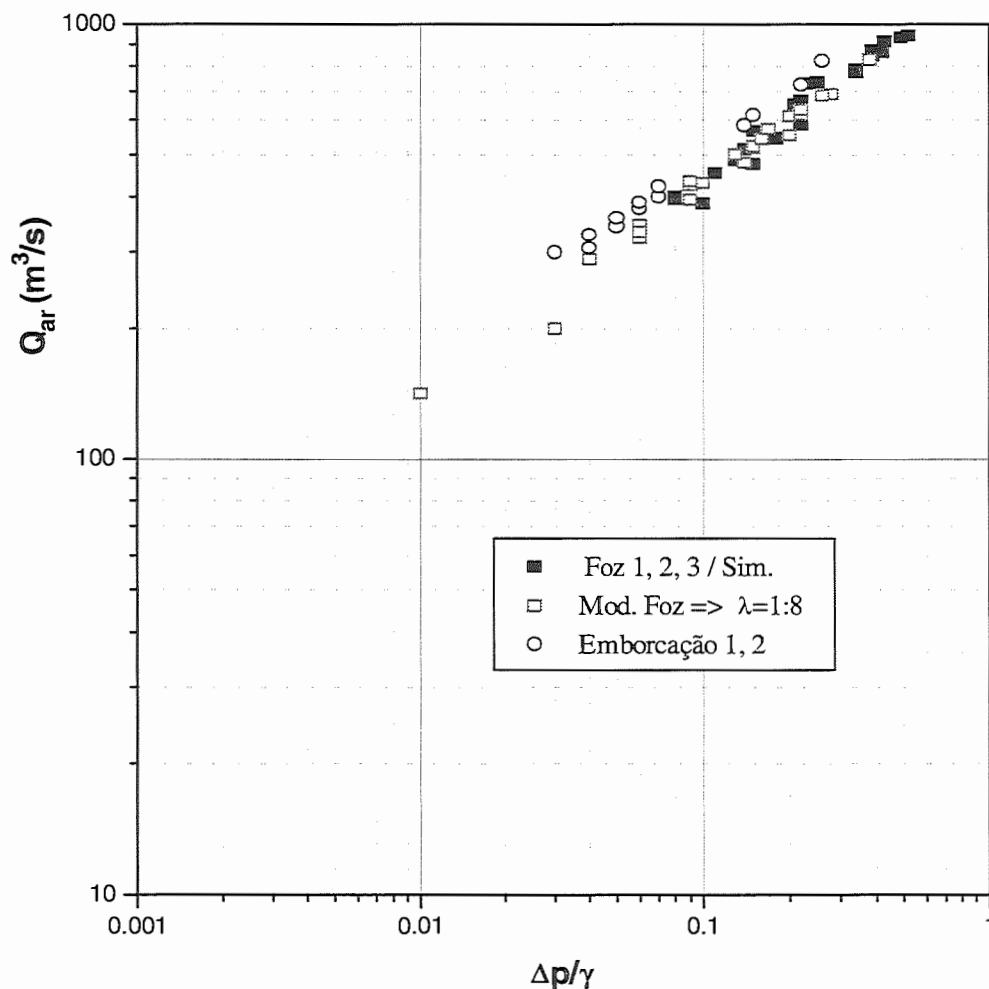


FIGURA V.15: Comparação modelo - protótipo Foz do Areia (PINTO et al).

QUADRO V.7: Comparação modelo 1:8 ($A = 5 \times 10 \text{ cm}^2$) e vertedor de Foz do Areia (PINTO et al).

Codigo	Q	Fr	Beta	$\Delta p/\gamma$	$(\Delta p/\gamma)_p$	Qar	$(Qar)_p$	$\Delta p/\gamma h$	Lj/h	We_Lj	t/h	D/h
111	2090	8.4	0.35	0.25	0.25	732.0	732.0	0.23	11.9	11521	0.185	0.145
25001_5	0.196	8.5	0.34	0.027	0.20	0.067	612.5	0.206	14.7	1531	0.185	0.152
25001_5	0.167	8.9	0.36	0.027	0.20	0.060	553.5	0.229	14.7	1477	0.212	0.156
111	1470	9.1	0.45	0.22	0.22	666.0	666.0	0.27	15.6	10722	0.247	0.188
25001_5	0.137	9.6	0.49	0.030	0.22	0.067	618.8	0.306	15.5	1358	0.225	0.199
25001_5	0.065	9.9	0.66	0.012	0.09	0.043	393.2	0.201	21.4	975	0.431	0.328
121	535	9.9	0.75	0.08	0.08	399.0	399.0	0.21	20.0	6373	0.385	0.387
131	535	9.9	0.72	0.10	0.10	386.0	386.0	0.26	19.0	6208	0.256	0.335
25001_5	0.095	9.9	0.60	0.021	0.15	0.057	522.1	0.284	18.6	1166	0.338	0.266
111	1000	10.0	0.55	0.16	0.16	554.0	554.0	0.27	18.8	9399	0.339	0.251
25001_5	0.050	10.2	0.72	0.008	0.06	0.036	332.8	0.170	22.3	847	0.521	0.420
25001_5	0.080	10.3	0.68	0.018	0.13	0.054	498.9	0.274	19.7	1088	0.385	0.323
111	850	10.3	0.61	0.14	0.14	515.0	515.0	0.27	19.4	8644	0.385	0.283
111	535	10.3	0.74	0.08	0.08	395.0	395.0	0.21	21.6	6710	0.526	0.393
121	690	10.3	0.70	0.13	0.13	485.0	485.0	0.29	20.0	7658	0.333	0.320
131	690	10.3	0.69	0.15	0.15	476.0	476.0	0.33	19.3	7529	0.222	0.292

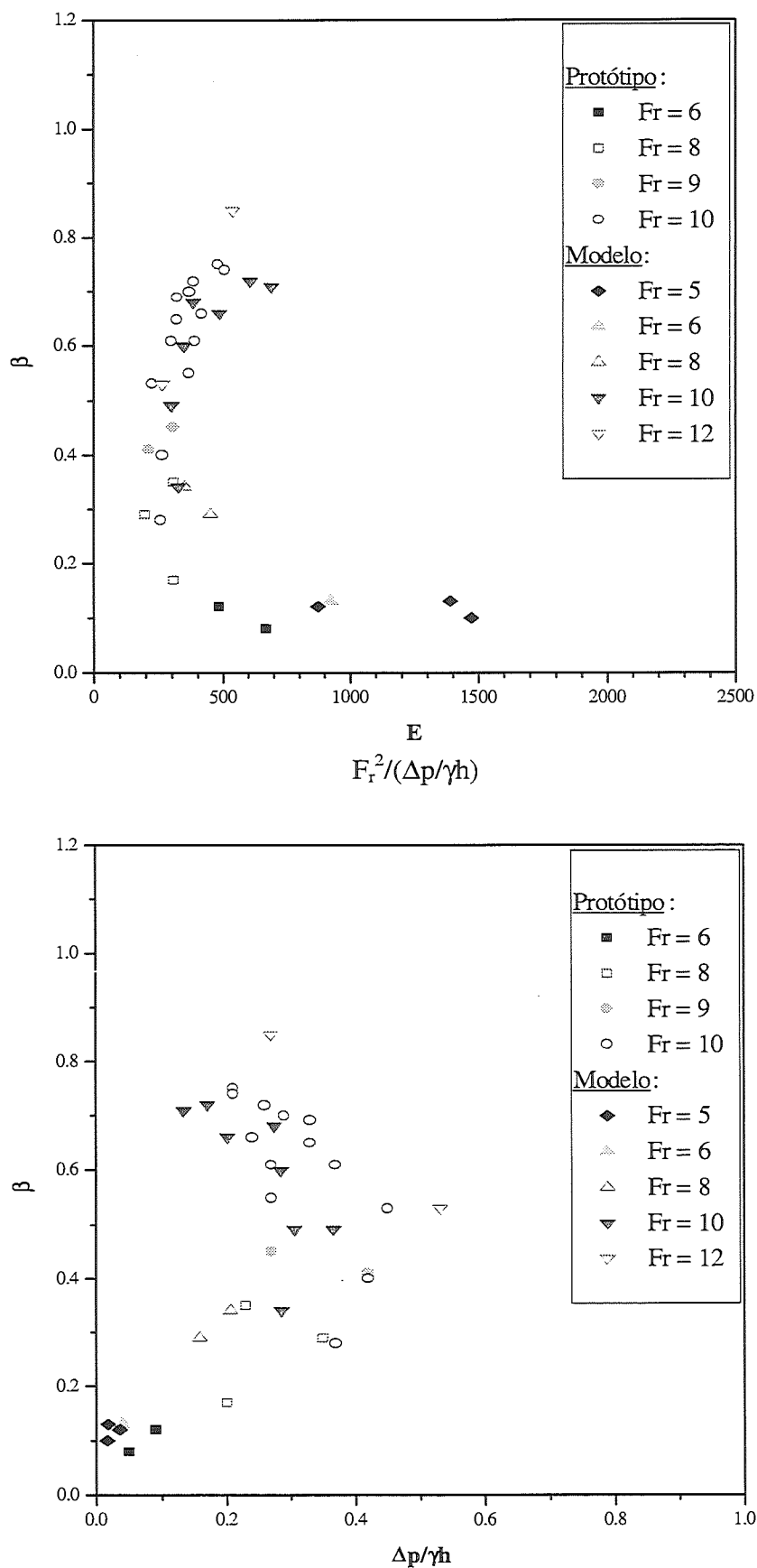


FIGURA V.16: Comparação modelo - protótipo Foz do Areia (PINTO et al).

V.3.2 - Comparação de resultados de modelos

V.3.2.1 - Modelo 1:8 de Foz do Areia (PINTO et al)

Os dados coletados no Modelo de Foz e apresentados por CHENG (1984) são comparados com resultados obtidos nesta pesquisa para configurações geométricas próximas, isto é, ângulo da canaleta $\alpha \cong 14^\circ$ e ângulo da rampa $\theta = 6^\circ$ e 8° , uma vez que os correspondentes ângulos do Modelo de Foz são 14° e 7° , respectivamente. Deve-se observar, no entanto, que as condições de entrada nos dois casos são diferentes. No presente trabalho, tem-se escoamento praticamente desenvolvido junto do aerador ao passo que o escoamento é não-desenvolvido no Modelo de Foz (RUTSCHMANN & HAGER - 1990).

Os resultados para o sistema de abastecimento de ar do Modelo de Foz estão apresentados na Figura V.17a para todas as aberturas do orifício de entrada na câmara e, na Figura V.17b, são apresentados juntamente com os correspondentes resultados obtidos neste trabalho. Nesta última figura, observa-se que as condições de alimentação pelos dutos de ar são praticamente coincidentes para as aberturas do orifício de entrada de (10×5) e $(10 \times 3) \text{ cm}^2$ do Modelo de Foz e para os ensaios deste trabalho referentes aos ângulos da válvula borboleta de 90° e 60° , respectivamente.

Com base na equação da vazão através do orifício escrita sob a forma da Eq. V.21,

$$Q_{ar} = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho_{ar}}} = K \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma_w}} \quad (V.21)$$

obtêm-se para os coeficientes K, admitindo-se que o modelo ensaiado neste trabalho corresponda a um "modelo reduzido" do Modelo de Foz: $K_M = 0,33363$ (para ângulo da válvula borboleta 90°) e $K_P = 0,39347$ ($A = 10 \times 5 \text{ cm}^2$). A escala do modelo seria avaliada a partir da Eq. V.22, correspondente à Eq. V.18:

$$\lambda = \frac{C_{dM} \cdot A_M / B_M}{C_{dP} \cdot A_P / B_P} = \frac{K_M / B_M}{K_P / B_P} = \frac{D_M}{D_P} \quad (V.22)$$

Com os valores de $B_M = 0,20 \text{ m}$ e $B_P = 0,15 \text{ m}$, resulta $\lambda \cong 1:1,573$. Para o caso de $A = 10 \times 3 \text{ cm}^2$ e ângulo da válvula 60° , $K_M = 0,2362$ e $K_P = 0,2445$, resultando $\lambda \cong 1:1,380$.

Empregando-se as Eqs. V.19 e V.20, os valores do "modelo" (ângulo da válvula borboleta 90°) podem ser convertidos para os correspondentes do "protótipo" (Modelo de Foz com $A = 10 \times 5 \text{ cm}^2$).

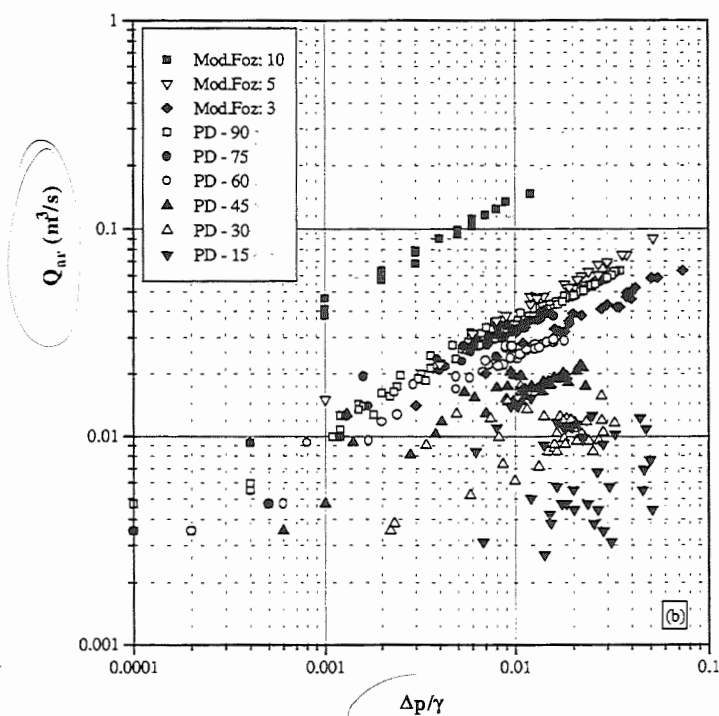
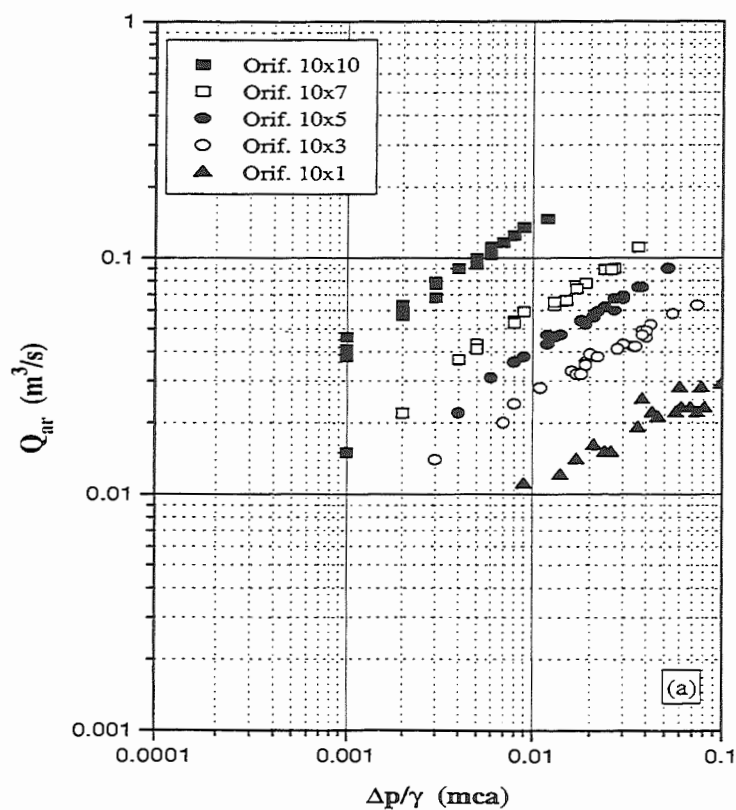


FIGURA V.17: Resultados do Modelo de Foz e do presente trabalho (PD).

No Quadro V.8, uma parcela dos dados relativos aos citados ensaios está apresentada e permite que se enunciem as seguintes observações:

- além da igualdade de valores de Fr , é necessária a igualdade de valores de $\Delta p/\gamma h$, isto é, de $E = Fr^2/(\Delta p/\gamma h)$, conforme observação de PINTO (1984) para que se tenham coeficientes de arraste de ar β com valores próximos no "modelo" e no "protótipo";
- nos casos em que os valores de $\Delta p/\gamma$ são iguais, porém, as alturas da lâmina h são diferentes, isto é, $\Delta p/\gamma h$ são diferentes (portanto, E diferentes), os coeficientes de arraste de ar β diferem claramente;
- mesmo nas condições de semelhança próximas, os valores de L_j/h passam a distoar para valores de Fr da ordem e, principalmente, acima de 10; e
- as configurações geométricas deste trabalho, ensaiadas com rampas lisas, não representam as condições de ensaio do Modelo de Foz relativamente ao coeficiente de arraste de ar, sendo compatíveis apenas quando dotadas de rampas acentuadamente rugosas para valores de $Fr < 14$.

Na Figura V.18, estão apresentados os resultados deste trabalho (para o ângulo da válvula borboleta 90°) corrigidos para as condições do "protótipo" (Modelo de Foz: $A = 10 \times 5 \text{ cm}^2$). Nesta Figura, observa-se a razoável superposição de todos os dados a uma única reta, indicando a correspondência entre os dois sistemas de abastecimento de ar para o espaço sob o jato. Em termos de arraste de ar pelo escoamento porém, como citado acima e visto nas Figuras V.19 (para $Fr = 7$ e 9) e V.20 ($Fr = 12$), apenas os ensaios realizados com rampas rugosas (Código: 22041, 22141, 23041 e 23141) representam as condições do Modelo de Foz - Código: 25001.

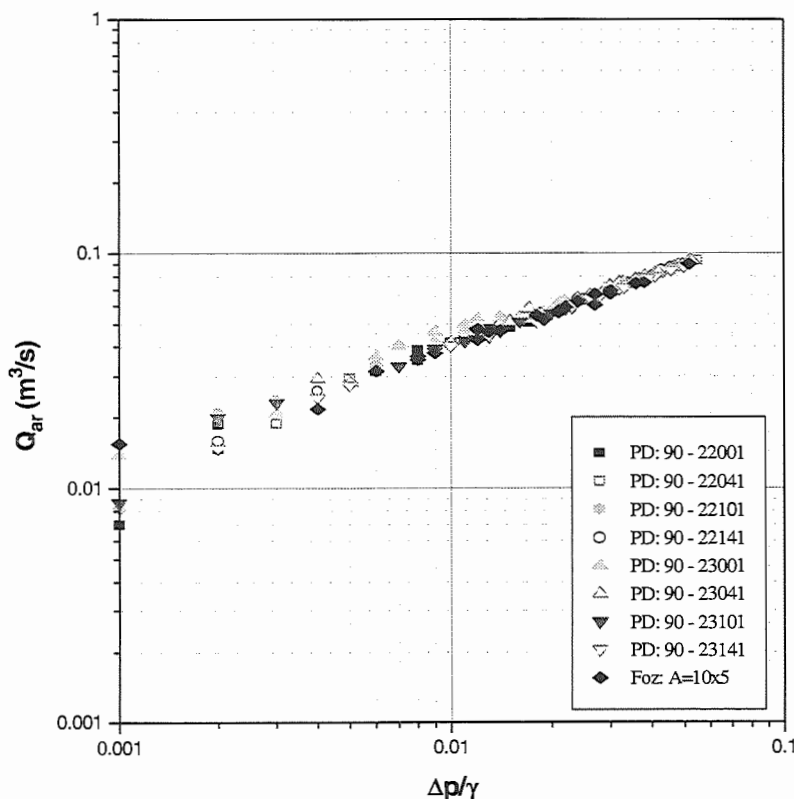


FIGURA V.18: Resultados do Modelo de Foz ($A=10 \times 5$) e "corrigidos" deste trabalho.

Deve-se destacar que todos os pontos experimentais disponíveis para as configurações em análise estão incluídos nas Figuras V.19 e V.20, isto é, para todos os ângulos de abertura da válvula de controle da vazão (pressão sob o jato) no duto de ar.

QUADRO V.8: Condições de semelhança para modelos de Foz (cod. 25001) e deste trabalho.

Código	Fr	E	Orival	$(\Delta P/\gamma)_p$	Qar_p	Beta	$\Delta P/\gamma.h$	Lj/h	We_Lj	tr/h	td/h
25001	5.0	1389	5	0.001	0.015	0.13	0.018	23.9	1150	0.19	0.00
25001	5.0	1471	5	0.004	0.022	0.10	0.017	14.0	1407	0.12	0.00
23041	5.1	716	90	0.005	0.028	0.23	0.036	9.4	499	0.41	0.00
22141	5.1	973	90	0.004	0.026	0.21	0.027	10.6	538	0.36	0.34
23141	5.2	992	90	0.004	0.024	0.20	0.027	10.6	538	0.41	0.34
23141	6.4	479	90	0.013	0.045	0.26	0.087	12.8	810	0.38	0.32
22141	6.4	442	90	0.014	0.049	0.28	0.094	13.4	827	0.33	0.32
25001	7.0	469	5	0.014	0.047	0.29	0.105	17.8	1393	0.19	0.00
23141	7.6	391	90	0.022	0.059	0.29	0.149	14.9	1034	0.38	0.32
22141	7.6	358	90	0.024	0.063	0.31	0.163	16.0	1070	0.33	0.32
22041	8.0	347	90	0.028	0.067	0.31	0.186	12.8	1011	0.33	0.00
23041	8.1	324	90	0.030	0.072	0.33	0.203	15.5	1118	0.38	0.00
23141	8.2	363	90	0.028	0.066	0.30	0.186	16.0	1152	0.38	0.32
22141	8.2	339	90	0.030	0.070	0.31	0.199	17.1	1189	0.33	0.32
25001	8.4	449	5	0.021	0.056	0.29	0.158	14.3	1509	0.19	0.00
25001	8.5	350	5	0.027	0.067	0.34	0.206	14.7	1531	0.19	0.00
22041	8.5	333	90	0.032	0.071	0.31	0.217	13.9	1110	0.33	0.00
23141	8.7	353	90	0.032	0.070	0.30	0.213	17.1	1256	0.38	0.32
25001	8.9	346	5	0.027	0.060	0.36	0.229	14.7	1477	0.21	0.00
25001	9.2	364	5	0.024	0.062	0.45	0.230	16.2	1369	0.25	0.00
22041	9.5	401	90	0.024	0.062	0.40	0.223	17.9	1006	0.46	0.00
23041	9.5	402	90	0.024	0.064	0.41	0.223	22.4	1125	0.53	0.00
23141	9.6	332	90	0.041	0.080	0.31	0.276	18.6	1449	0.38	0.32
22141	9.6	324	90	0.042	0.082	0.32	0.282	20.7	1528	0.33	0.32
25001	9.7	326	5	0.038	0.075	0.34	0.286	11.7	1553	0.19	0.00
23001	9.8	620	90	0.023	0.059	0.21	0.154	23.9	1709	0.37	0.00
25001	9.9	347	5	0.021	0.057	0.60	0.284	18.6	1166	0.34	0.00
25001	10.5	298	5	0.036	0.075	0.49	0.367	14.4	1429	0.23	0.00
23041	10.8	383	90	0.033	0.075	0.42	0.306	23.8	1326	0.53	0.00
25001	11.8	263	5	0.052	0.090	0.53	0.531	12.3	1497	0.23	0.00
22041	12.3	325	90	0.051	0.090	0.43	0.468	23.1	1532	0.44	0.00
23041	12.3	351	90	0.048	0.089	0.42	0.433	28.9	1712	0.51	0.00
22001	14.9	1027	90	0.017	0.053	0.35	0.215	46.4	1868	0.62	0.00
25001	14.9	1252	5	0.022	0.059	0.85	0.178	19.6	1119	0.54	0.00
22001	15.1	1028	90	0.017	0.053	0.34	0.221	46.4	1897	0.62	0.00
22141	16.1	601	90	0.031	0.070	0.49	0.431	56.0	2000	0.69	0.67
23141	16.1	562	90	0.033	0.071	0.50	0.461	53.8	1960	0.80	0.67
25001	17.4	5816	5	0.030	0.069	0.86	0.052	17.2	1221	0.54	0.00

Quanto ao aspecto geral dos gráficos das Figuras V.19 e V.20, os pontos experimentais levantados neste trabalho dispõem-se como os do Modelo de Foz, isto é, as curvas ($\beta \times E$) e ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) seguem as mesmas tendências para os referidos ensaios e correspondentes valores de Fr .

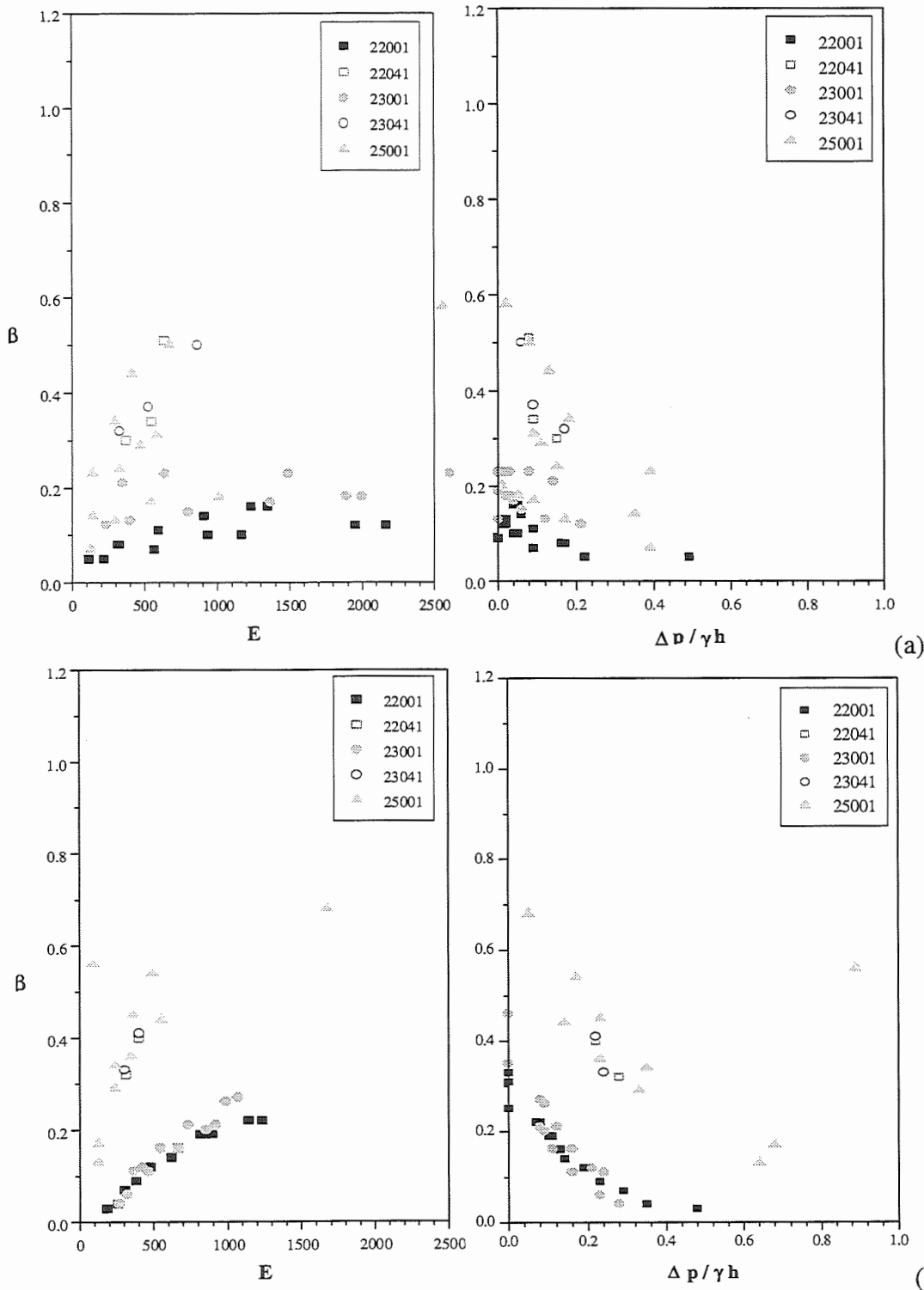


FIGURA V.19: Dados do Modelo de Foz (Cod. 25001) e do presente trabalho (a: $Fr = 7$ e b: $Fr = 9$).

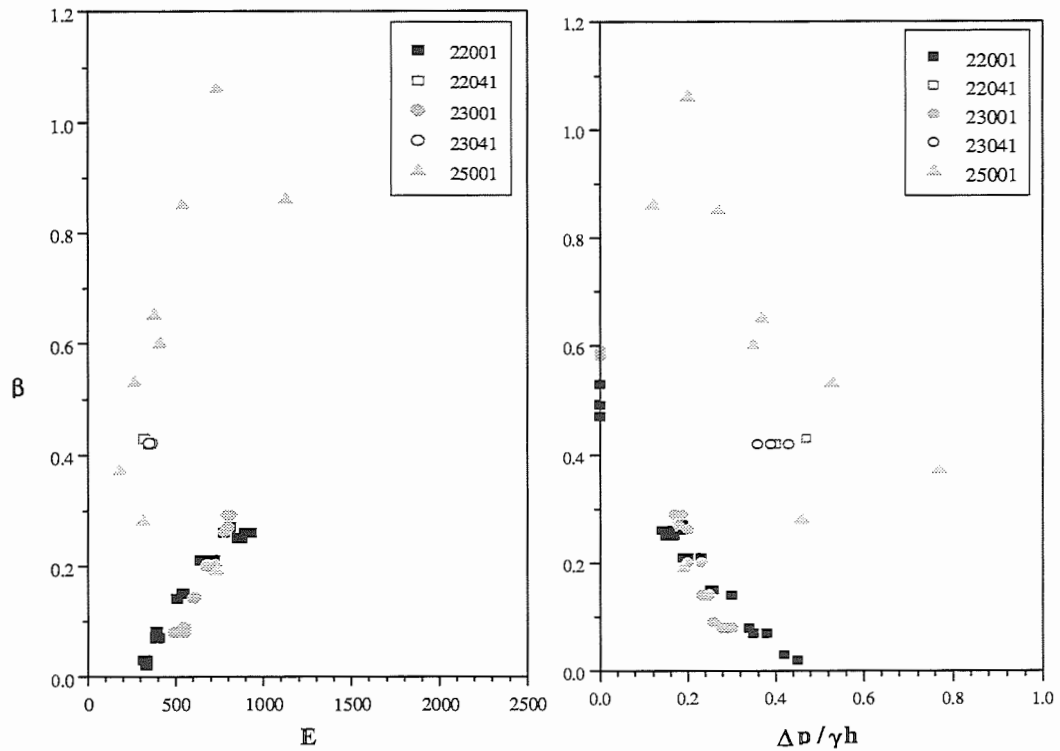


FIGURA V.20: Dados do Modelo de Foz e do presente trabalho ($Fr = 12$).

Nestes e em todos os gráficos semelhantes, os valores indicados para o número de Froude correspondem na verdade a uma faixa dada por $(Fr \pm 0,5)$, devido à incerteza verificada na determinação deste parâmetro. Os resultados do Modelo de Foz são mais sensíveis a pequenas variações do nº de Froude, o que é principalmente observado na Figura V.19a. No ANEXO 03, encontram-se os diversos outros gráficos comparativos para os demais valores do nº de Froude.

Na Figura V.21, estão apresentados os resultados deste trabalho (para o ângulo da válvula borboleta 60°) corrigidos para as condições do "protótipo" (Modelo de Foz: $A = 10 \times 3 \text{ cm}^2$). Nesta Figura, observa-se também razoável superposição de todos os dados a uma única reta, indicando, igualmente, a correspondência entre estes dois sistemas de abastecimento de ar para o espaço sob o jato. Para este caso, $K_M = 0,23619$, $K_P = 0,2445$ e $\lambda \cong 1:1,38$.

A análise de condições de semelhança para estes ensaios comprova as diferentes características dos modelos de Foz e do presente trabalho quanto ao arraste de ar. Os ensaios foram realizados com as rampas lisas que, relativamente, promovem arraste de ar muito inferior ao observado no Modelo de Foz. As rampas acentuadamente rugosas não foram ensaiadas para as posições da válvula borboleta diferentes de 90° com inclinações da rampa diferentes de 4° .

A justificativa para esta discrepância pode estar na diferença das condições de entrada dos escoamentos nas canaletas, uma vez que a ordem de grandeza do n^o de Weber é a mesma nos dois modelos (para $Fr > 7$) e efeitos de tensão superficial não estariam presentes. Como mencionado anteriormente, no Modelo de Foz, o aerador encontrava-se instalado junto à comporta de entrada do escoamento para a canaleta, enquanto no modelo ensaiado o aerador situava-se a aproximadamente 2,0m da comporta regulável de entrada para a canaleta, posição esta compatível com a instalação nos protótipos. Portanto, a camada limite junto do aerador apresentava-se em estágios distintos de desenvolvimento, interferindo diretamente no mecanismo de arraste de ar pelo escoamento de alta velocidade.

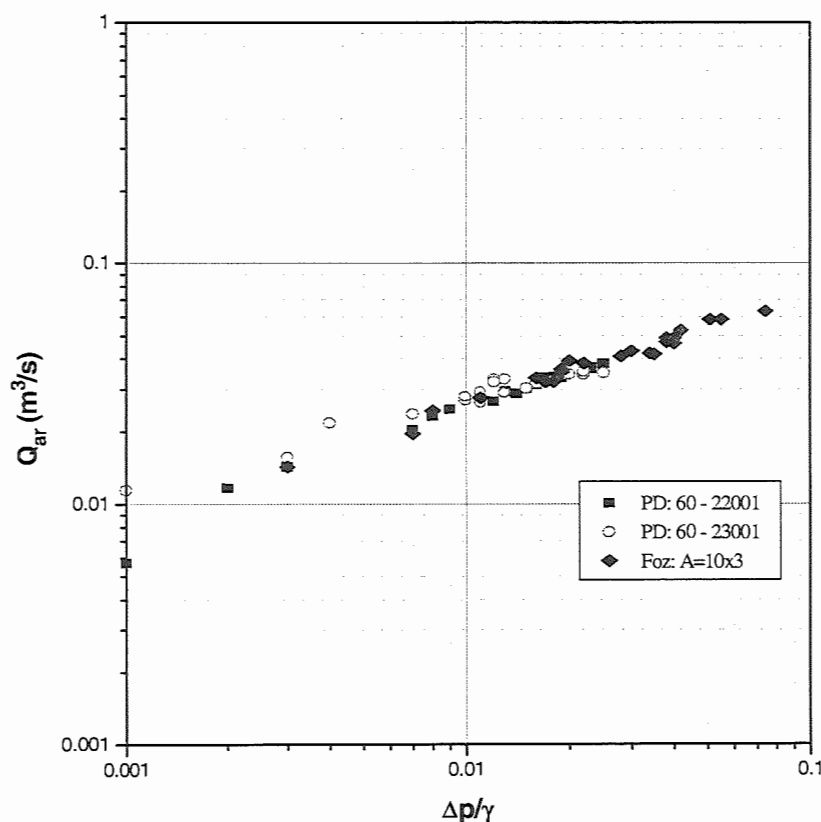


FIGURA V.21: Resultados do Modelo de Foz ($A=10 \times 3$) e "corrigidos" deste trabalho.

No caso dos resultados relativos aos dutos com aberturas totais, isto é, Modelo de Foz com $A = 10 \times 10 \text{ cm}^2$ e o ângulo da válvula borboleta 90° do presente trabalho, os valores dos coeficientes são: $K_M = 0,33363$ e $K_P = 1,37186$ e a escala do "modelo" seria $\lambda \cong 1:5,483$.

Com base nesta escala e nas Eqs. V.19 e V.20, as condições de semelhança podem ser estabelecidas, porém, não puderam ser verificadas devido à relativa proximidade das condições reais de ensaio das bancadas em questão.

V.3.2.2 - Modelo 1:15 da Barragem Clyde (PENG - 1984)

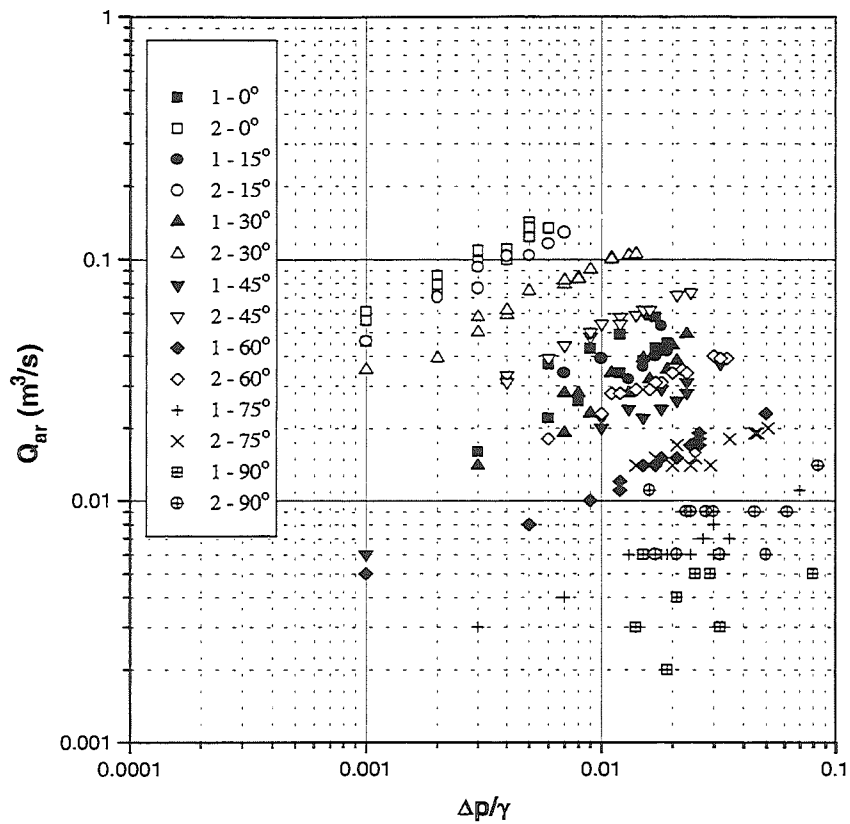
Os dados coletados no Modelo da Barragem Clyde são comparados com resultados obtidos nesta pesquisa para configurações geométricas próximas, isto é, ângulo da canaleta $\alpha = 45^\circ$ e ângulos da rampa $\theta = 0^\circ$ e 4° , uma vez que os correspondentes ângulos do Modelo Clyde são $\alpha = 51^\circ$ e $\theta = 0^\circ$ e 4° . Deve-se observar, no entanto, que as condições de entrada nos dois casos também são diferentes. No Modelo Clyde, o aerador situava-se a apenas 20cm da comporta de entrada para a canaleta.

Os resultados para o sistema de abastecimento de ar do Modelo Clyde estão apresentados na Figura V.22a para os dois condutos de admissão de ar (conduto 1: $D_1 = 80\text{mm}$ e conduto 2: $D_2 = 150\text{mm}$) com os ângulos das válvulas de controle das vazões (pressões sob o jato) variando de 0° , correspondente a abertura completa, a 90° , para obstrução total). Na Figura V.22b, apenas os resultados para o conduto maior com o ângulo da válvula igual a 0° , 45° e 60° estão apresentados juntamente com os resultados obtidos neste trabalho para o ângulo da canaleta $\alpha = 45^\circ$ e ângulos da rampa $\theta = 0^\circ$ e 4° . Nesta última figura, observa-se que as condições de alimentação pelos dutos de ar são praticamente coincidentes para os ângulos das válvulas do Modelo da Barragem Clyde e deste trabalho iguais a 60° (este valor representa posições angulares complementares nos dois modelos).

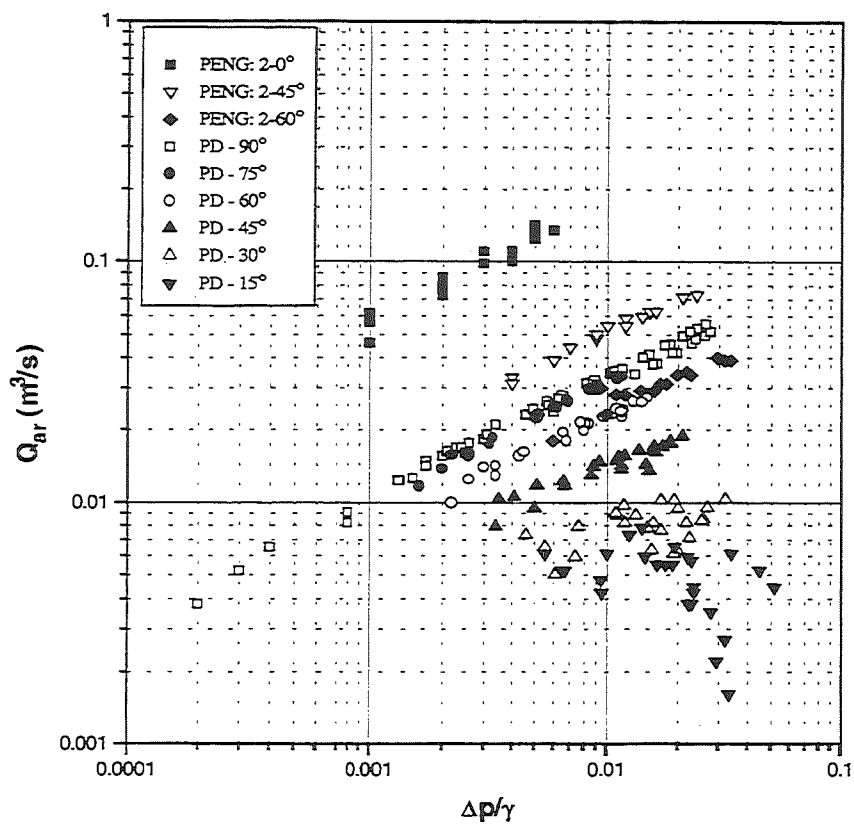
Para este ângulo de 60° , obtêm-se os coeficientes K , admitindo-se que o modelo ensaiado neste trabalho corresponda a um "modelo reduzido" do Modelo de Clyde: $K_M = 0,23619$ e $K_P = 0,23256$. A escala do "modelo", com os valores de $B_M = 0,20\text{m}$ e $B_P = 0,25\text{m}$, seria igual a 1:0,788.

As condições de semelhança não foram adequadamente representadas nos dois modelos (mesmos valores de Fr e $\Delta p/\gamma h$, isto é, mesmo E) para as citadas configurações geométricas. Nos casos em que estes parâmetros têm valores próximos, verifica-se um desempenho ligeiramente superior do Modelo de Clyde em termos do coeficiente de arraste de ar β . Este desempenho ligeiramente superior do Modelo de Clyde pode também ser constatado observando-se os gráficos apresentados na Figura V.23.

Os gráficos comparativos para estes modelos construídos com todos os dados disponíveis para as diversas configurações ensaiadas nos dois casos (os ângulos das válvulas e os próprios dutos de ar, rampas rugosas e lisas e degraus) estão apresentados nas Figuras V.24 ($Fr = 8$) e V.25 ($Fr = 10$ e 11). No ANEXO 03, encontram-se os diversos outros gráficos comparativos para os demais valores do n° de Froude.



(a)



(b)

FIGURA V.22: Resultados do Modelo da Barragem Clyde e do presente trabalho.

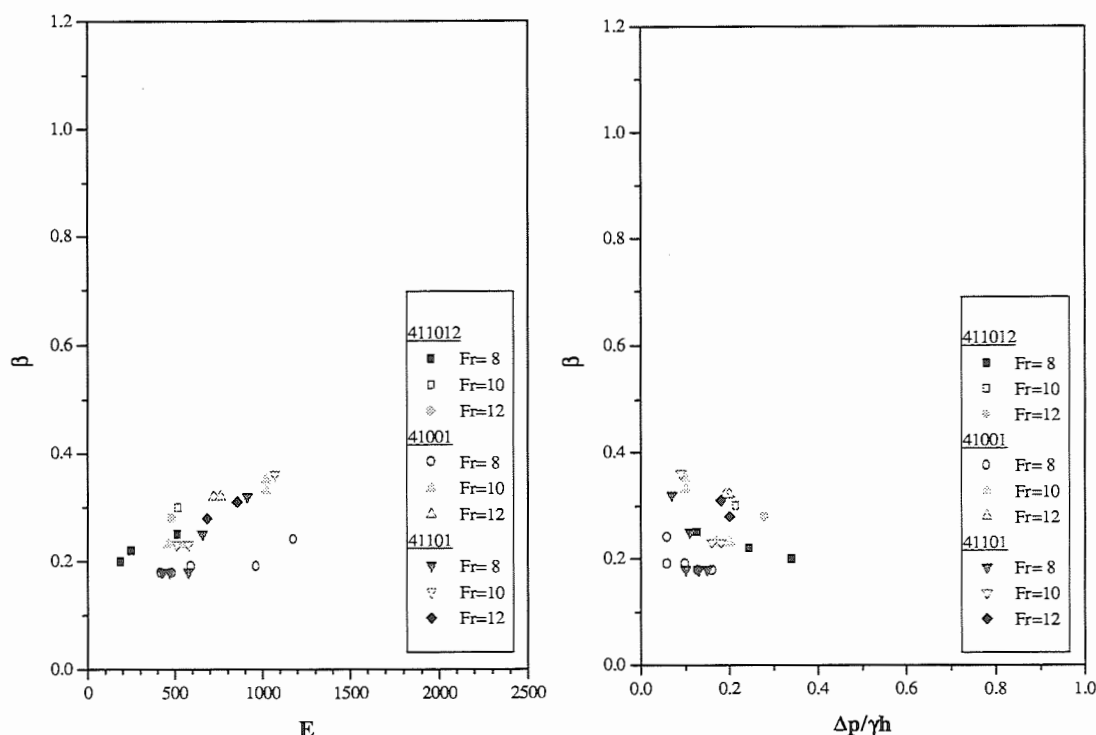


FIGURA V.23: Resultados do Modelo da Barragem Clyde (códigos de 6 algarismos) e deste trabalho (âng.válvula=60°)

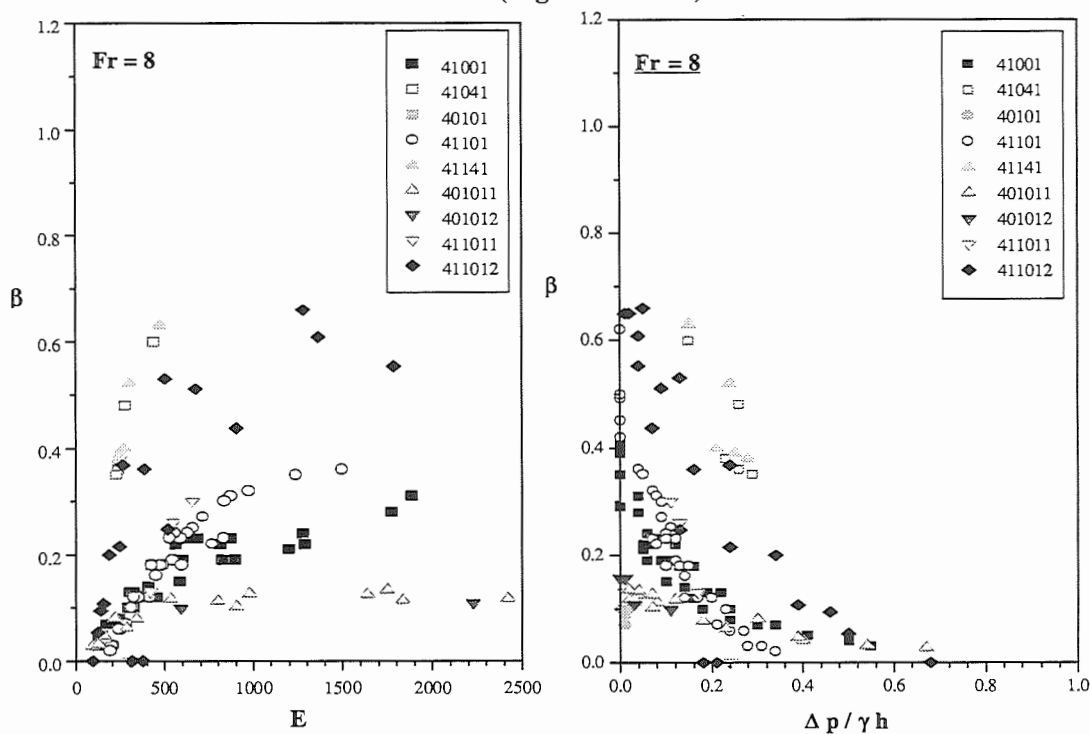


FIGURA V.24: Resultados do Modelo da Barragem Clyde e deste trabalho ($Fr = 8$).

Nos gráficos das Figuras V.24 e V.25, observa-se que as configurações semelhantes apresentam comportamentos semelhantes nos dois modelos. Para $Fr = 8$, o coeficiente de arraste assume valores baixos nos ensaios sem rampa (2°

algarismo igual a "0" nos códigos das configurações). As configurações com rampa e com degrau (2º e 3º algarismos iguais a "1") têm, praticamente, o mesmo desempenho quando emprega-se o duto 1 no Modelo Clyde (6º algarismo igual a "1"; observações válidas também para os ensaios com $Fr = 10$).

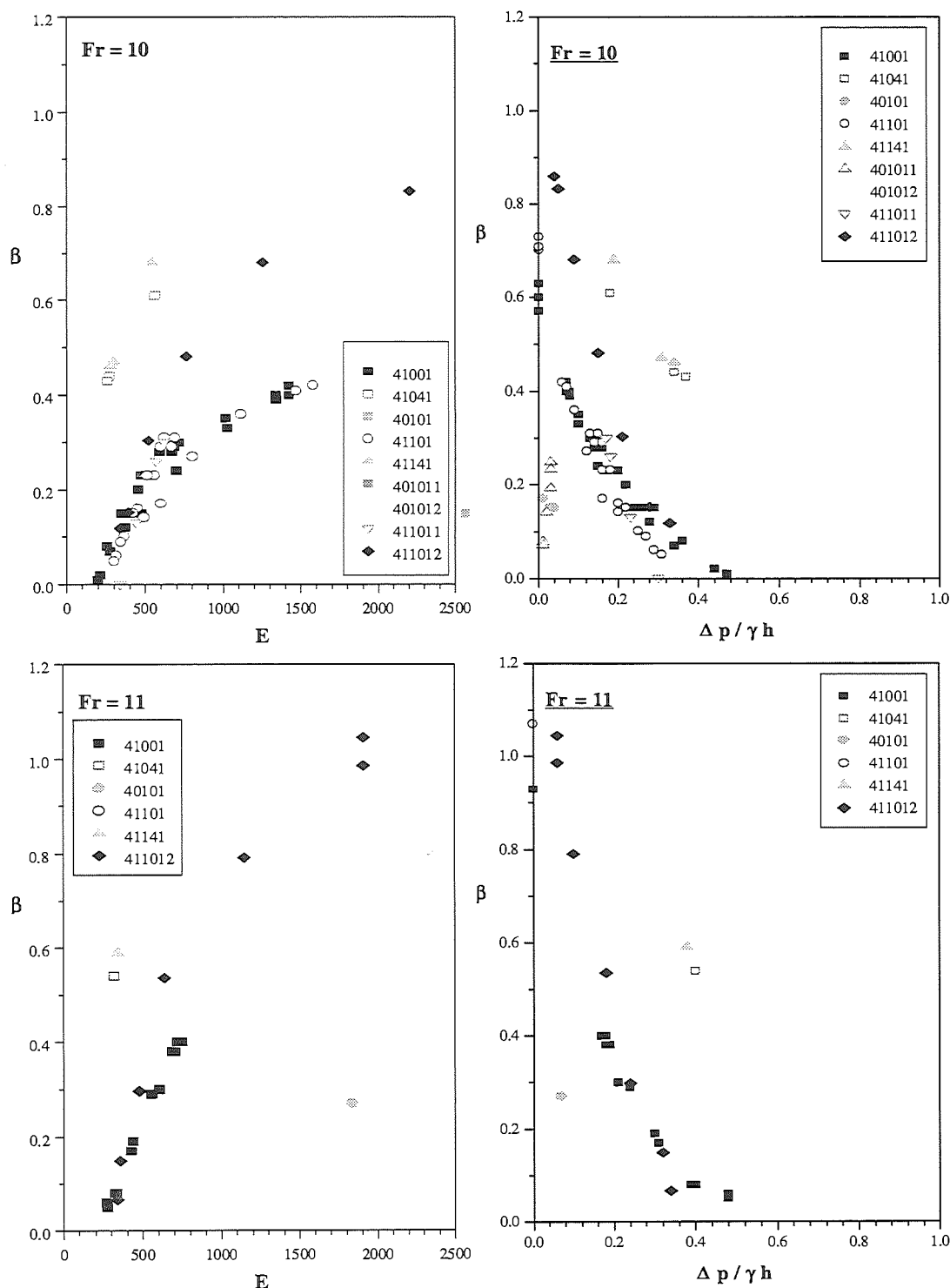


FIGURA V.25: Resultados do Modelo da Barragem Clyde e deste trabalho ($Fr = 10$ e $Fr = 11$).

Para o duto 2 (6º algarismo igual a "2"), o desempenho em termos de arraste de ar do Modelo Clyde é superior ao do modelo do presente trabalho, sendo que a diferença parece diminuir com o aumento do número de Froude. Observa-se, também, que a falta do degrau não influencia tanto o desempenho do aerador para valores de Fr da ordem e acima de 10.

Finalmente, o efeito da rugosidade da rampa sobre o desempenho do aerador pode ser verificado nas citadas figuras a partir dos resultados dos ensaios das mesmas configurações dotadas de rampas acentuadamente rugosas (códigos com 4º algarismo igual a "4").

V.4 - Análise comparativa das diversas configurações ensaiadas

O desempenho do aerador, medido pelo coeficiente de arraste de ar β , pode variar consideravelmente com a geometria da rampa, dada pelo ângulo de inclinação θ da mesma em relação à inclinação do fundo da canaleta (calha do vertedor, no protótipo) e pela relação t_r/h entre a altura da rampa e a altura da lâmina d'água à entrada da mesma, bem como, com o emprego de um degrau (rebaixamento do fundo do canal a jusante em relação ao prolongamento da linha do fundo a montante do aerador) menor ou maior. Neste trabalho, os ângulos e correspondentes dimensões das rampas ensaiadas estão indicados na Figura V.26. Realizaram-se, também, ensaios destas rampas associadas a um degrau de 30 mm.

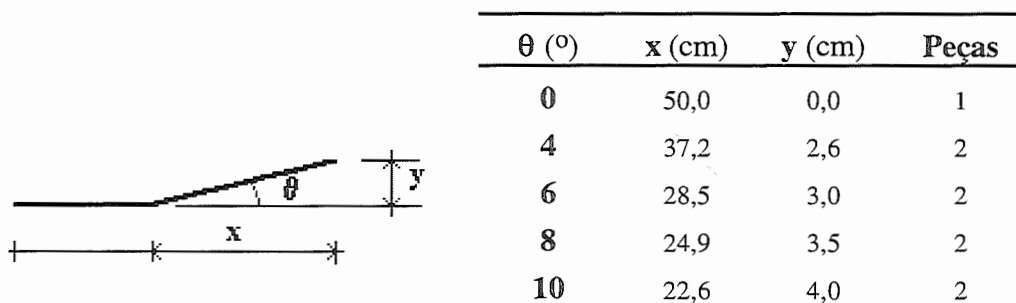


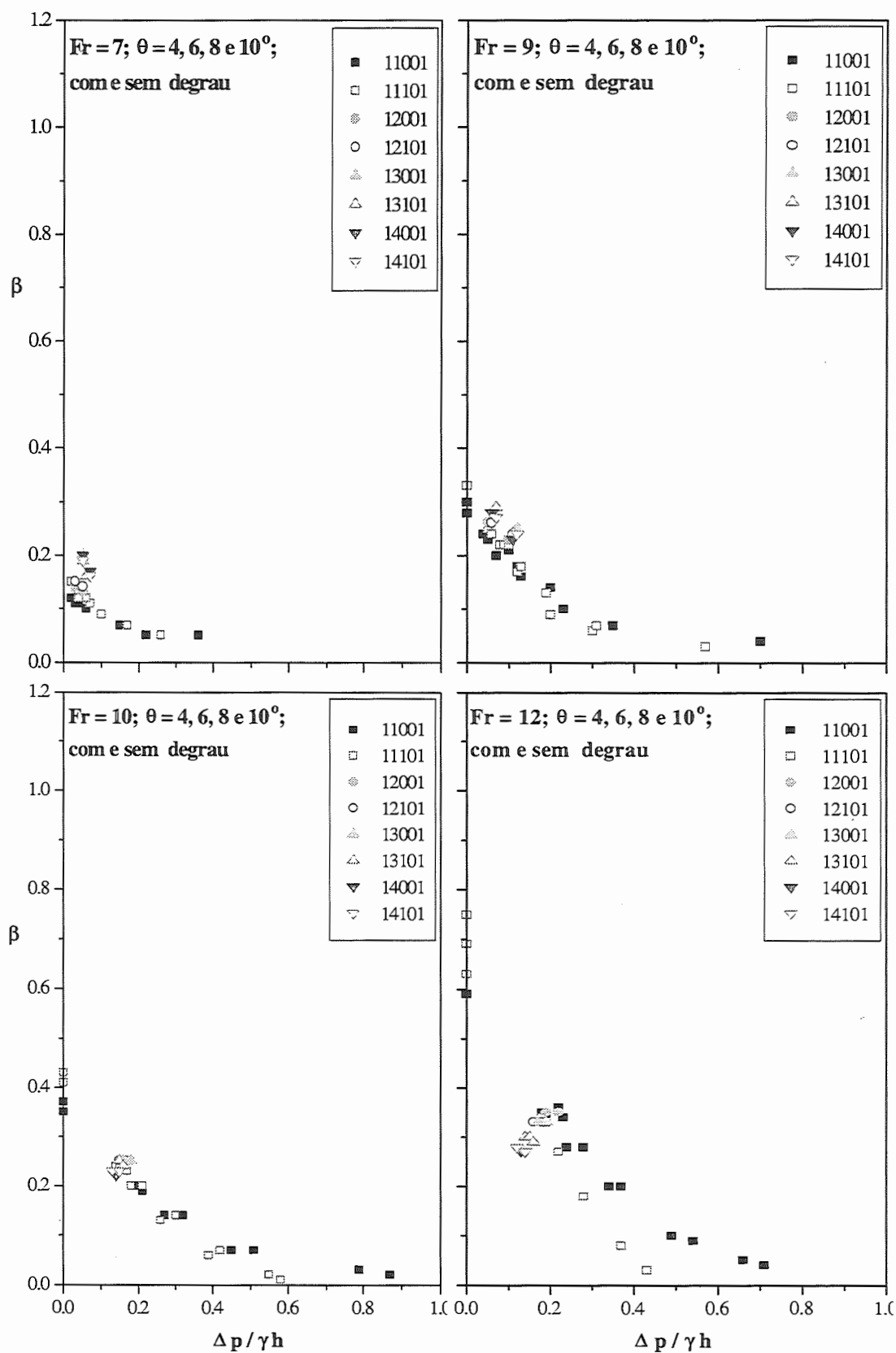
FIGURA V.26: Ângulos e dimensões aproximados das rampas ensaiadas.

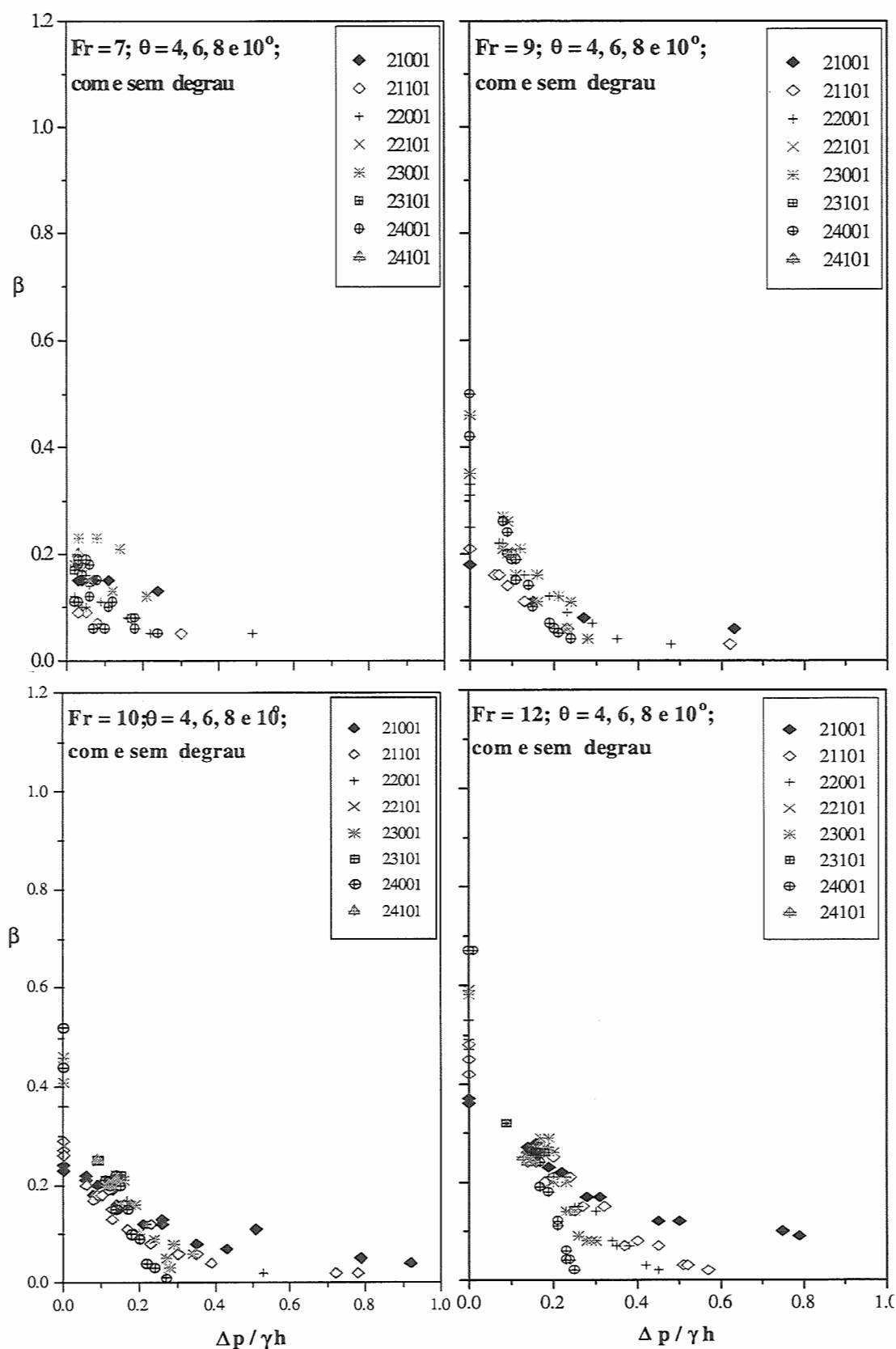
Os resultados levantados para as várias configurações ensaiadas no presente trabalho são comparados de modo a indicar-se a geometria que proporciona o melhor desempenho do aerador para dada inclinação da canaleta em termos do arraste de ar. Comparações são também realizadas para a inclinação da rampa $\theta = 4^\circ$ nas quatro

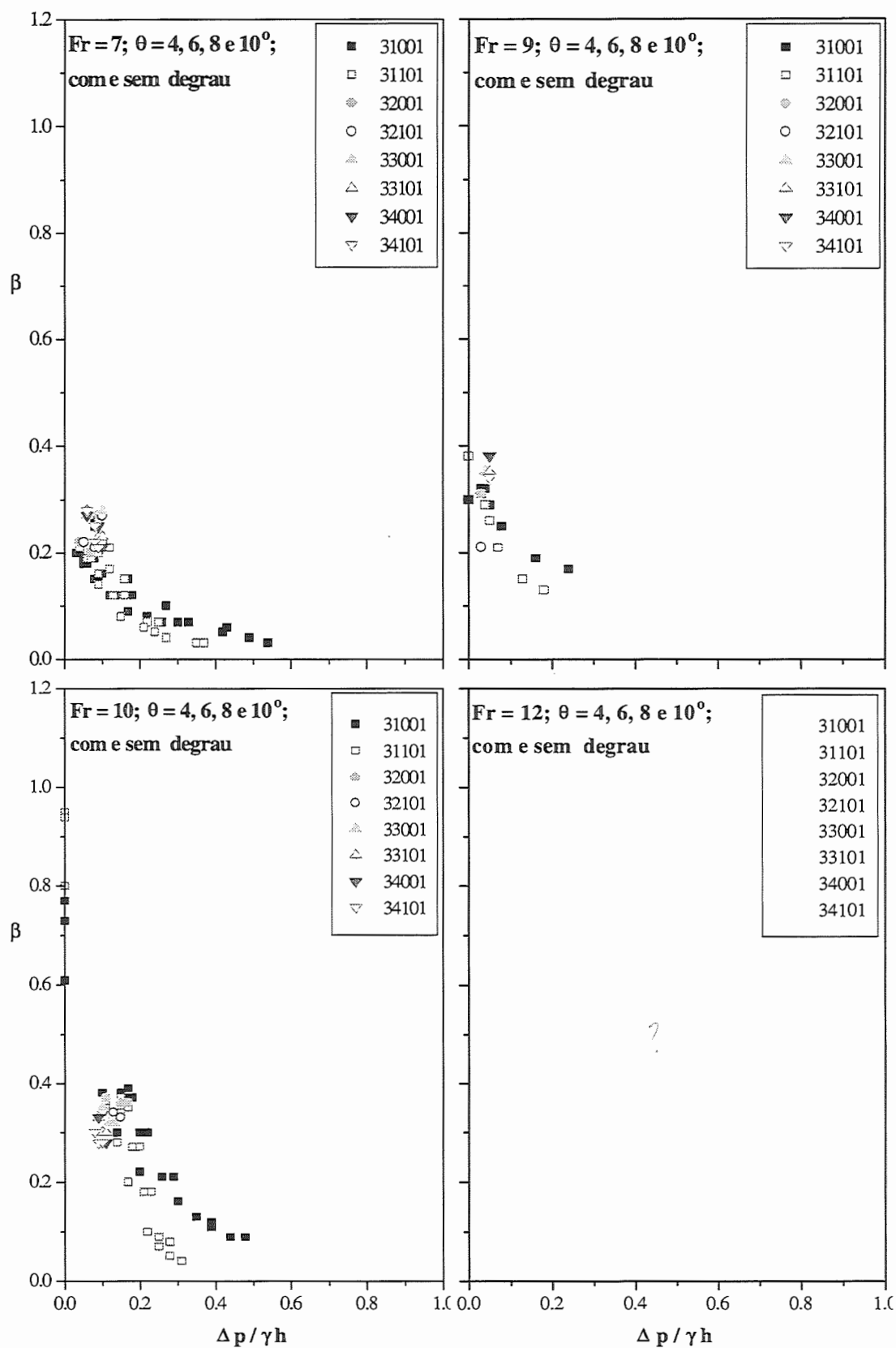
diferentes inclinações típicas da canaleta. Finalmente, dos ensaios com rampas acentuadamente rugosas, verifica-se a ordem de grandeza dos acréscimos observados no coeficiente de arraste de ar relativamente aos correspondentes ensaios de rampas lisas. As figuras que se seguem referem-se a valores do número de Froude entre 7 e 12, enquanto que todos os gráficos comparativos ($\beta \times E$) e ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para as várias configurações e valores constantes do número de Froude entre 6 e 16 estão apresentados no ANEXO 03, Figuras A3.8a a A3.18b.

Apesar de que o conjunto de dados não inclui número de pontos experimentais suficiente para uma avaliação precisa dos efeitos dos diversos parâmetros, podem-se indicar as seguintes tendências gerais:

- as rampas associadas com o degrau propiciam maiores valores do coeficiente de arraste de ar relativamente aos ensaios com as rampas associadas com degrau nulo para valores de $\Delta p/\gamma h$ inferiores a um dado valor correspondente ao cruzamento das respectivas curvas (vide, por exemplo, Figura V.27b para $Fr = 10$ e 12);
- o cruzamento das curvas correspondentes às configurações "com e sem degrau" ocorre para valores de $0,05 \leq \Delta p/\gamma h \leq 0,20$, aproximadamente, em todas as condições apresentadas nas Figuras V.27;
- para dada inclinação α da canaleta, os pontos experimentais correspondentes a inclinações θ da rampa maiores dispõem-se sobre "curvas" mais íngremes (gráficos das Figuras V.27 e A3.19e), indicando que as configurações constituídas por rampas com inclinações mais acentuadas são mais sensíveis às variações do parâmetro $\Delta p/\gamma h$; e
- as curvas ($\beta \times \Delta p/\gamma h$) para dada inclinação α da canaleta e dada inclinação θ da rampa tornam-se mais acentuadas (íngremes) para valores de Fr mais elevados, conforme a Figura V.28 que apresenta estes gráficos para a inclinação $\theta = 4^\circ$. Os gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$), para Fr como parâmetro, das Figuras A3.19c e A3.19d (ANEXO 03) comprovam o efeito positivo da associação do degrau à rampa com $\theta = 4^\circ$ nas quatro inclinações ensaiadas da canaleta, uma vez que conduz a valores mais elevados da taxa de arraste β para idênticos valores de $\Delta p/\gamma h$ ($< 0,20$).

FIGURA V.27a: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 3^\circ$).

FIGURA V.27b: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 14^\circ$).

FIGURA V.27c: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 30^\circ$).

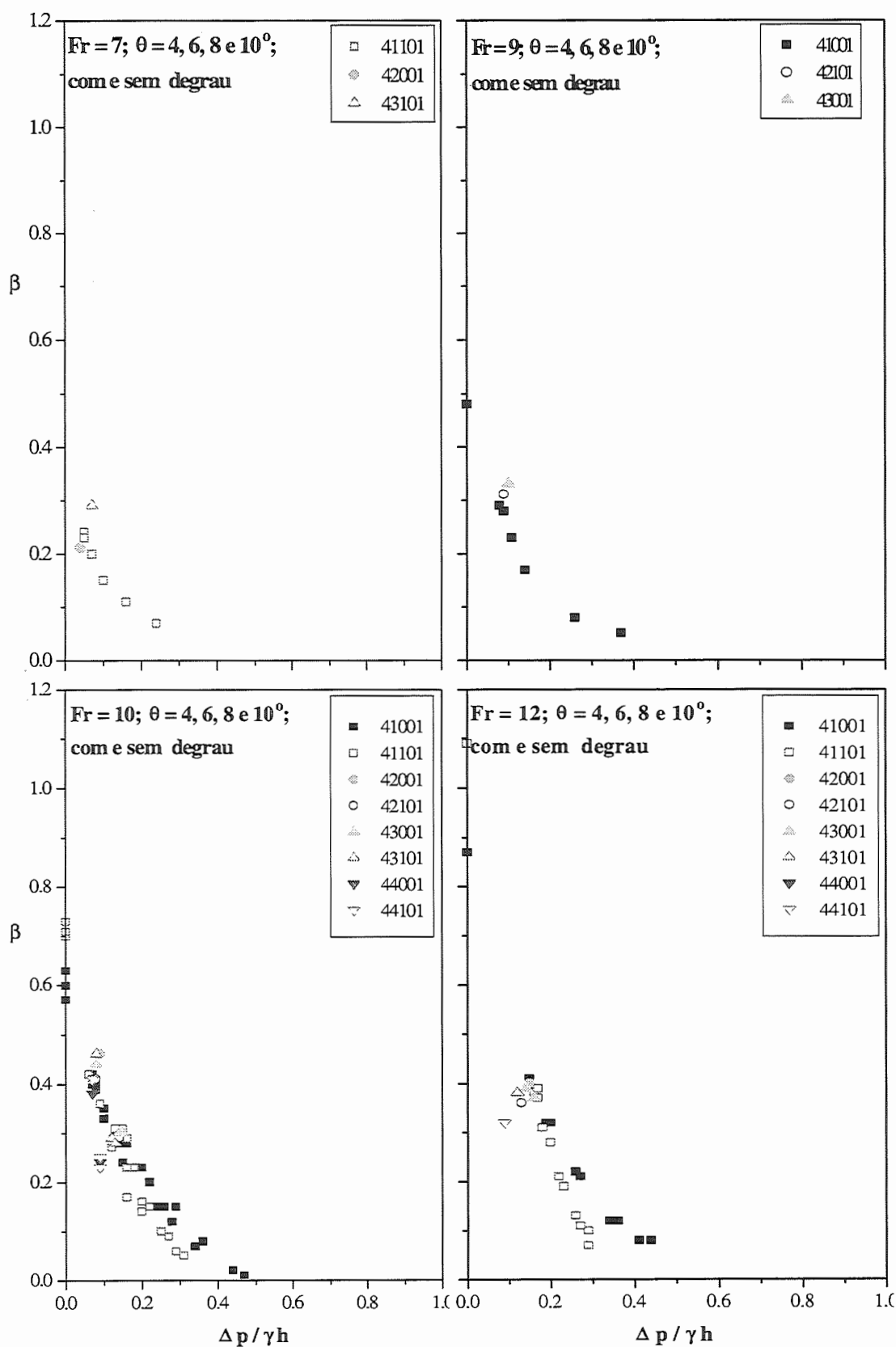


FIGURA V.27d: Desempenho do aerador para as configurações ensaiadas ($\alpha = 45^\circ$).

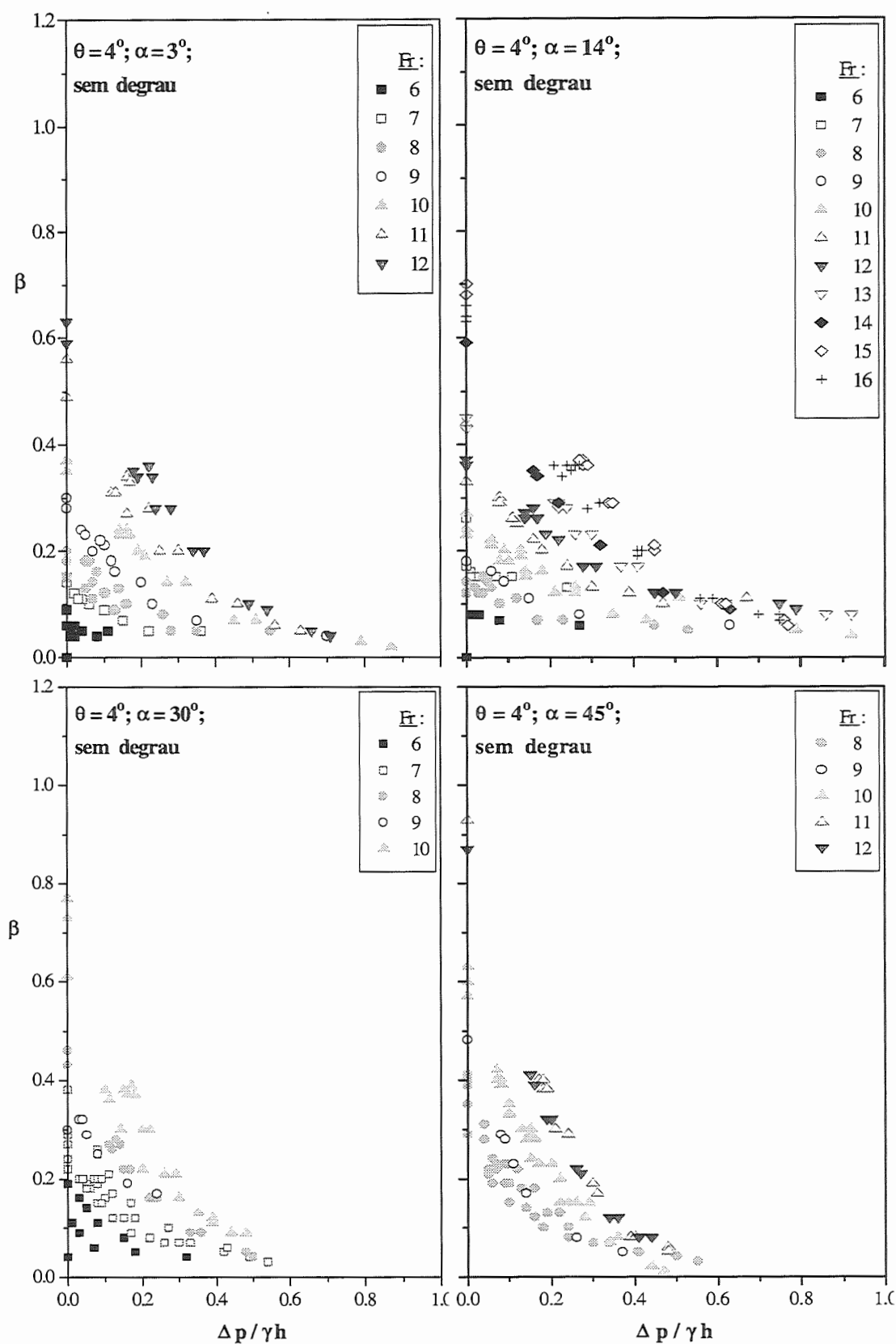


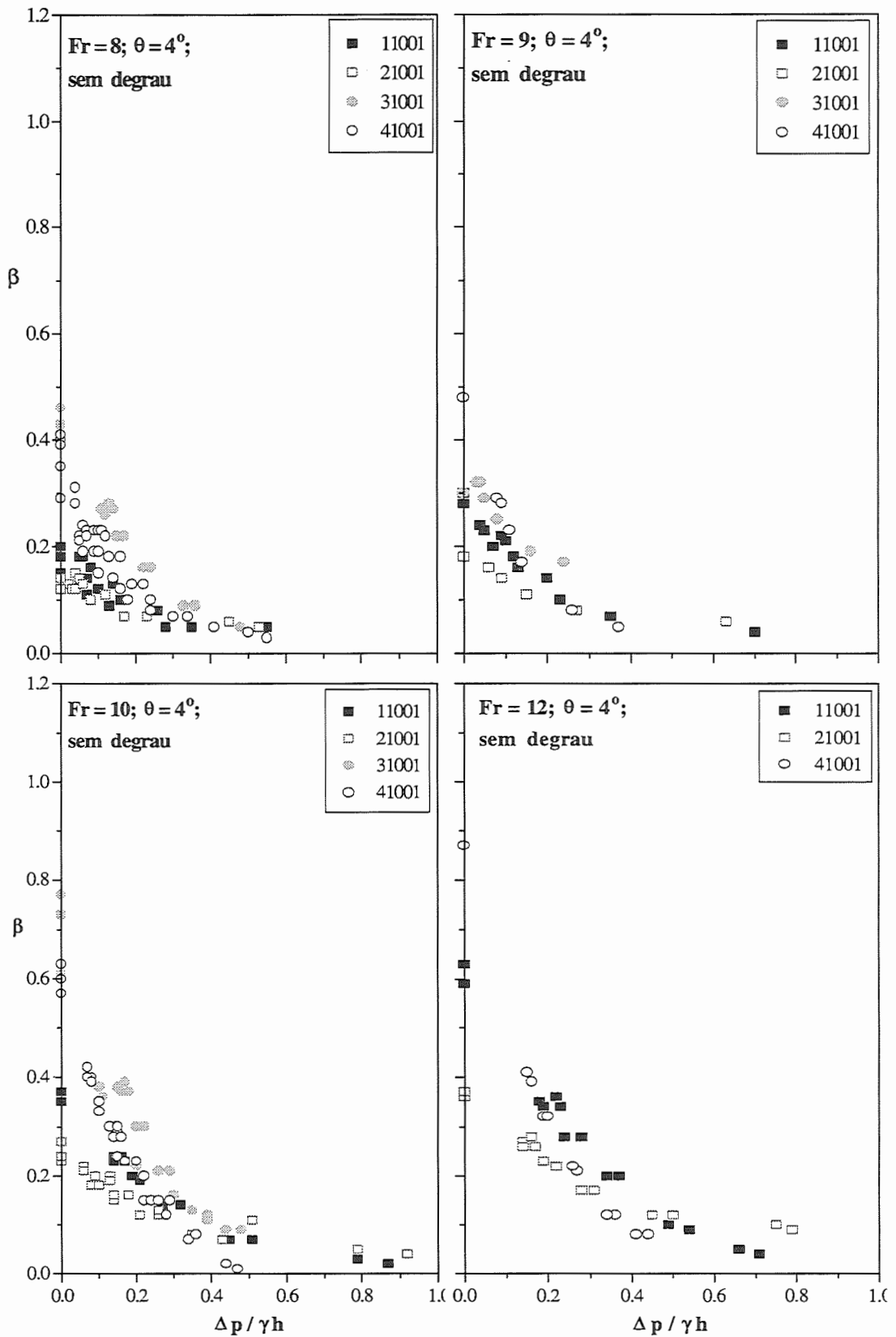
FIGURA V.28: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).

Nas Figuras V.29 e V.30, apresentam-se os resultados correspondentes aos ensaios com a rampa de 4° (associada e não associada ao degrau) nas quatro inclinações da canaleta para o número de Froude igual a 8, 9, 10 e 12. Todos os gráficos comparativos deste tipo, lançados para os diversos valores deste parâmetro, estão apresentados no ANEXO 03. Dos gráficos destas Figuras, observa-se que, para valores de $\Delta p/\gamma h < 0,5$, a inclinação de 3° é mais eficiente em termos de arraste de ar que a inclinação de 14° (todos os valores de Fr ; sem e com degrau) e que a inclinação de 30° é mais eficiente que as duas primeiras e que a inclinação de 45° (valores de Fr iguais a 8 e 10; sem e com degrau). Para $Fr = 9$ e $\Delta p/\gamma h < 0,1$, a inclinação de 45° apresenta desempenho superior ao da inclinação de 30° (Figura V.29) contrariando a tendência verificada para os outros valores do Fr . Observa-se, no entanto, que, além de o valor indicado para o número de Froude corresponder a uma faixa dada por $(n \pm 0,5)$, o adimensional t_r/h assumiu valores diferentes: igual a 0,4 naquela inclinação e a 0,7 na última.

Nas Figuras V.31 e V.32, observa-se que, em termos de eficiência de arraste de ar, a mesma sequência dos valores de α , qual seja 30° , 45° , 3° e 14° , indicada em análises anteriores (como as realizadas para a taxa de arraste de ar máxima $\beta_{máx}$) é confirmada. Observa-se, também, que os pontos experimentais correspondentes a valores maiores do parâmetro $\Delta p/\gamma h$ e mesma geometria dispõem-se segundo retas com inclinações, em relação à horizontal, cada vez menores. Estas retas parecem admitir uma origem comum sobre o eixo das abscissas com $5,0 < Fr < 6,0$. Outros gráficos deste tipo estão apresentados nas Figuras A3. 20.

Para uma dada geometria e condições específicas do escoamento de alta velocidade, o arraste de ar no aerador deverá ocorrer para valores de $Fr \geq Fr_0$. A determinação deste valor "crítico" para cada geometria implicaria o desenvolvimento de outra bateria de ensaios que não foi contemplada neste trabalho.

A citada origem das eventuais "retas de ajuste", mencionada no último parágrafo da página anterior, não corresponde a este valor crítico do número de Froude Fr_0 , mas, unicamente, à interseção com o eixo horizontal das retas que se ajustam aos pontos experimentais.

FIGURA V.29: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).

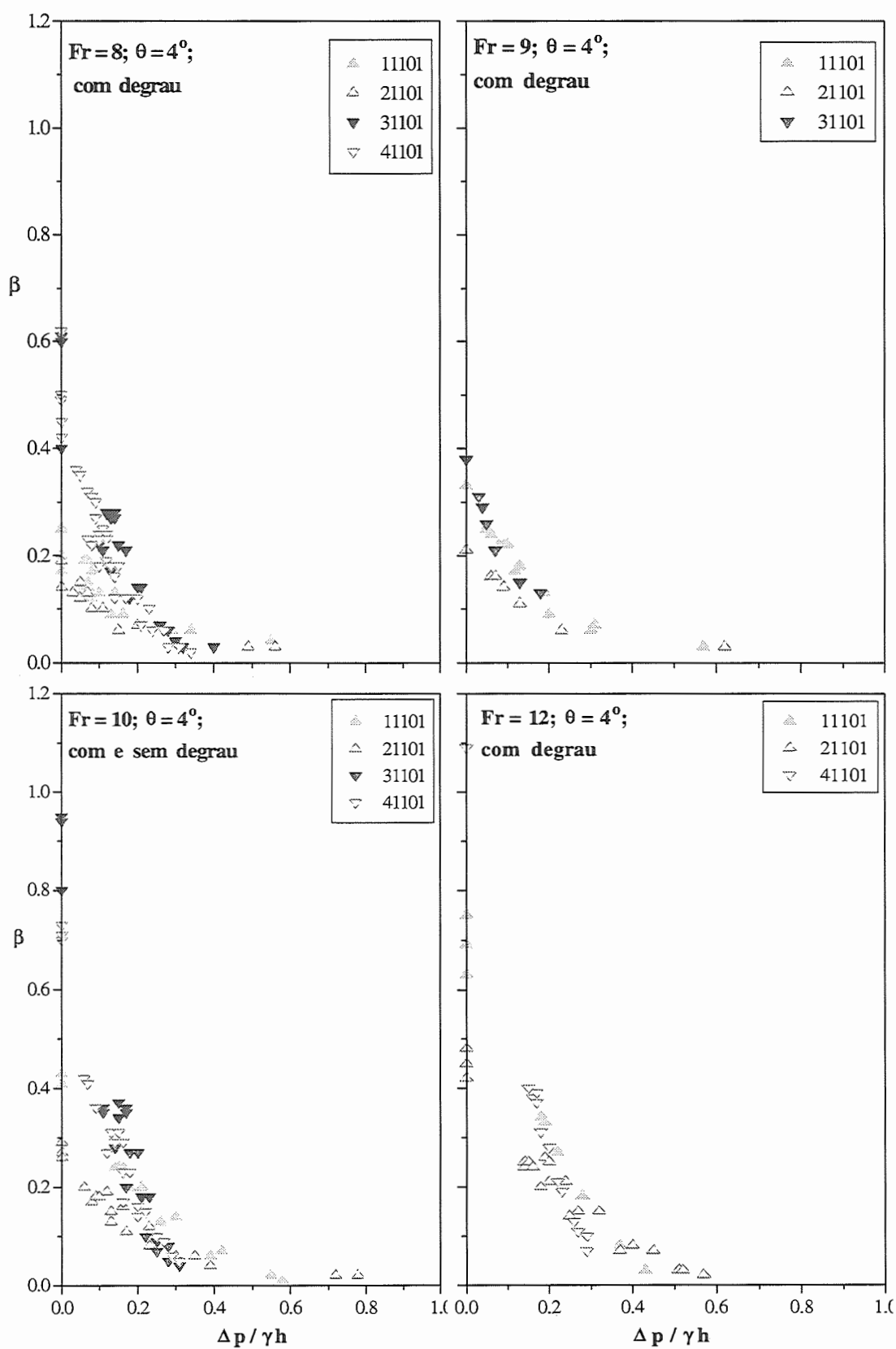
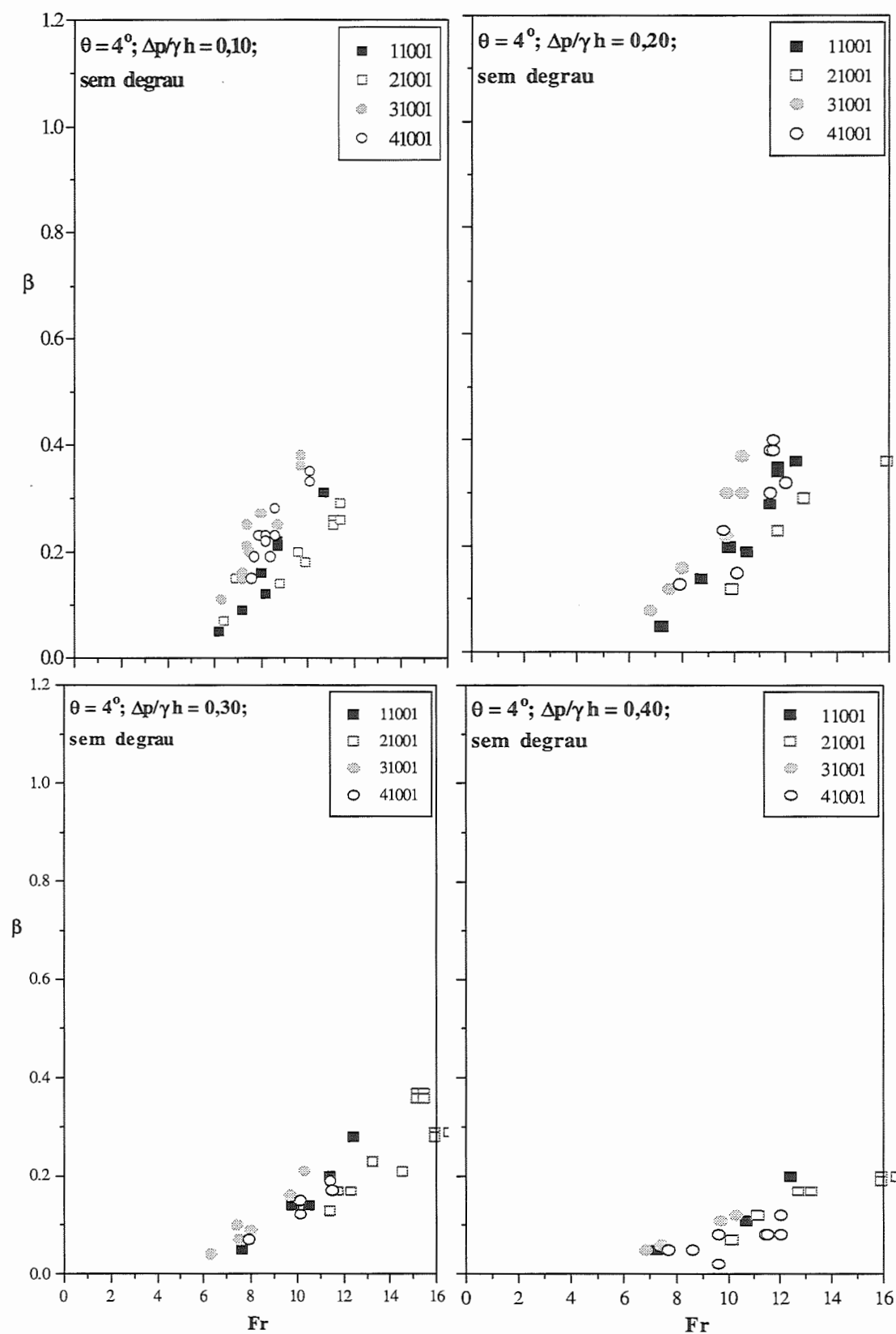


FIGURA V.30: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas (com degrau; $\theta=4^\circ$).

FIGURA V.31: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/degrau; $\Delta p/\gamma h = cte$; $\theta = 4^\circ$)

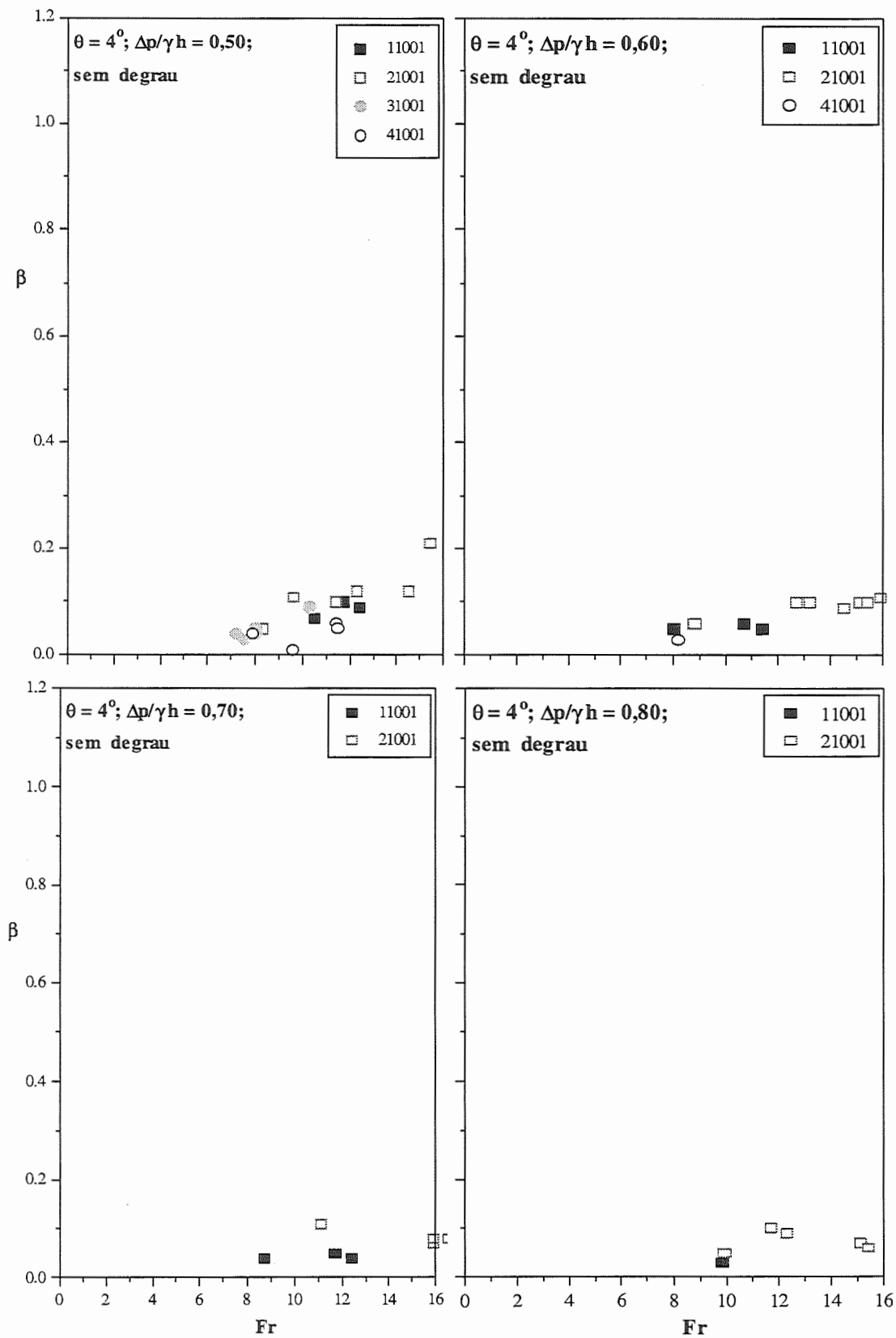


FIGURA V.32: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/degrau; $\Delta p/\gamma h = cte$; $\theta = 4^\circ$)

Nas Figuras V.33 e V.34, apresentam-se os gráficos ($\beta \times Fr$) para as diversas configurações ensaiadas e valores constantes de $\Delta p/\gamma h$. Nestes gráficos, mais uma vez, observa-se que, para uma dada geometria e valores crescentes de $\Delta p/\gamma h$, os pontos experimentais dispõem-se segundo retas, cujas inclinações com o eixo horizontal são decrescentes. As retas indicadas nestas Figuras correspondem apenas a ajuste visual aos pontos experimentais. Vê-se também que a origem de todas as "retas" de ajuste dos pontos experimentais coincide com o valor do número de Froude igual a 5,4 aproximadamente, tanto nos ensaios da rampa de $\theta = 4^\circ$ sem quanto com o degrau associado. Estes gráficos são reapresentados no ANEXO 03 (Figuras A3.21a e A3.21b) com outro arranjo. Na Figura A3.21c, pode-se também comprovar que, para $\alpha = 14^\circ$, as rampas com maiores valores do ângulo θ são mais eficientes para os valores do parâmetro $\Delta p/\gamma h \leq 0,2$. Nesta última Figura, observa-se ainda que um valor mais adequado para a abscissa da referida origem das retas de ajuste para $\theta = 8^\circ$ e 10° seria $Fr_0 = 4,0$.

Quanto ao efeito, sobre o desempenho do aerador, do emprego de rampas acentuadamente rugosas relativamente às correspondentes rampas lisas, os gráficos das Figuras V.19, V.20, V.24 e V.25, já citadas, das Figuras V.35 e das correspondentes do ANEXO 03 indicam acréscimos na capacidade de arraste de ar da ordem de 100% para valores de $\Delta p/\gamma h \cong 0,20$ e $Fr \cong 8$ até 500% para os valores aproximados dos mesmos parâmetros de 0,40 e 12, respectivamente. Outras observações importantes a serem ressaltadas das Figuras V.35c e V.35d são as seguintes:

- os pontos experimentais para a corrida com rampa acentuadamente rugosa, $\theta = 4^\circ$, $\alpha = 14^\circ$ e $\Delta p/\gamma h = 0,0$, dispõem-se segundo uma reta de ajuste aparentemente paralela à correspondente para as mesmas condições ensaiadas com a rampa lisa;
- apesar do reduzido número de dados, para valores $\Delta p/\gamma h > 0,0$ e algumas das geometrias ensaiadas, os pontos experimentais parecem dispor-se sobre retas que admitem a mesma origem das correspondentes retas de ajuste para os ensaios de rampas "lisas" (vide principalmente a Figura V.35d).

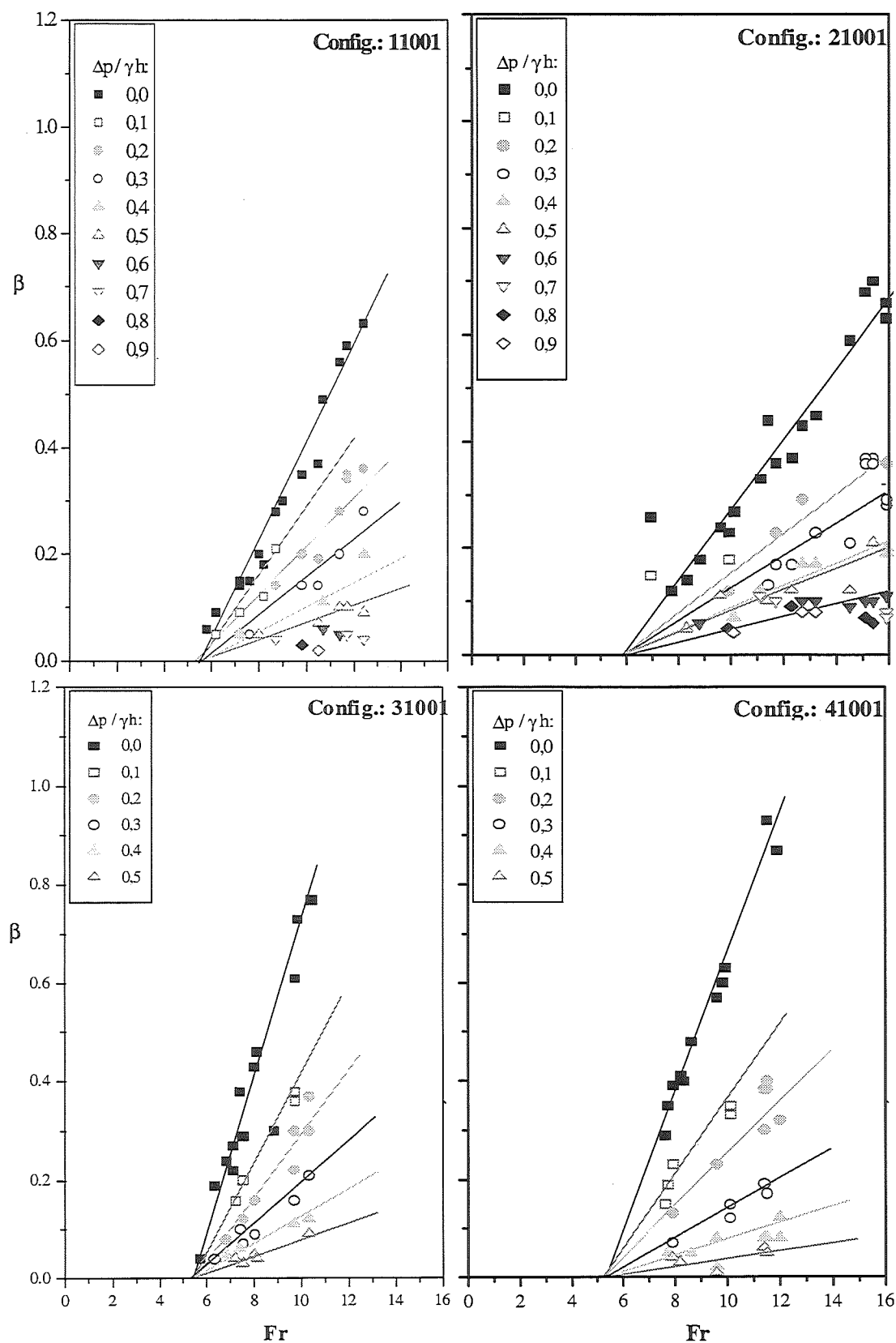
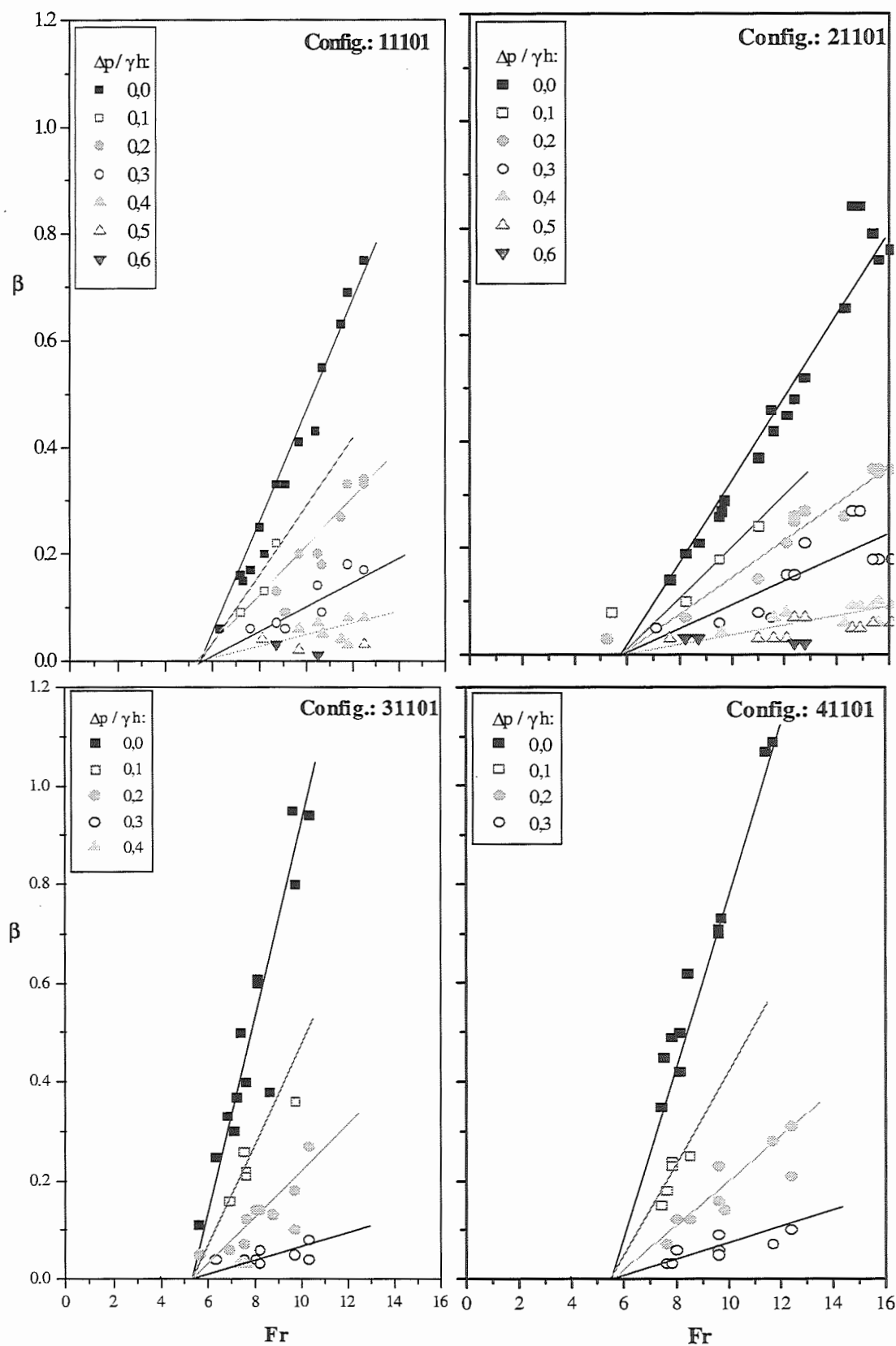


FIGURA V.33: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).

FIGURA V.34: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (com degrau; $\theta = 4^\circ$).

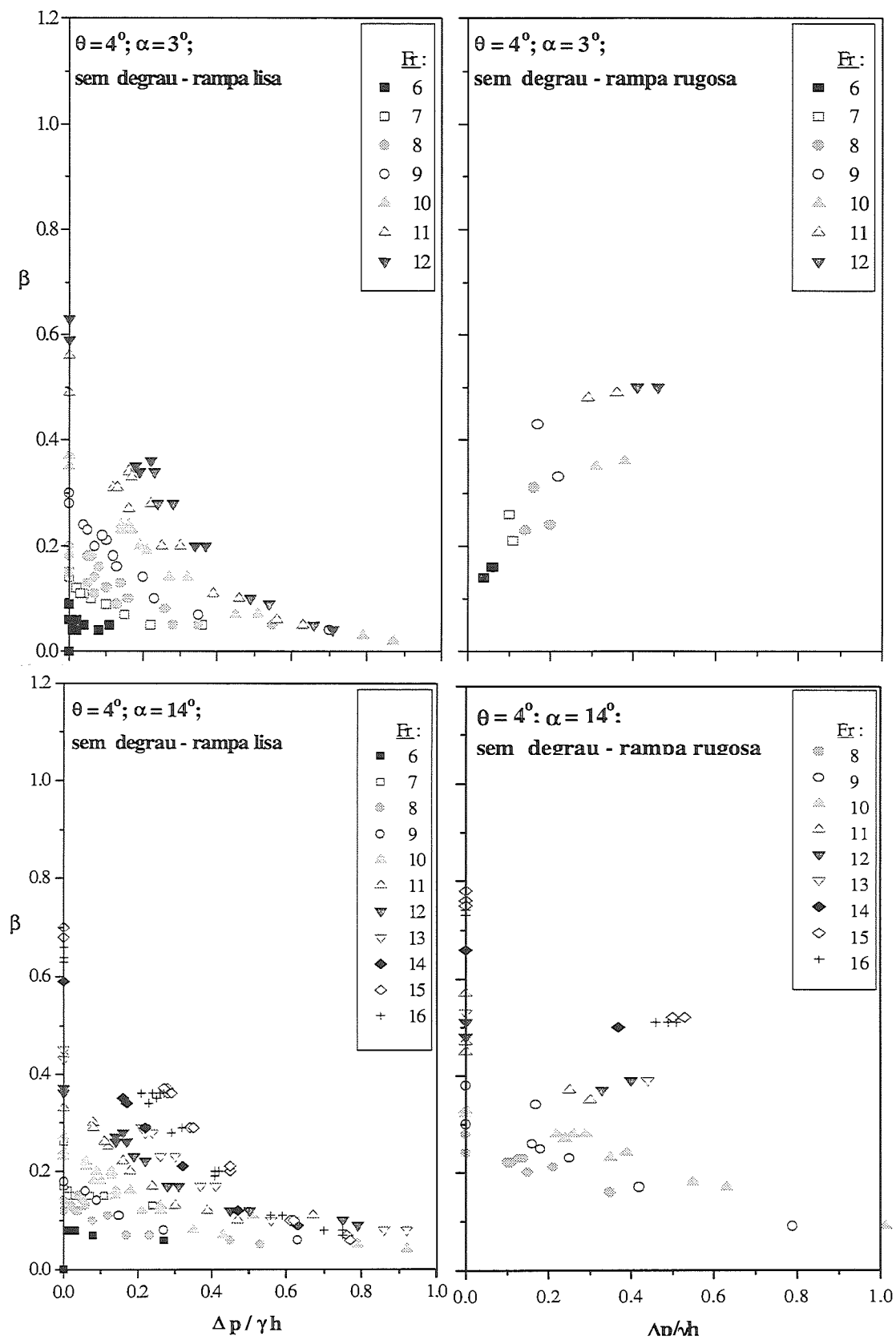


FIGURA V.35a: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas com rampas lisa e acentuadamente rugosa (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).

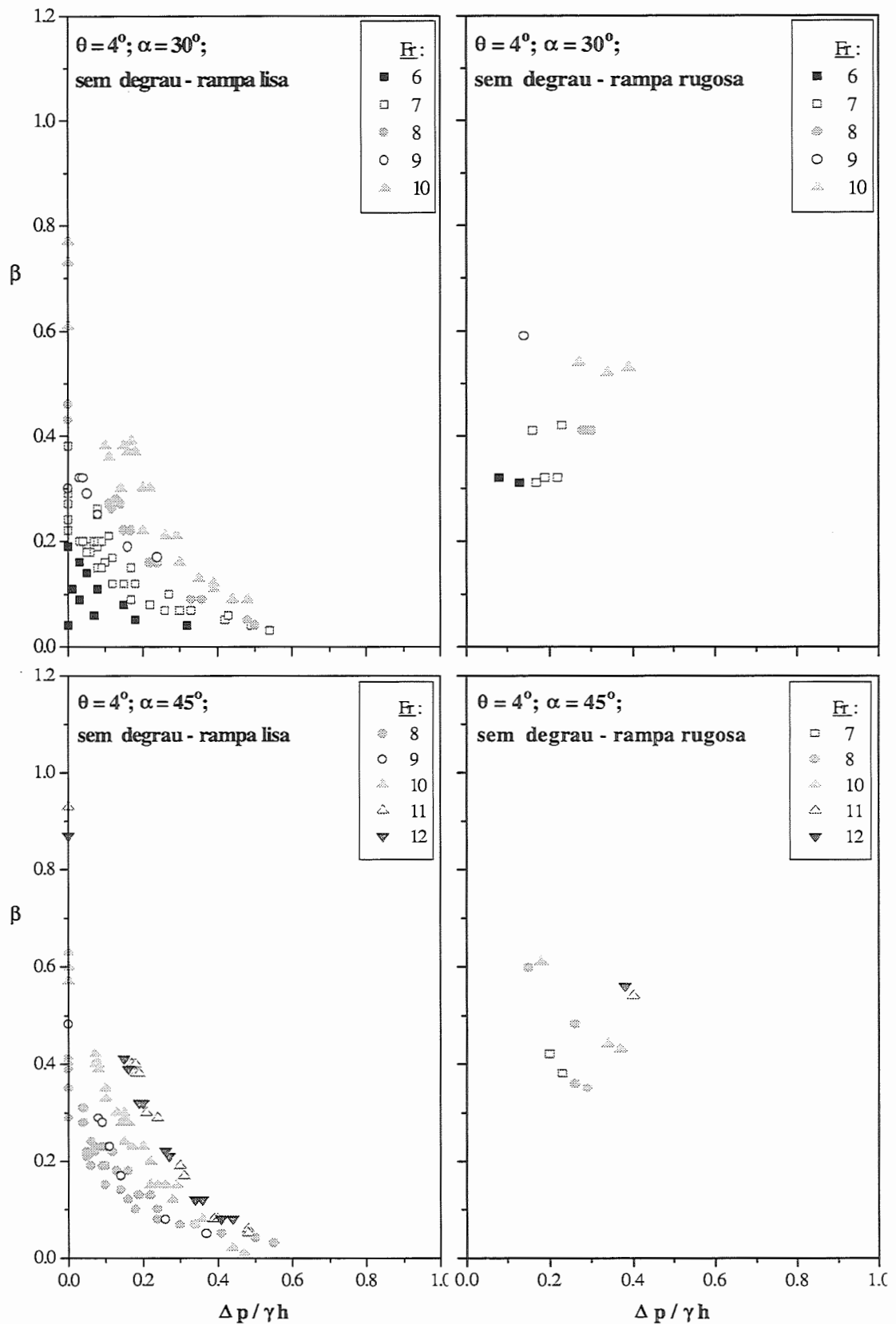


FIGURA V.35b: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas com rampas lisa e acentuadamente rugosa (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).

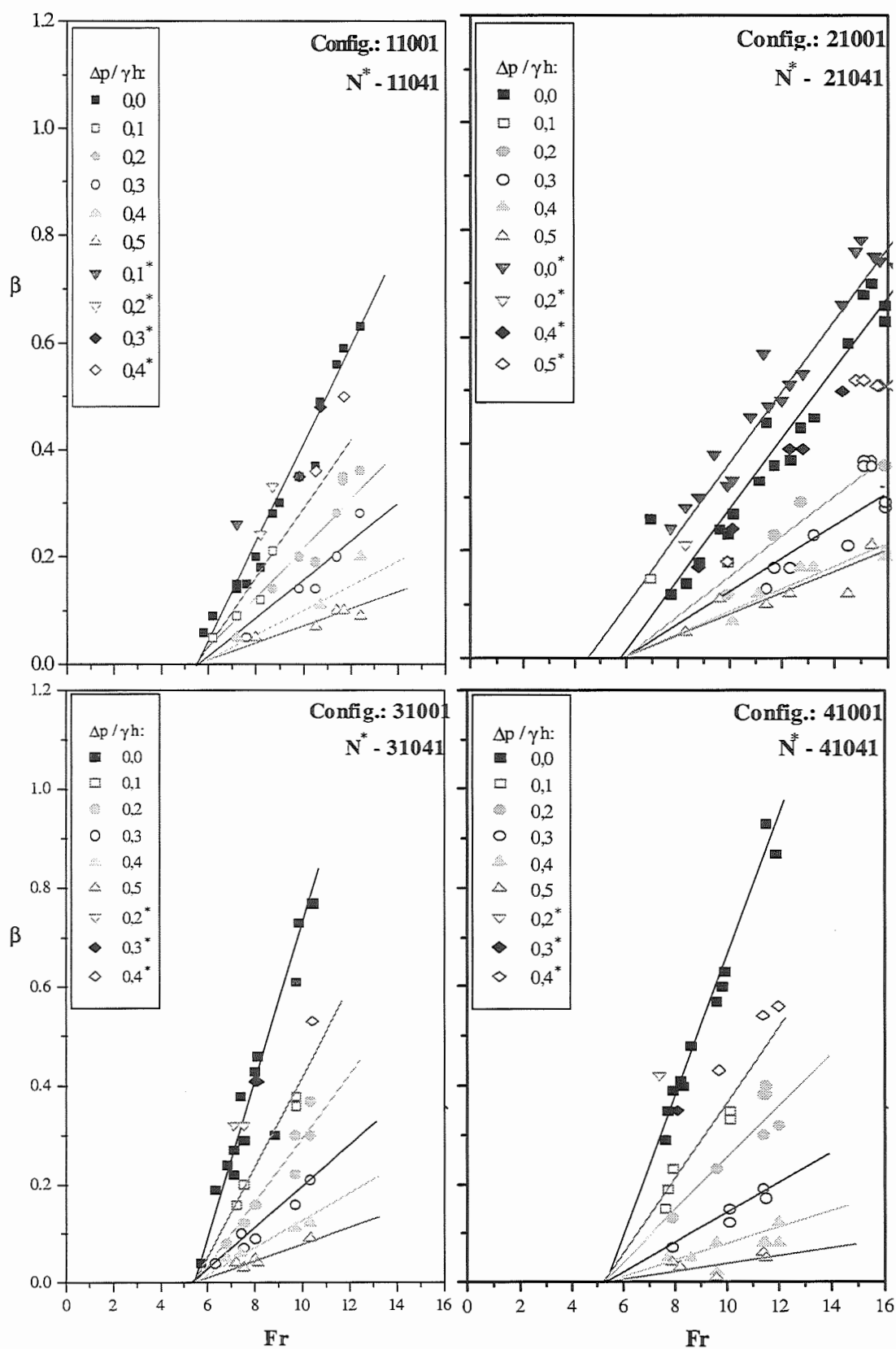


FIGURA V.35c: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas com rampas lisa e acentuadamente rugosa (sem degrau; $\theta = 4^\circ$).

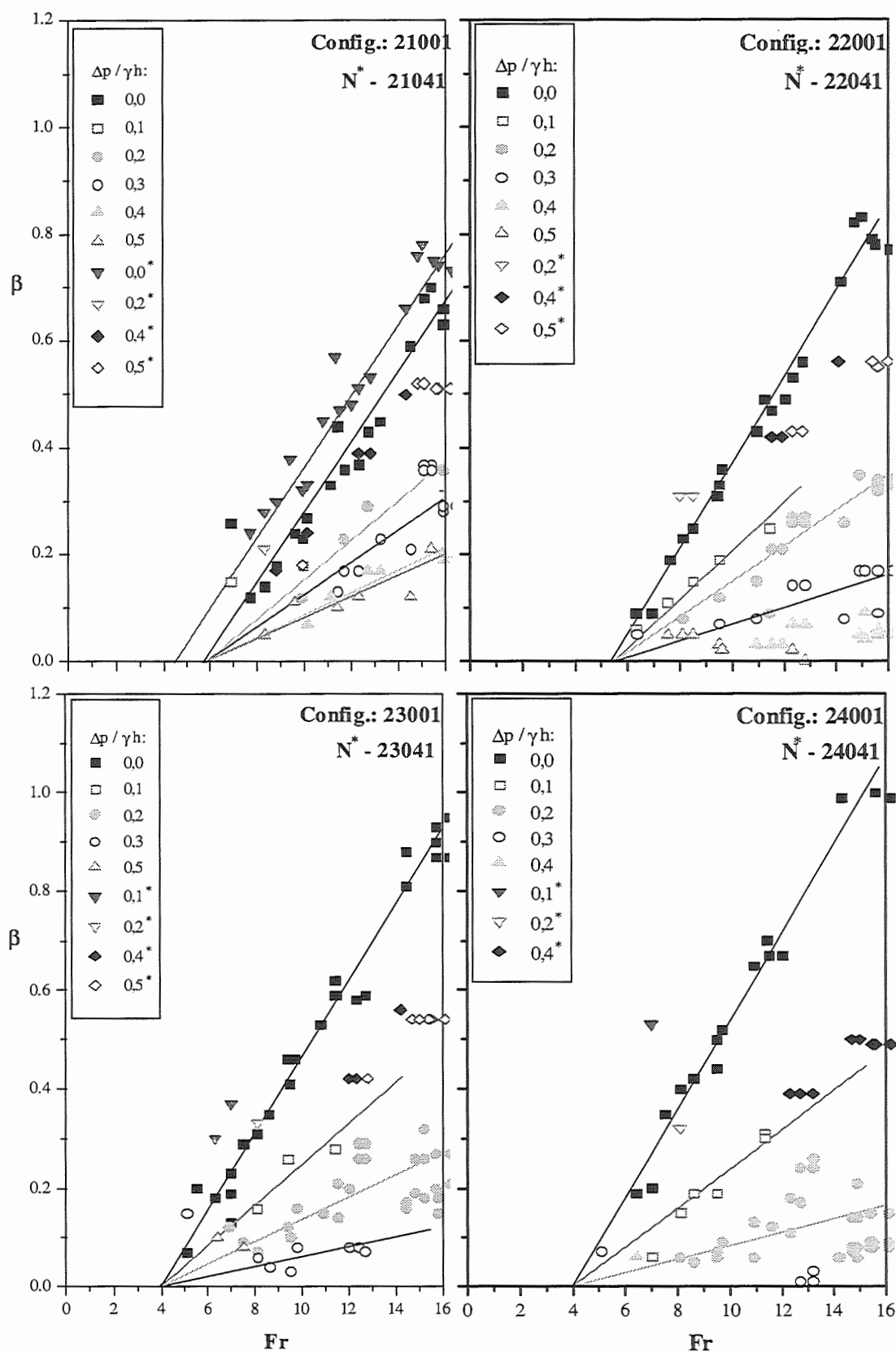


FIGURA V.35d: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas com rampas lisas e acentuadamente rugosas (sem degrau; $\alpha = 14^\circ$; $\theta = 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ e 10°).

V.5 - Expressões empíricas para o coeficiente de arraste de ar

Dentre as diversas relações funcionais propostas para expressar o coeficiente β em função dos parâmetros importantes envolvidos no fenômeno do arrastamento de ar que ocorre nos dispositivos aeradores, estabeleceram-se, a partir dos dados levantados, as seguintes equações de regressão, gerais e próprias, para as configurações ensaiadas:

- expressões do tipo $\beta = \beta(\text{geometria}, Fr, \Delta p/\gamma h)$; e
- expressões do tipo $\beta = \beta(Lj/h)$.

V.5.1 - Expressões do tipo $\beta = \beta(\text{geometria}, Fr, \Delta p/\gamma h)$

A influência exclusiva do parâmetro geométrico t_r/h no coeficiente de arraste de ar poderia ser avaliada somente para condições idênticas do escoamento de alta velocidade no aerador. Portanto, para uma dada inclinação θ , pelo menos duas rampas com alturas diferentes t_r de saída das mesmas deveriam ser ensaiadas. Julgou-se necessário, porém, realizar-se a coleta de dados para a avaliação do efeito da rugosidade da rampa sobre o referido coeficiente β . Sendo assim, o parâmetro geométrico t_r/h não foi incluído na relação funcional em análise.

A expressão na forma proposta por KOSCHITZKY & KOBUS (1988), Eq. II.9,

$$\beta = C_1 (F_r - F_{cr})^{C_3} \cdot (1 - C_2 \cdot \Delta p / \rho_w g h) \quad (II.9)$$

foi ajustada aos dados levantados para as geometrias ensaiadas e tem os seus coeficientes indicados no Quadro V.9, cuja simbologia empregada para as configurações é a seguinte:

c2lrd - inclinação 2 ($\alpha = 14^\circ$) para todas as inclinações da rampa θ , rampas lisas e rugosas, com e sem degrau;

c2++ - inclinação 2 ($\alpha = 14^\circ$) para todas as inclinações da rampa θ , rampas lisas, com e sem degrau;

c2++4 - inclinação 2 ($\alpha = 14^\circ$) para todas as inclinações da rampa θ , rampas rugosas, com e sem degrau;

2100* - coeficientes da equação de regressão determinados para F_{cr} pré-estabelecido.

Observa-se que, no Quadro V.9, os valores do F_{cr} indicados, que deveriam corresponder a arraste nulo ($\beta = 0$), são os valores obtidos da condição de melhor ajuste e resultam dos cálculos de regressão ou são arbitrados previamente quando da aplicação do processo.

Da comparação dos coeficientes indicados no Quadro V.9 e da análise dos gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) traçados para as diversas geometrias (como os apresentados nas Figuras V.36, V.37, V.38 e ANEXO 03), verifica-se que uma única equação de ajuste para cada inclinação ensaiada da canaleta conduz a valores estimados (de previsão) muito distintos dos correspondentes de ensaio. Esta conclusão, já enunciada para as equações de previsão de $\beta_{m\acute{a}x}$, confirma os resultados da análise desenvolvida por KOSCHITZKY & KOBUS (1988). Os resultados obtidos no presente trabalho conduzem às seguintes faixas de valores dos coeficientes da equação em análise: $0,93 < F_{cr} < 4,38$; $0,010 < C_1 < 0,050$; $0,75 < C_2 < 8,22$ (excluídos os ensaios sem rampa). A variação relativamente ampla dos valores comprova a impossibilidade de obter-se uma equação única de previsão para o coeficiente de arraste β válida para as diversas geometrias de aeradores passíveis de emprego.

O inconveniente desta expressão é que os valores previstos para $\beta = \beta_{m\acute{a}x}$, isto é, referentes a $\Delta p/\gamma h = 0$, ficam sempre abaixo dos valores experimentais, como pode ser verificado da Figura V.39.

Tendo em vista o comportamento do coeficiente de arraste em função do número de Froude com o adimensional $\Delta p/\gamma h$ tomado como parâmetro (vide Figuras V.33 e V.34), propõe-se que a relação funcional seja escrita na forma da Eq. V.23.

$$\beta = (F_r - F_0) \cdot \left[C_1 - C_2 \cdot (\Delta p / \rho_w g h)^n \right] \quad (V.23)$$

Nesta equação, para $\Delta p/\gamma h = 0$, $\beta = \beta_{m\acute{a}x}$, recaindo-se na forma já determinada no início do presente capítulo $\beta_{m\acute{a}x} = \beta_{m\acute{a}x}(F_r)$. Para efeito de comparação dos modelos, são apresentados nas Figuras V.40 e A3.22b a A3.22j do ANEXO 03 os gráficos dos valores experimentais versus os correspondentes previstos, avaliados a partir das Equações II.9 e V.23.

Analisando-se os gráficos destas Figuras, constata-se o melhor ajuste aos resultados experimentais do modelo proposto neste trabalho. O Quadro V.10 apresenta os valores dos parâmetros daquela equação para as principais geometrias ensaiadas.

QUADRO V.9: Coeficientes da equação proposta por KOSCHITZKY & KOBUS.

Configuração	C₁	C₂	C₃	F_{cr}	χ²
c1lrd*	0,02194	0,75057	1,5	4	0,01633
c1++*	0,02134	1,68750	1,5	4	0,00382
c1++4*	0,03876	1,16966	1,5	3	0,00238
1010	0,00809	-2,20643	1,5	4,8	0,00017
1100	0,02426	1,49001	1,5	4,4	0,00144
1200	0,02680	2,06625	1,5	4,1	0,00017
1300	0,02774	2,87032	1,5	3,5	0,00044
1400	0,02372	4,27543	1,5	2,8	0,00089
c.2lrd*	0,01304	1,25411	1,5	3	0,02365
c2++*	0,01256	1,93422	1,5	2,5	0,01281
c2++4*	0,01774	0,81145	1,5	2	0,00954
2010	0,00474	-4,15153	1,5	4,4	0,00016
2100	0,01003	1,26719	1,5	1,5	0,00272
2100*	0,01469	1,30168	1,5	4	0,00382
2200	0,01707	2,49969	1,5	3,1	0,00194
2300	0,01523	3,35195	1,5	0,9	0,00298
2300*	0,02043	3,41319	1,5	3	0,00410
2400	0,01966	4,13209	1,5	2,1	0,00416
2400*	0,02265	4,16200	1,5	3	0,00434
c3lrd*	0,02768	0,84441	1,5	3	0,02300
c3++*	0,02836	2,28361	1,5	3	0,00757
c3++4*	0,04402	1,35151	1,5	2	0,00482
3010	0,01340	-3,88135	1,5	4,3	0,00023
3100	0,03786	2,08796	1,5	3,8	0,00259
3200*	0,02789	1,78817	1,5	3	0,00092
3300*	0,03626	3,81136	1,5	3	0,00239
3400*	0,03781	5,50298	1,5	2,5	0,00152
c4lrd*	0,00248	1,32013	1,5	3	0,02973
c4++*	0,02623	2,53558	1,5	3	0,01005
c4++4*	0,04736	1,40082	1,5	3	0,01042
4010	0,01057	-2,63327	1,5	3,9	0,00016
4100	0,02800	2,31676	1,5	3,2	0,00414
4200	0,03279	3,26192	1,5	3,1	0,00105
4300*	0,03327	3,53406	1,5	3	0,00117
4400	0,05001	8,21584	1,5	2,5	0,00341

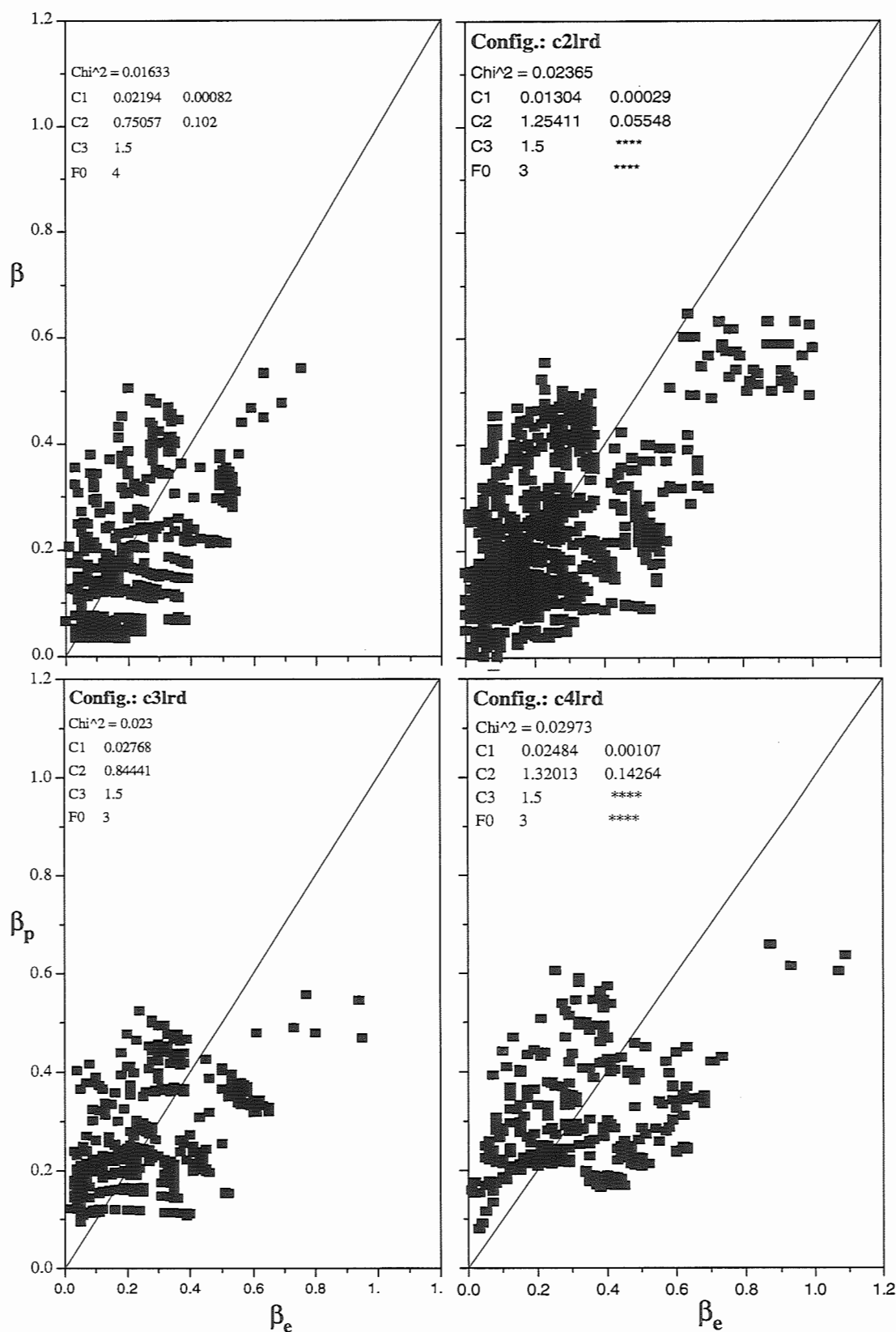


FIGURA V.36: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as configurações ensaiadas, rampas lisas e acentuadamente rugosas, s/ e c/ degrau; modelo proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).

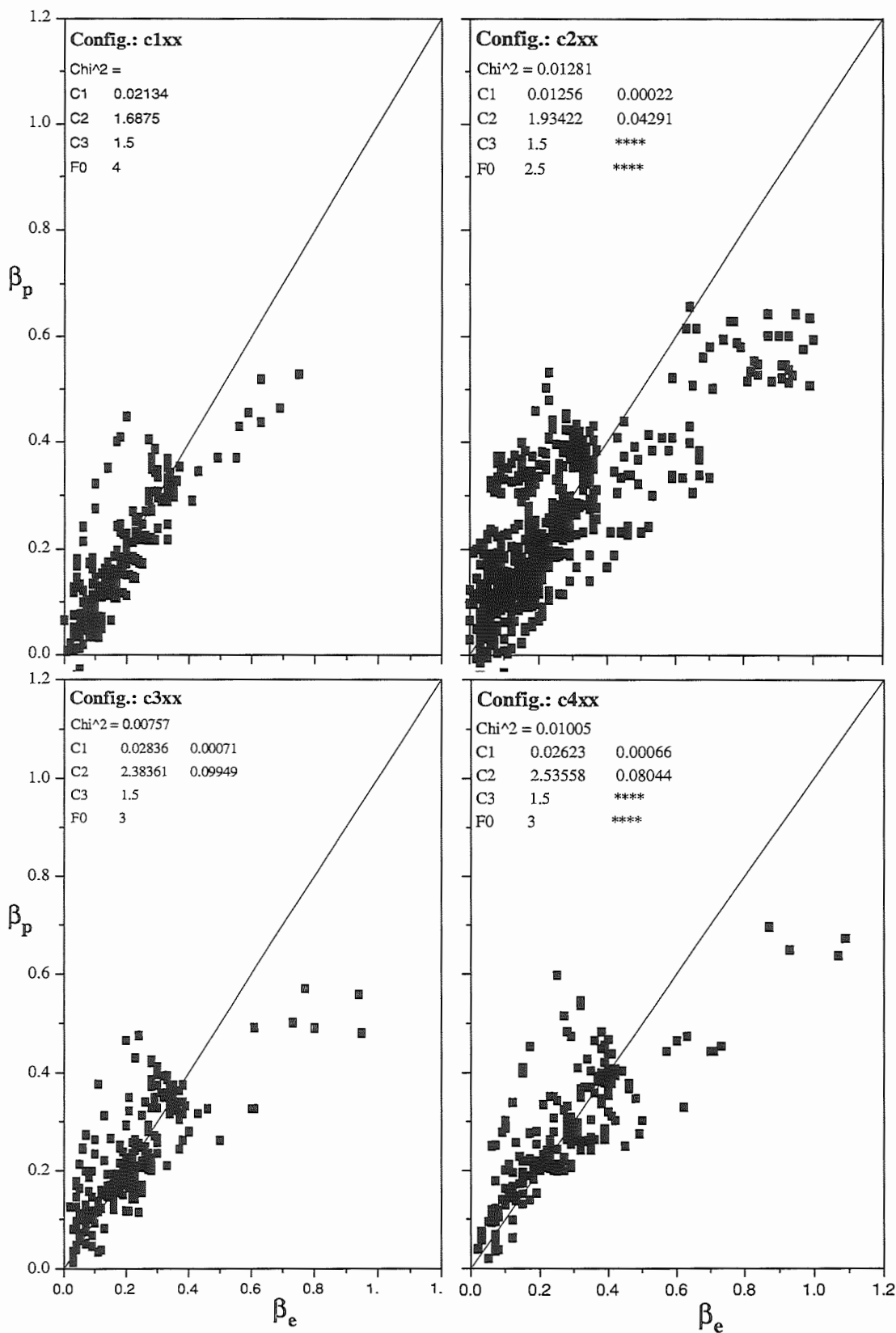


FIGURA V.37: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as configurações ensaiadas, com rampas lisas, sem e com degrau; modelo tipo o proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).

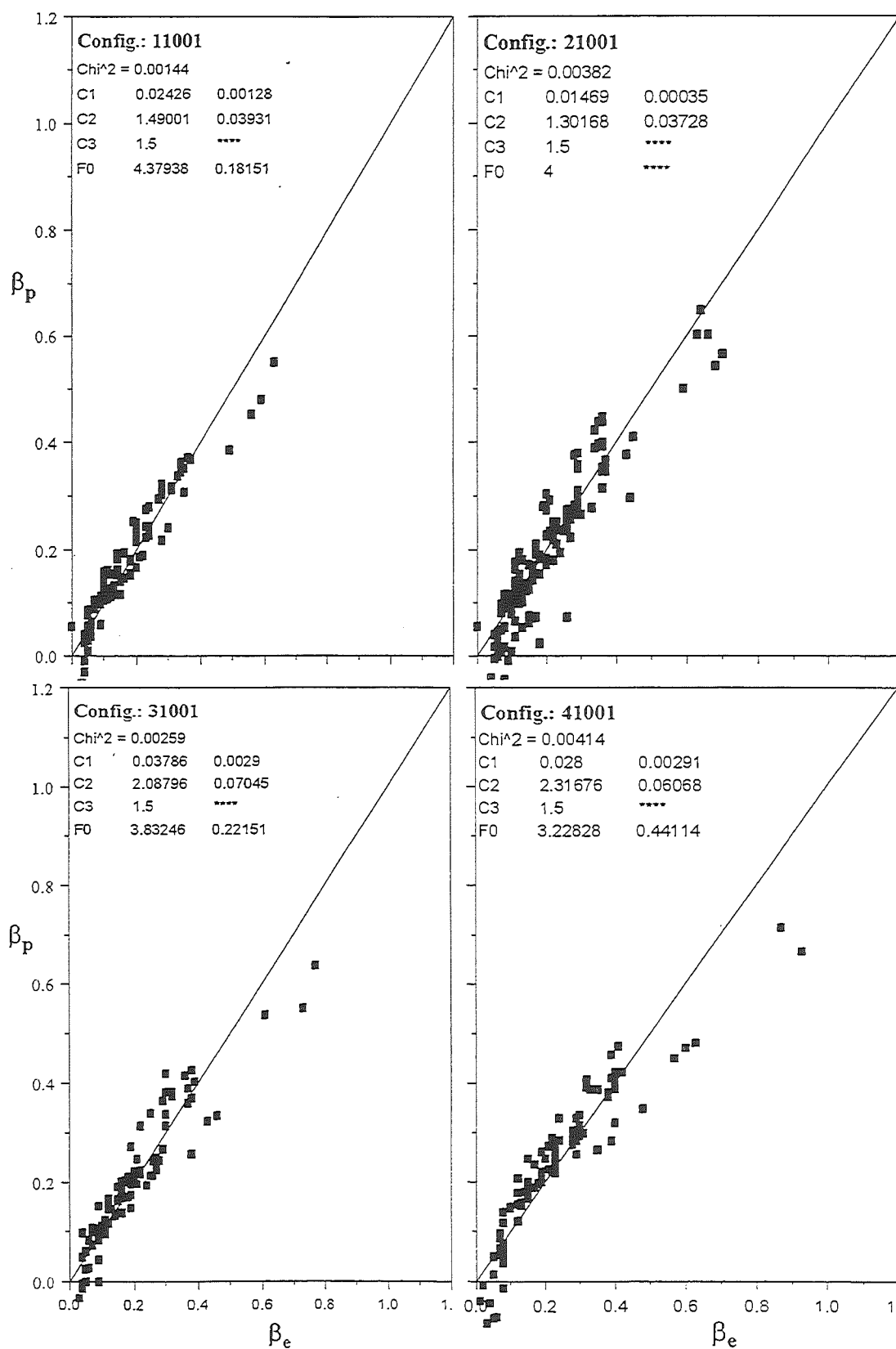


FIGURA V.38: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações ensaiadas da canaleta, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, sem degrau; modelo tipo o proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).

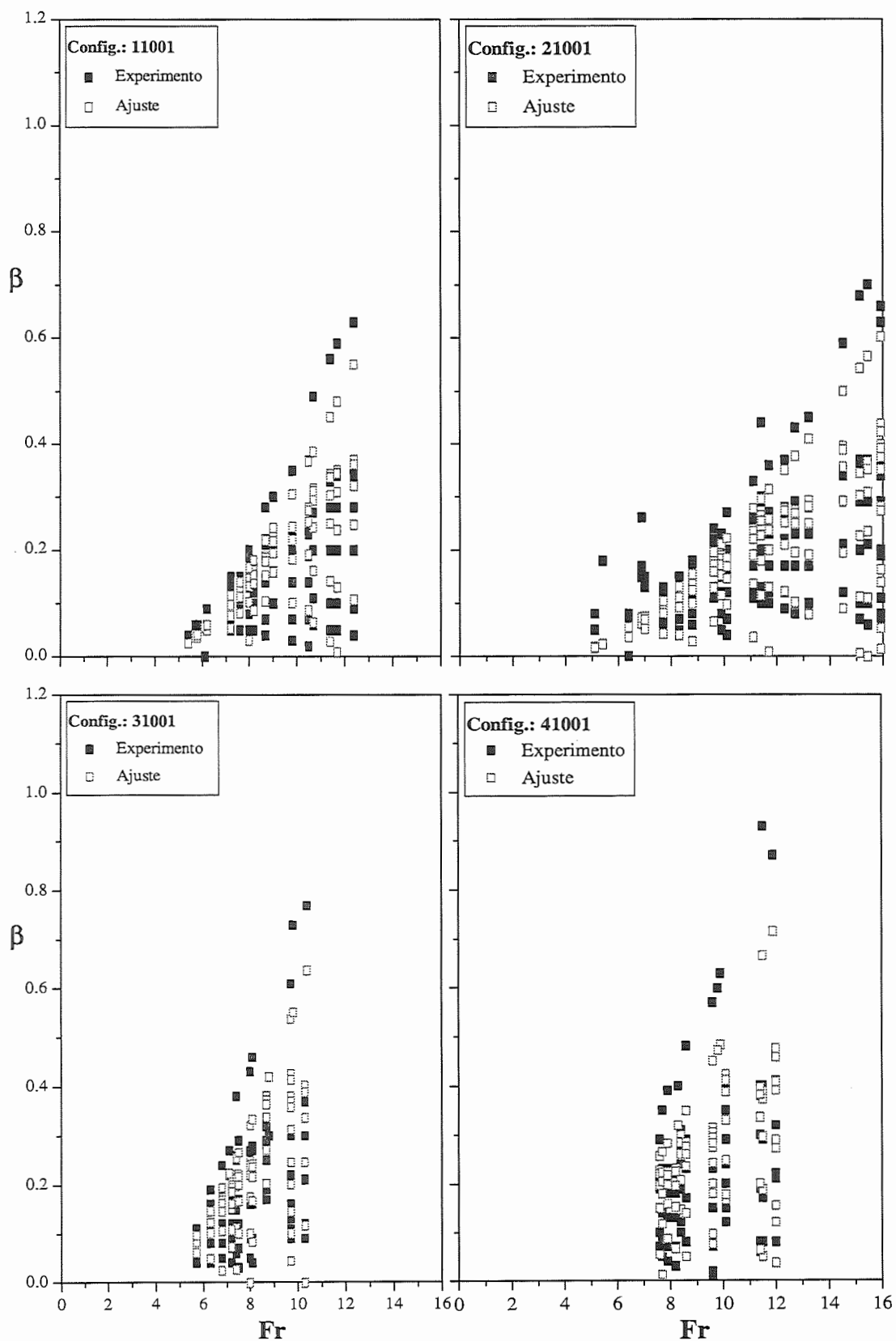


FIGURA V.39: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as inclinações ensaiadas da canaleta, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, sem degrau; modelo tipo o proposto por KOSCHITZKY & KOBUS (1988).

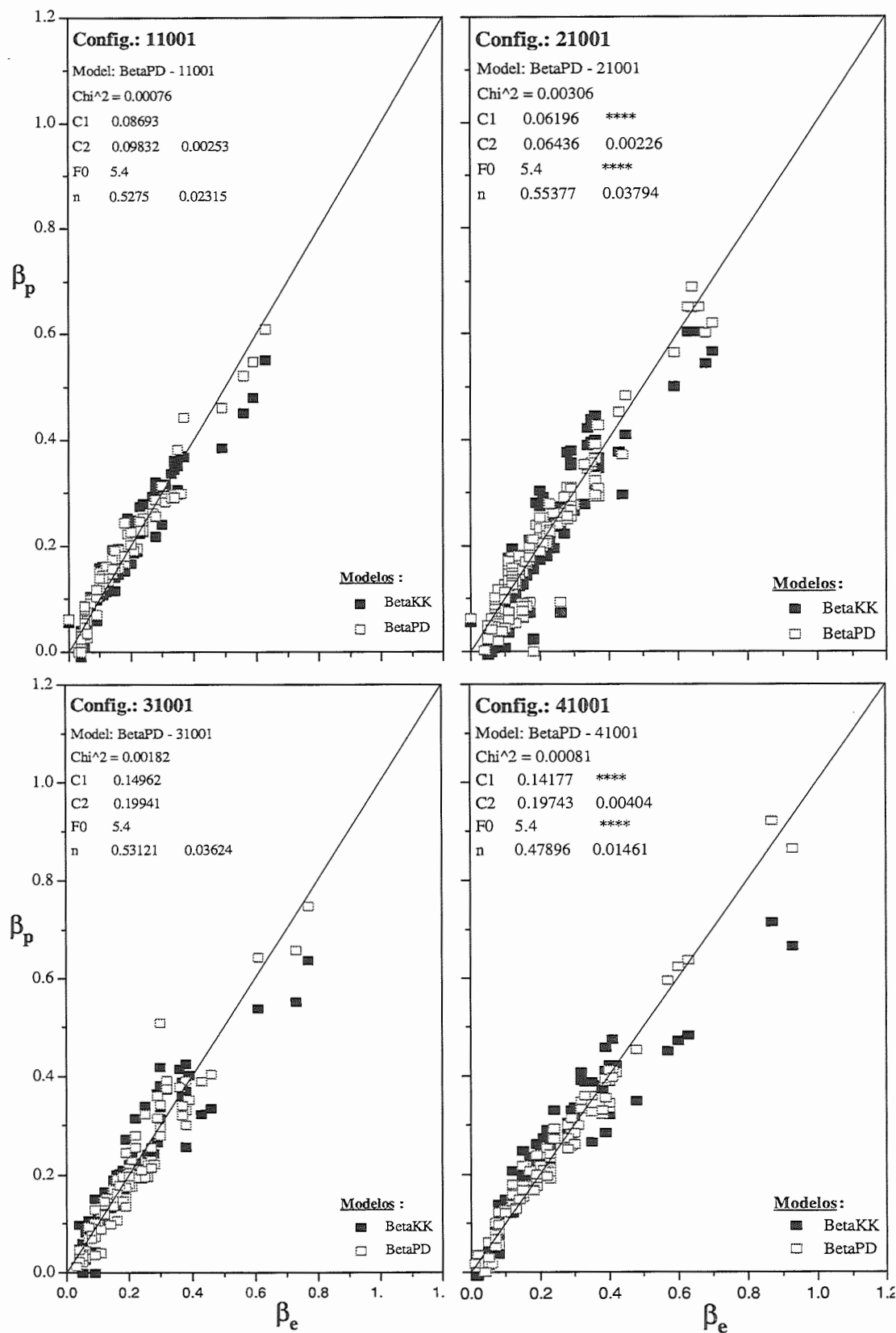


FIGURA V.40: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com a rampa lisa de $\theta = 40^\circ$, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

QUADRO V.10: Valores dos parâmetros da Equação V.23.

Configuração	C₁	C₂	F₀	n	χ^2
c1++	0.08639	0.1016	5.4	0.51	0.00323
c1+++4	0.16358	0.12453	4	0.27	0.00200
1100	0.86930	0.09832	5.4	0.53	0.00076
1110	0.09900	0.14305	5.4	0.57	0.00089
1200	0.03069	-0.01273	4,1	-0.07	0.00042
1300	0.06173	0.58603	4.4	1.99	0.00041
1400	0.05927	1.74806	4	2.10	0.00044
c2++	0.06812	0.07684	4	0.34	0.00698
c2+++4	0.06254	0.04381	3	0.96	0.00605
2100	0.06196	0.06436	5.4	0.55	0.00306
2110	0.07489	0.10072	5.4	0.53	0.00148
2200	0.07952	0.13313	5.4	0.64	0.00111
2300	0.09045	0.20222	5.4	0.72	0.00440
2400	0.10628	0.24487	5.4	0.63	0.00318
c3++	0.14567	0.16964	5	0.36	0.00610
c3+++4	0.37834	0.34510	3	0.12	0.00284
3100	0.14962	0.19941	5.4	0.53	0.00182
3110	0.19743	0.30644	5.4	0.45	0.00363
3200	0.14962	0.19705	5.4	0.57	0.00324
3200	0.07929	0.04369	4	0.5	0.00048
3200	0.07444	0.083358	4	1	0.00042
3200	0.10000	0.04716	2.0	0	0.00036
3200	0.05472	0.00531	3	0.5	0.00035
3300	0.08472	0.10105	3	0.5	0.00064
3400	0.10641	0.20192	2.5	0.5	0.00031
c4++	0.11100	0.13911	4	0.38	0.00651
c4+++4	0.40999	0.38186	3	0.1	0.00484
4100	0.14177	0.19743	5.4	0.48	0.00081
4110	0.20264	0.33135	5.4	0.45	0.00083
4200	0.07605	0.07594	3	0.5	0.00148
4300	0.09166	0.12251	3	0.5	0.00037
4400	0.18601	0.49869	2.5	0.5	0.00097

V.5.2 - Expressões do tipo $\beta = \beta(L_j/h)$

Uma vez que o comprimento relativo do jato é função dos mesmos parâmetros que o coeficiente de arraste β , uma relação do tipo $\beta = \beta(L_j/h)$ deve existir, como foi sugerido por PINTO et alli (1982). Antes de realizar-se a análise da aplicabilidade de tal expressão, confrontam-se os resultados do modelo teórico para a estimativa do comprimento do jato com os valores experimentais obtidos.

V.5.2.1 - Estimativa do comprimento do jato

Como foi mencionado no Capítulo 4, o comprimento do jato foi avaliado a partir do perfil longitudinal das pressões no fundo do canaleta, visualizado no quadro de piezômetros (vide Figura IV.11) e do tipo dos perfis apresentados nas Figuras V.41 e V.42. Nestas Figuras, verifica-se que ocorre um ponto de pressão máxima (impacto do jato no fundo), que permite determinar o comprimento do jato segundo o seu eixo. No caso das rampas rugosas, a identificação do ponto de impacto é mais difícil devido à espessa "cunha de spray" que se forma. Determina-se, na verdade, para as rampas rugosas uma região de impacto, como pode ser verificado nas Figuras V.41 e V.42. Mesmo nestes casos, a determinação do comprimento do jato a partir da distribuição da pressão no fundo é mais precisa que a correspondente à estimativa visual da trajetória do mesmo.

As equações paramétricas da trajetória de jatos, sujeitos a depressões nas cavidades sob os mesmos, desenvolvidas por SCHWARTZ & NUTT (1963), são empregadas para a determinação do comprimento relativo do jato em programa computacional proposto por I. R. WOOD (in PENG - 1984). Este programa foi adotado para a comparação dos comprimentos estimados a partir do modelo teórico com os correspondentes obtidos experimentalmente neste trabalho. As adaptações realizadas permitiram a leitura direta de arquivo de entrada, bem como a saída em arquivo de dados, incluindo-se ainda a correção para o ângulo de lançamento do jato proposta por PAN (in RUTSCHMANN & HAGER - 1990).

De acordo com a Figura V.43, verifica-se que os valores estimados pelo modelo encontram-se, em geral, acima, porém, comparam-se satisfatoriamente aos correspondentes valores experimentais, uma vez que, para as diversas geometrias ensaiadas (incluídas as rampas acentuadamente rugosas), tem-se a relação simples representada pela Eq. V.24 para a reta de ajuste, sendo o coeficiente de correlação da ordem de 0,93.

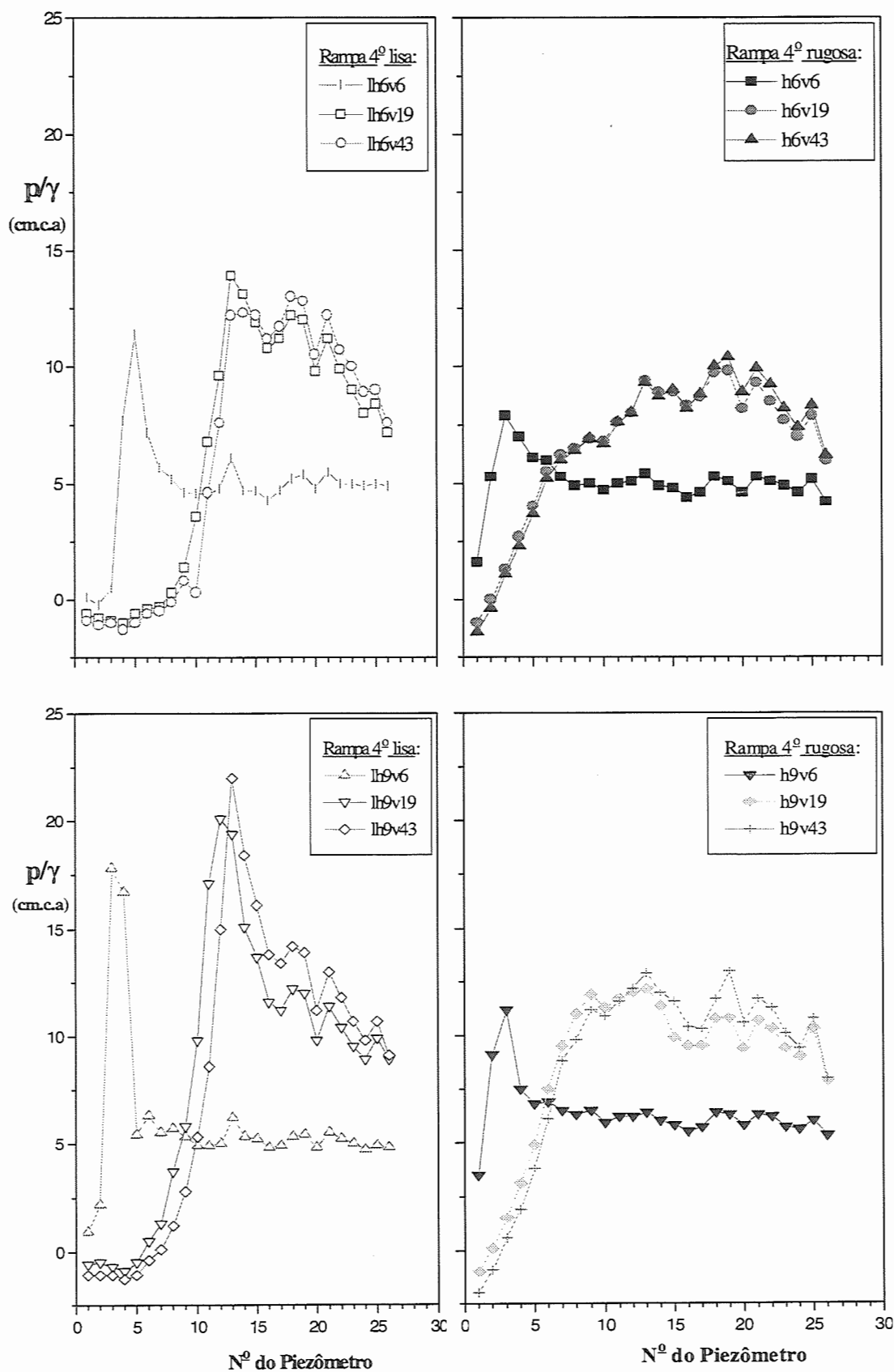


FIGURA V.41: Distribuição de pressão no fundo da canaleta; rampas de $\theta = 4^\circ$, lisa e rugosa, sem degrau; $h_{comp} = 60$ e 90 mm; registro de controle da vazão aberto com 6, 19 e 43 voltas.

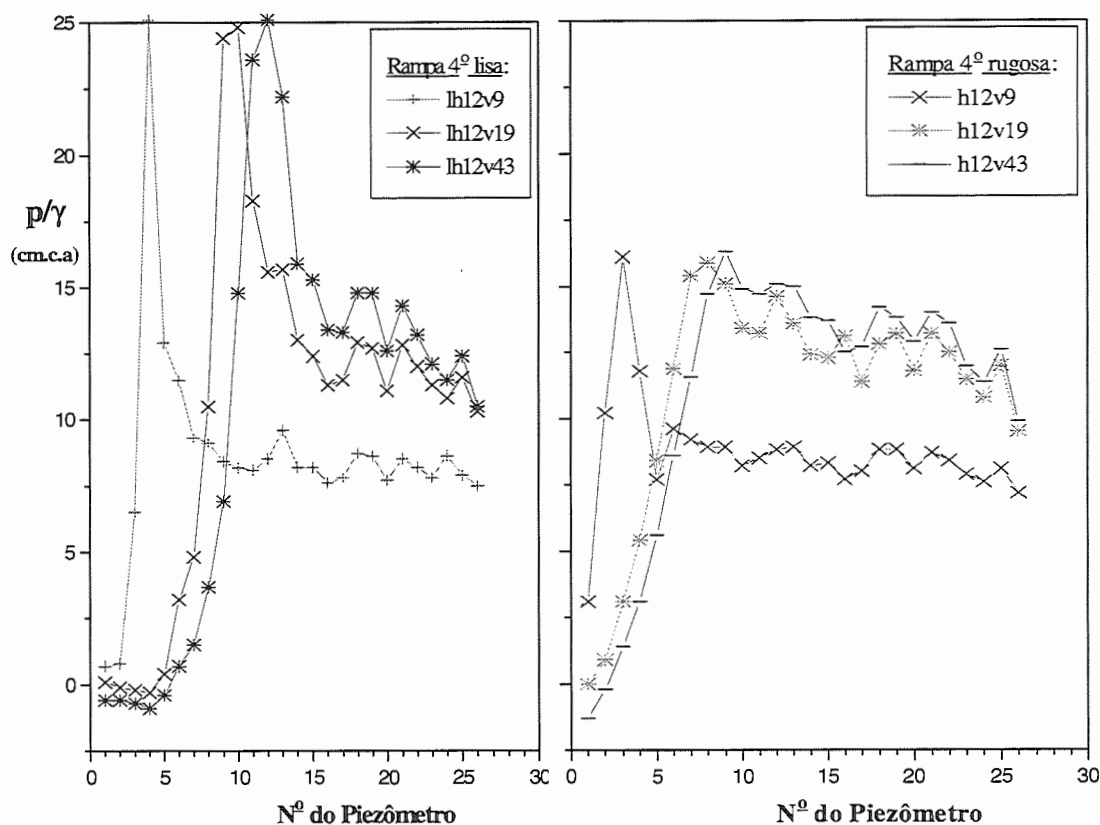


FIGURA V.42: Distribuição de pressão no fundo da canaleta; rampas de $\theta = 4^\circ$, lisa e rugosa, sem degrau; $h_{comp.} = 120$ mm; registro para controle da vazão aberto com 6, 19 e 43 voltas.

Apresentam-se, também na Figura V.43, os limites de confiança (0,95) para as previsões feitas com base na equação de ajuste.

$$\lambda_{jp} \cong 1,119 \cdot \lambda_{je} \quad \dots\dots\dots (V.24)$$

Para aproximadamente 1800 dos 2045 pontos experimentais, a razão do valor estimado para o correspondente lido ($\lambda_{jp} / \lambda_{je}$) encontra-se no intervalo (0,62; 1,40).

Nas Figuras V.44, V.45 e V.46, os gráficos ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) são apresentados para as quatro inclinações da canaleta ensaiadas com as várias rampas lisas e acentuadamente rugosas, incluindo-se a reta de ajuste e a linha de 45° . Para o ângulo $\alpha = 14^\circ$, os valores previstos encontram-se, em geral, acima dos correspondentes às referidas linhas, sendo maiores as diferenças para as rampas mais íngremes. Para $\alpha = 3^\circ$, os resultados de previsão comparam-se satisfatoriamente bem aos da experimentação. Para $\alpha = 30^\circ$, aqueles são pouco inferiores a estes últimos, não invalidando, porém, a aplicação do modelo para uma primeira avaliação do comprimento do jato. Finalmente, quanto à inclinação $\alpha = 45^\circ$, apesar da distribuição

adequada da maioria dos pontos no gráfico (rampas suaves), verifica-se que, para as rampas íngremes, os pontos dispõem-se em torno da linha de 45°, observando-se, no entanto, grande dispersão dos mesmos.

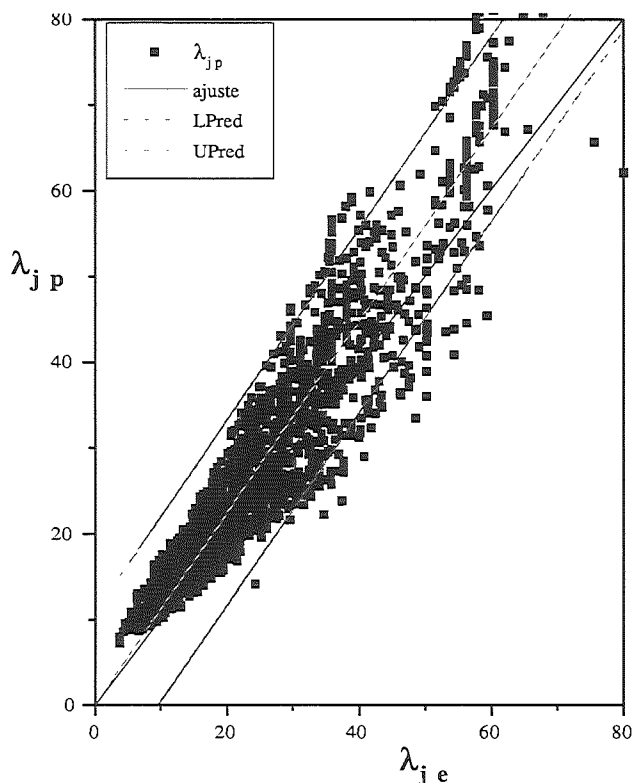


FIGURA V.43: Gráfico ($\lambda_{j p}$ x $\lambda_{j e}$) para as diversas geometrias ensaiadas.

Relativamente aos ensaios de rampas acentuadamente rugosas, observa-se na Figura V.46 satisfatória concordância entre os valores experimentais e os estimados para as diversas geometrias ensaiadas.

Sendo assim, conclui-se que o modelo teórico pode ser empregado para estimativas prévias do comprimento relativo do jato, atentando-se para os desvios que podem ocorrer e que foram destacados no presente trabalho.

V.5.2.2 - Expressões do tipo $\beta = \beta(L_j/h)$

Dos gráficos da Figura V.47 traçados para as quatro inclinações da canaleta com as diversas configurações, verifica-se que uma única expressão $\beta = \beta(L_j/h)$ não poderia ser empregada para avaliar-se a taxa de arraste de ar β a partir de um dado valor do comprimento relativo do jato $\lambda_j (= L_j/h)$, pois, mesmo para dada geometria do aerador, β varia com $\Delta p/\gamma h$, como se observa das Figuras V.48.

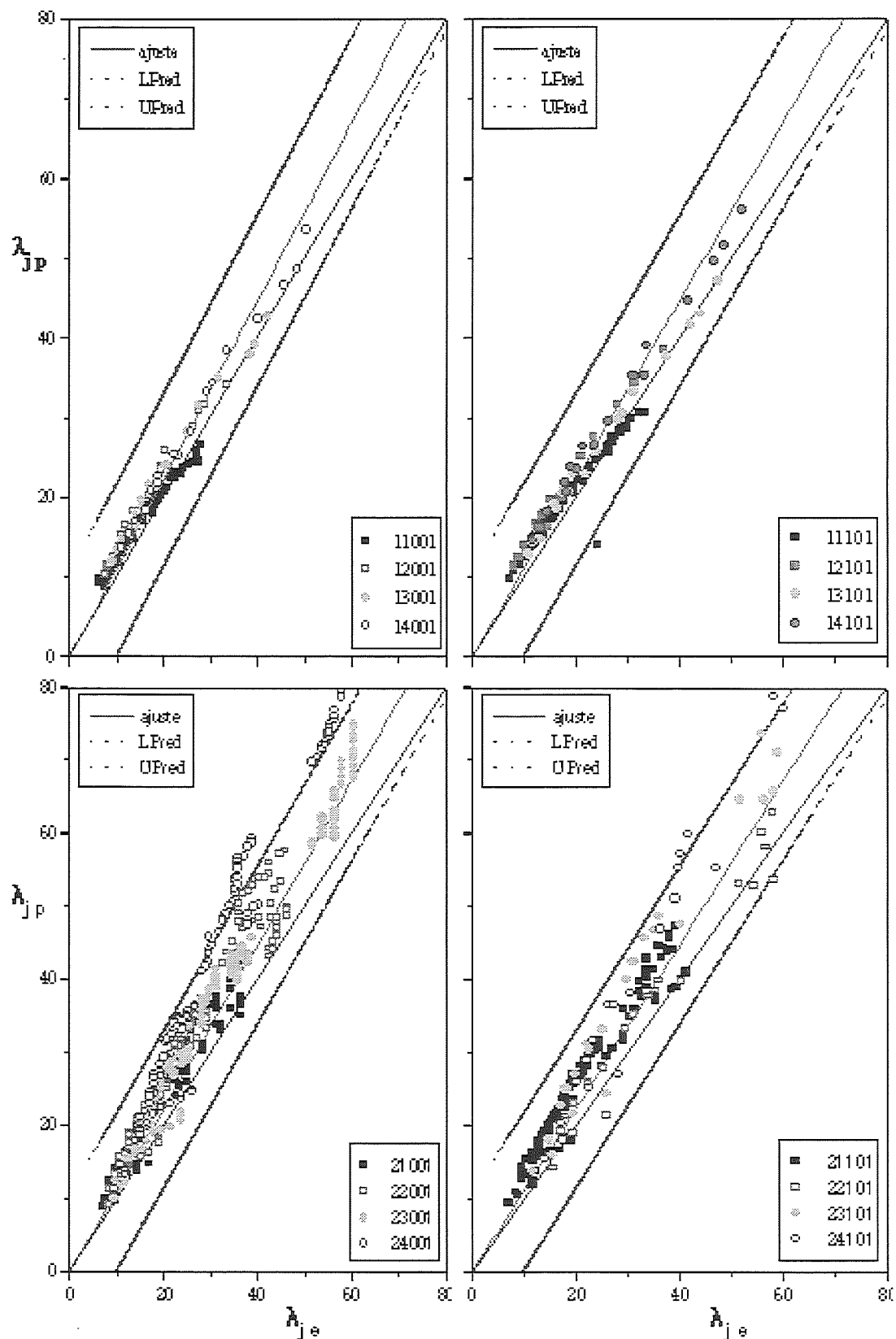


FIGURA V.44: Gráficos ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) para as inclinações $\alpha = 3^\circ$ e 14° , rampas lisas sem e com degrau; modelo baseado nas expressões de SCHWARTZ & NUTT (1963).

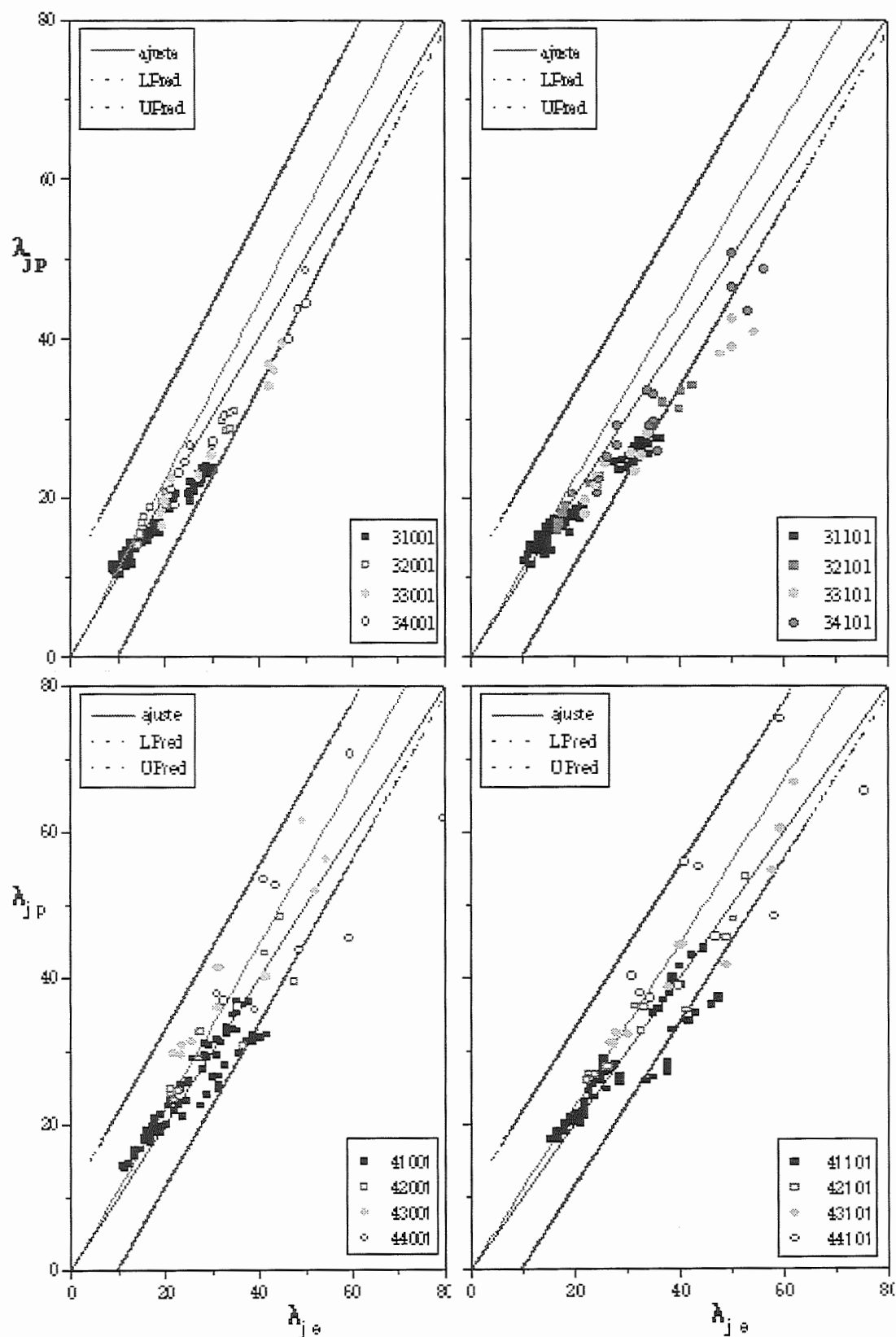


FIGURA V.45: Gráficos ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) para as inclinações $\alpha = 30^\circ$ e 45° , rampas lisas sem e com degrau; modelo baseado nas expressões de SCHWARTZ & NUTT (1963).

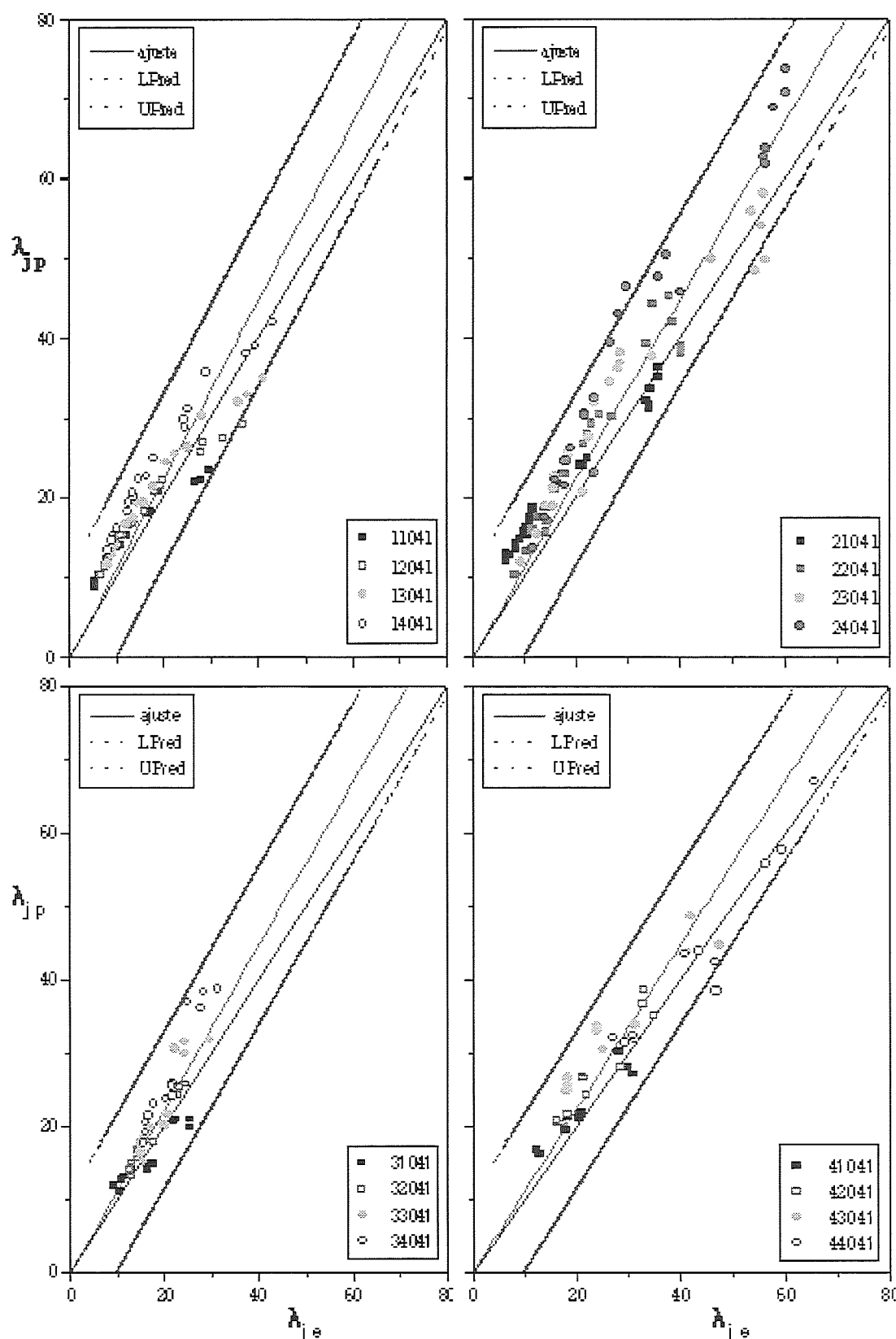


FIGURA V.46: Gráficos ($\lambda_{jp} \times \lambda_{je}$) para as configurações ensaiadas, rampas rugosas sem degraú; modelo baseado nas expressões de SCHWARTZ & NUTT (1963).

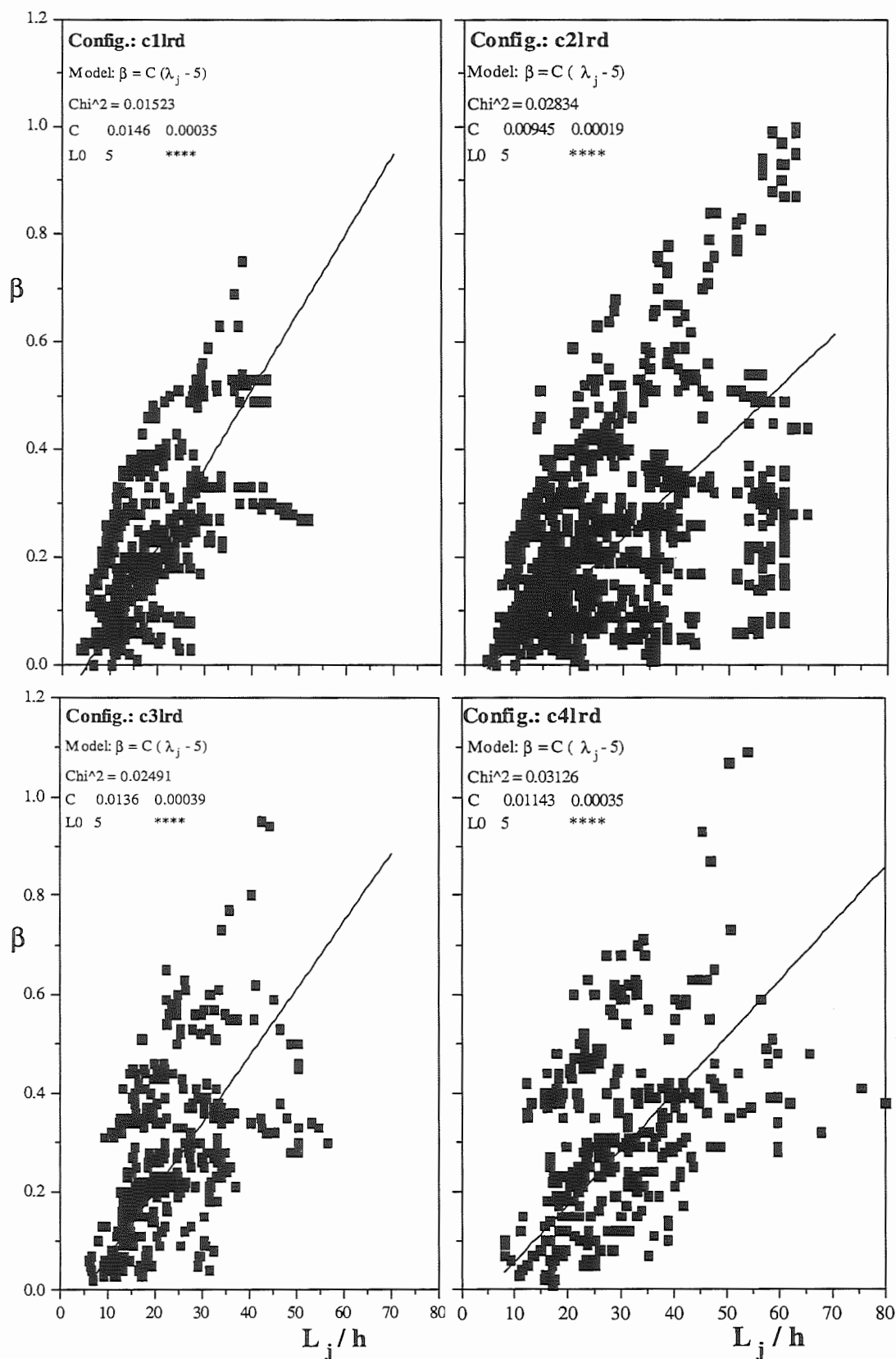


FIGURA V.47: Gráficos ($\beta \times \lambda_j$) para as configurações ensaiadas, rampas lisas e rugosas, sem e com degrau; ajuste baseado na expressão $\beta = C.(\lambda_j - 5)$.

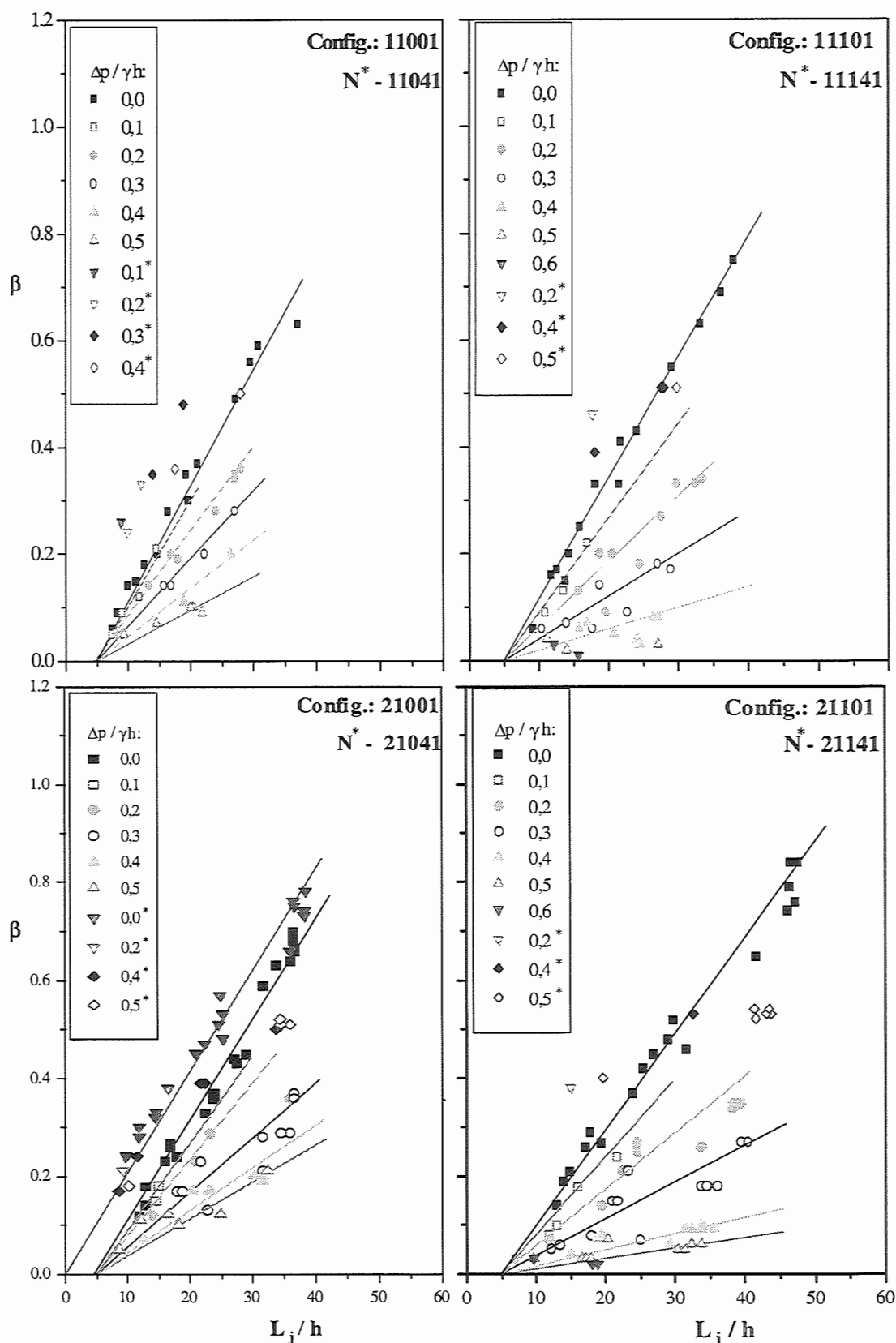


FIGURA V.48a: Gráficos ($\beta \times L_i/h$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 3^\circ$ e 14° , $\theta = 4^\circ$, rampas lisas e rugosas, sem e com degrau.

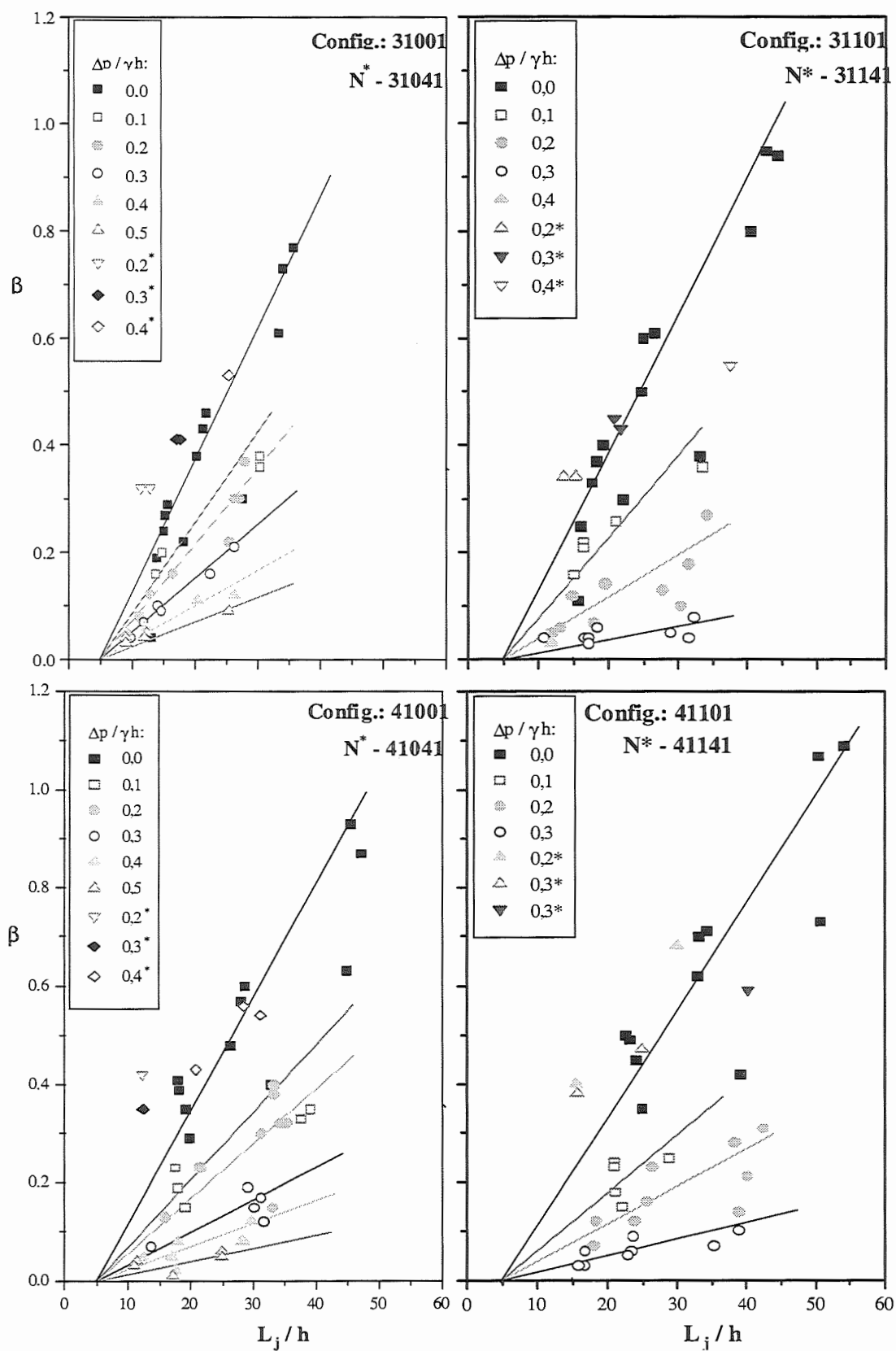


FIGURA V.48b: Gráficos ($\beta \times L_j/h$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 30^\circ$ e 45° , $\theta = 4^\circ$, rampas lisas e rugosas, sem e com degrau.

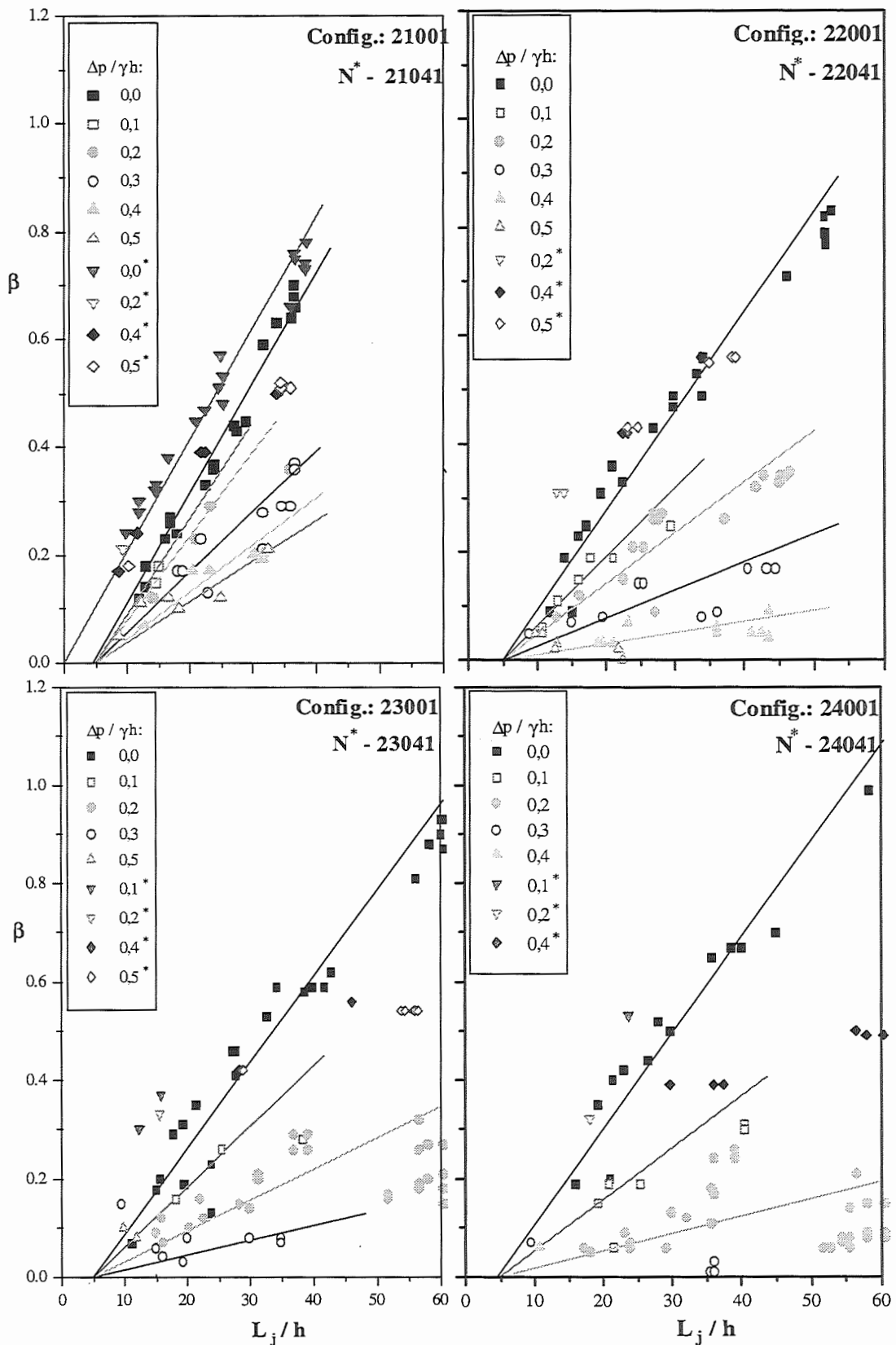


FIGURA V.48c: Gráficos ($\beta \times L_j/h$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ e 10° , rampas lisas e rugosas, sem degrau.

Propõe-se, portanto, a expressão apresentada na forma da Eq. V.25:

$$\beta = (\lambda_j - 5) \cdot [C_0 - C_1 \cdot (\Delta p / \gamma \cdot h)^n] \quad (V.25)$$

onde $\lambda_j (= L_j/h)$ é o comprimento relativo do jato e C_0 é o coeficiente da equação linear de ajuste $\beta_{\max} = \beta_{\max}(L_j/h)$, cujos valores constam do Quadro V.3. Os coeficientes e o expoente da Eq. V.25 estão apresentados no Quadro V.11 e os gráficos (β_p x β_e), apresentados na Figura V.49, permitem que se comparem os modelos empregados e que se avalie a qualidade do ajuste para as principais geometrias do aerador.

QUADRO V.11: Valores dos parâmetros C_0 , C_1 e n da Eq. V.25

Configuração (Código)	$\beta = (\lambda_j - 5) \cdot [C_0 - C_1 \cdot (\Delta p / \gamma h)^n]$			χ^2 -	Observações -
	C_0	C_1	n		
1100	0.02199	0.02598	0.80	0.00054	-
1110	0.02250	0.03645	0.75	0.00200	-
2100	0.02082	0.02050	0.60	0.00130	-
2xx4*	0.01774	0.01200	0.56	0.00925	rampas rugosas
2110	0.01920	0.02702	0.66	0.00178	-
2200	0.01770	0.03470	0.83	0.00173	-
2300	0.01657	0.03732	0.74	0.00329	-
2400	0.01864	0.03494	0.51	0.00450	-
3100	0.02271	0.02174	0.46	0.00282	-
3110	0.02335	0.02586	0.32	0.00564	-
4100	0.02086	0.02278	0.42	0.00471	-
4110	0.02090	0.02519	0.36	0.00391	-
4200**	0.03000	0.01887	-0.03	0.00109	-
4300**	0.03000	0.02335	0.04	0.00292	-
4400**	0.03000	0.02778	0.05	0.00266	-

Obs.: (*) - $\lambda_0 = -4,29161$; (**) - $\lambda_0 = 0,0$.

Em termos de análise comparativa, verifica-se que os modelos propostos neste trabalho (Eqs. V.23 e V.25, referenciados por BetaPD e BetaLPD, respectivamente) são, praticamente, equivalentes quanto ao ajuste aos dados. Destaca-se, em termos de qualidade de ajuste, o modelo representado pela Eq. V.23 para onze das quinze geometrias indicadas no Quadro V.11 e o correspondente à Eq. V.25 para as quatro restantes.

Quanto à qualidade do ajuste que se obtém com este último modelo, observa-se que o ajuste é considerado bom para as configurações 1100, 1110, 2100, 2110, 2200 e 2300, sendo o coeficiente de correlação $R \geq 0,95$. O ajuste pode ser considerado satisfatório para as configurações 2400, 3100, 3110, 4100 e 4200, com $R \geq 0,91$. Para a geometria correspondente ao código 4110, o ajuste seria considerado de qualidade intermediária ($R = 0,82$), enquanto que seria avaliado como de qualidade inferior para as configurações restantes com $R \leq 0,65$.

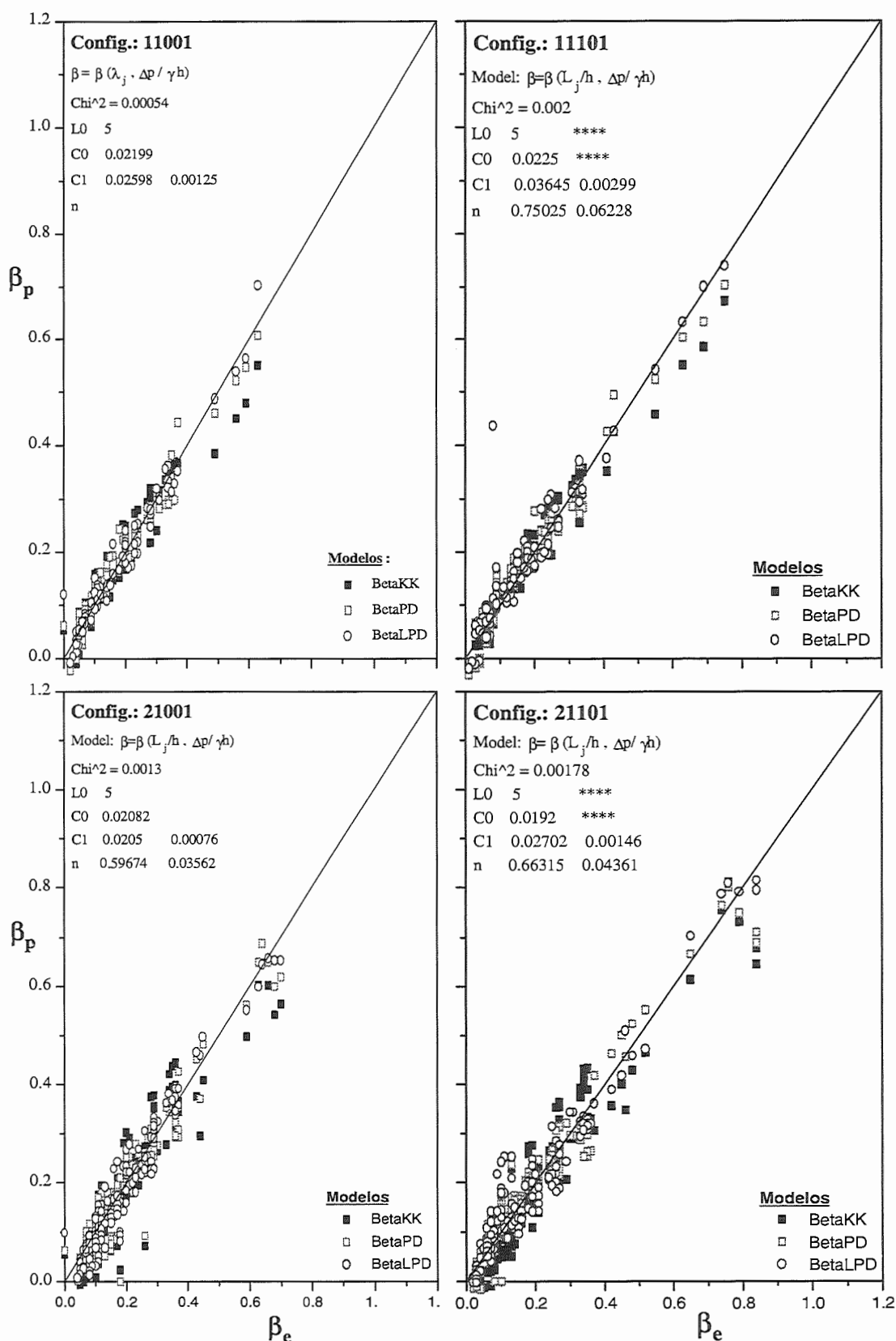


FIGURA V.49a: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 3^\circ$ e 14° , $\theta = 4^\circ$, rampas lisas, sem e com degrau.

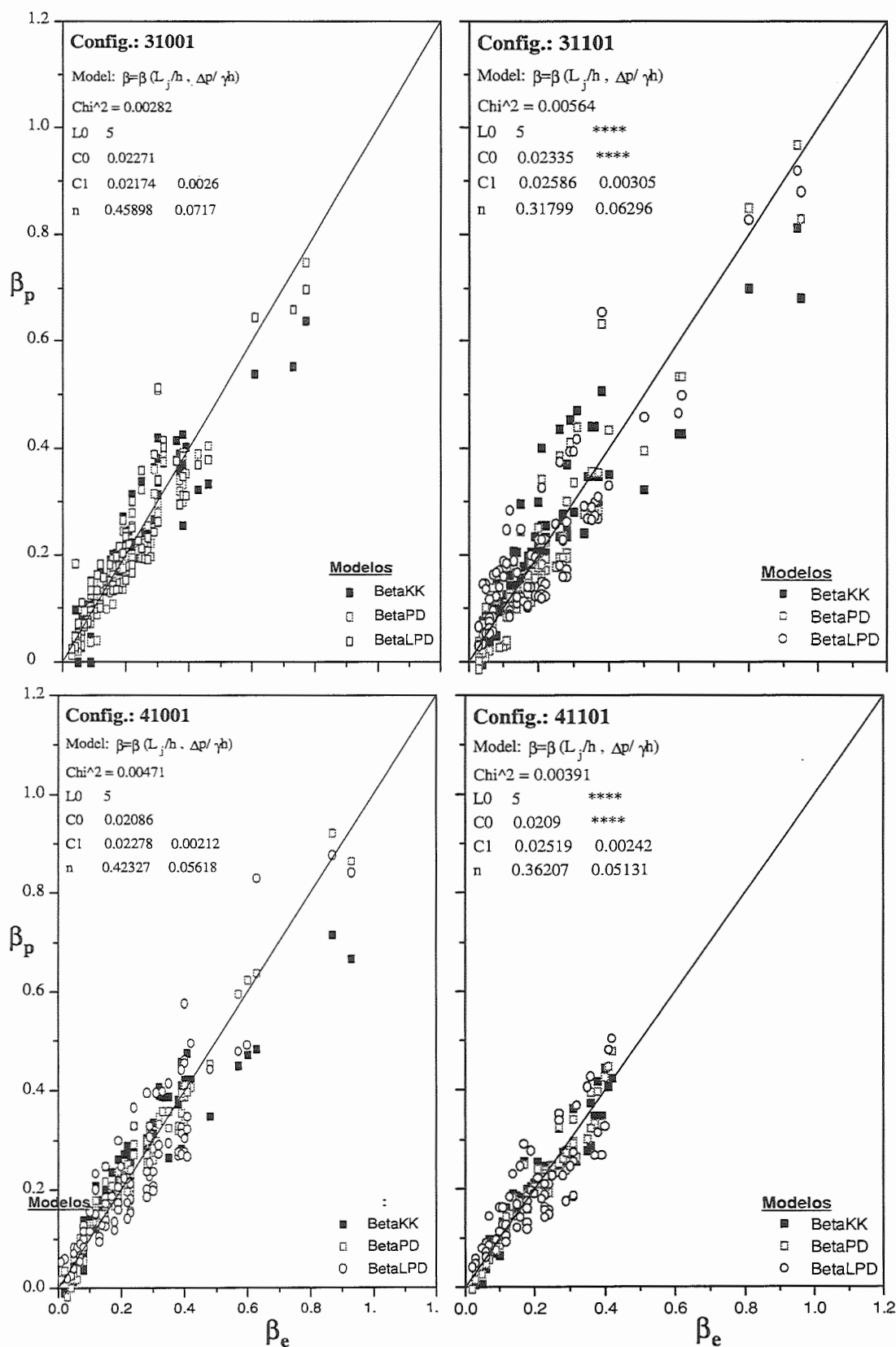


FIGURA V.49b: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 30^\circ$ e 45° , $\theta = 40^\circ$, rampas lisas, sem e com degrau.

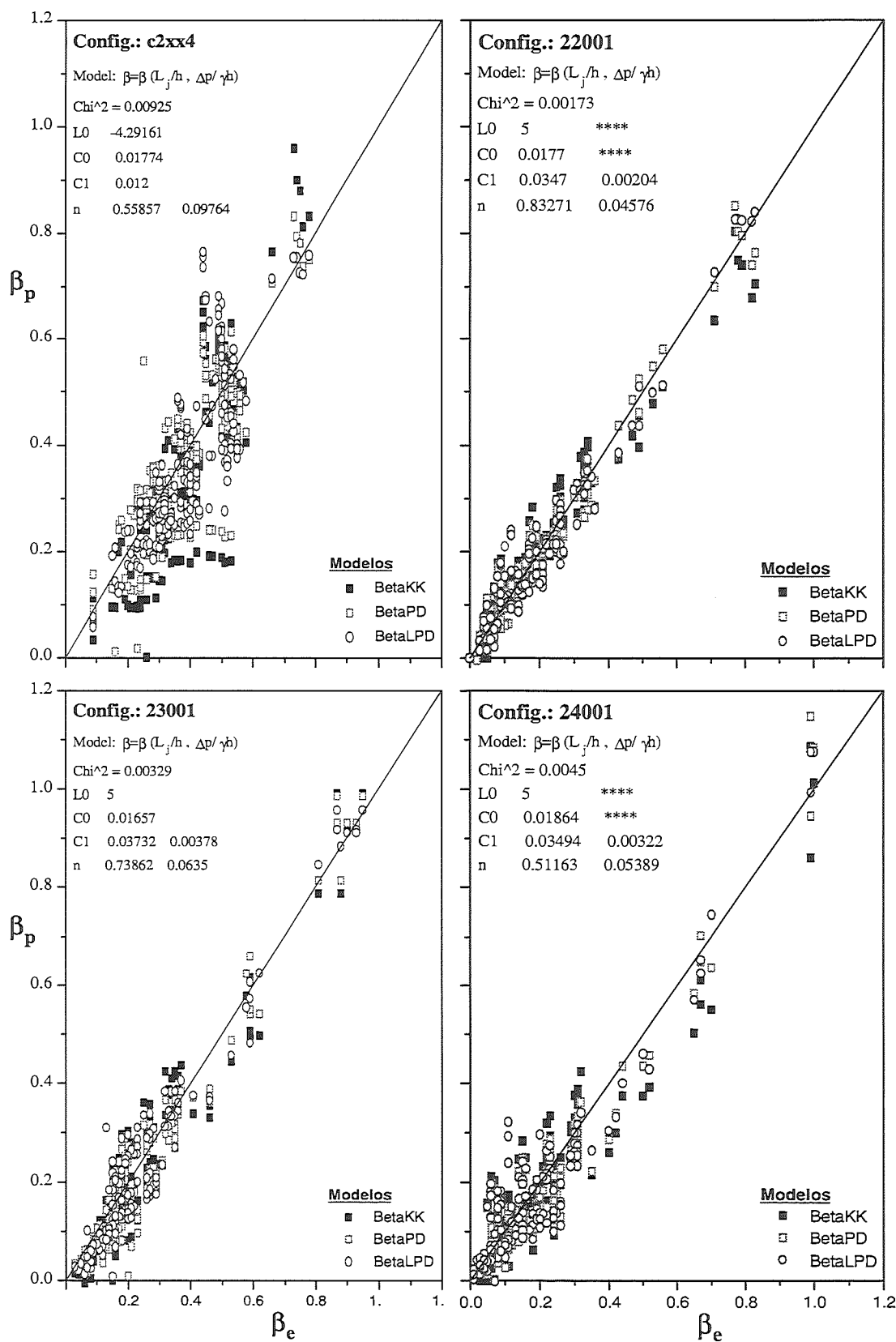


FIGURA V.49c: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ e 10° , rampas lisas e rugosas, sem degrau.

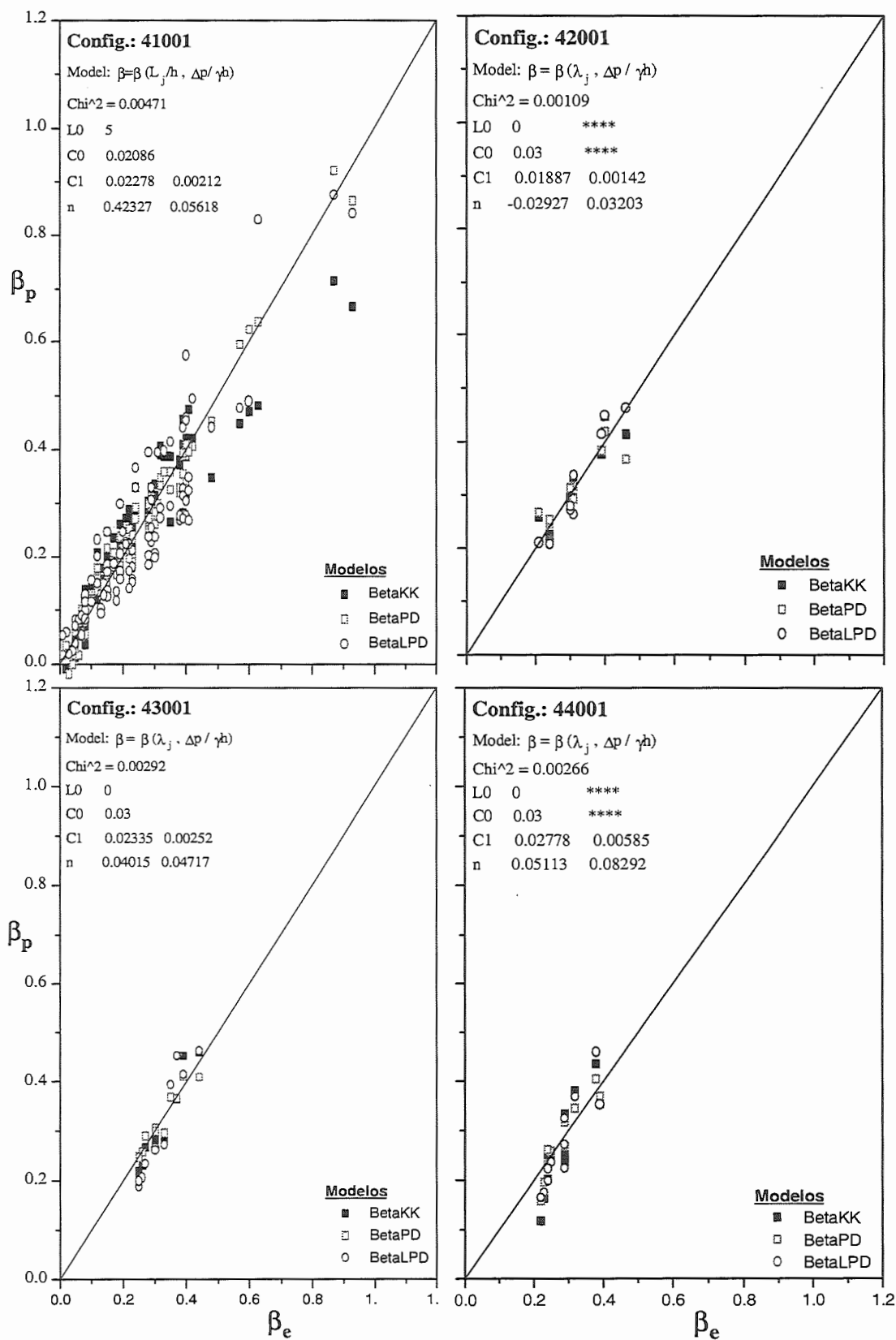


FIGURA V.49d: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para configurações ensaiadas; $\alpha = 45^\circ$, $\theta = 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ e 10° , rampas lisas, sem degrau.

A configuração c2xx4, correspondente à inclinação de 14°, inclui todas as rampas acentuadamente rugosas (de 4° a 10°), sendo justificável, portanto, o baixo coeficiente de correlação entre as previsões, avaliadas de uma expressão única, e os correspondentes valores medidos. Os outros casos de ajuste de menor qualidade referem-se a inclinações fracas da canaleta associadas a rampas íngremes e/ou a inclinações mais fortes da canaleta associadas a rampas suaves e íngremes, sendo que os menores valores de R ocorrem para estas últimas.

Relativamente à aplicação do presente modelo, enfatiza-se a ampla faixa de variação dos parâmetros da Eq. V.25 a exemplo do que ocorreu com as outras equações de ajuste empregadas.

V.6 - Influência da rugosidade da rampa sobre o coeficiente de arraste de ar

A capacidade de arrastamento de ar dos escoamentos de alta velocidade é aumentada com a utilização de rampas dotadas de rugosidade artificial, como foi verificado por PINTO (1984), comprovado por KOSCHITZKY (1987) apud KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e averiguado neste trabalho, ensaiando-se rampas idênticas, lisas e dotadas de rugosidade acentuada.

No presente trabalho, desenvolveram-se ainda ensaios com a rampa de 4° dotada com três rugosidades intermediárias entre a rugosidade "nula" e a correspondente a areia grossa com diâmetro no intervalo 4,76 a 10,00 mm. As rugosidades ensaiadas estão apresentadas na Foto V.5 como faixas justapostas sobre uma única peça para efeito de comparação das granulomentrias empregadas. Os ensaios para as quatro rugosidades artificiais tiveram por objetivo específico a verificação da evolução do desempenho do aerador com a rugosidade da rampa de lançamento do jato. Os gráficos da Figura V.50 mostram como evolui a performance do aerador com o emprego de rugosidades diferentes impostas à mesma rampa. No Quadro V.12 encontram-se os códigos empregados para a distinção das diferentes rugosidades e condições dos ensaios realizados. Estes dados estão apresentados na Tabela A.4, juntamente com os demais dados levantados neste trabalho.

QUADRO V.12: Códigos empregados na avaliação da influência da rugosidade.

Configuração (Código)	α (°)	θ (°)	Rampa P/D*	Rugosidade -	Faixa rugosa E/S**
2100	14	4	P	0	-
2101	14	4	P	1	-
2102	14	4	P	2	-
2103	14	4	P	3	-
2104	14	4	P	4	-
2110	14	4	D	0	-
2111	14	4	D	1	-
21011	14	4	P	1	S
21110	14	4	D	1	E
21111	14	4	D	1	S
21112	14	4	D	1	E/S

Obs.: (*) - P => rampa plana; D => rampa dentada;

(**) - E => faixa rugosa (10 cm) na entrada da rampa; S => idem, na saída.

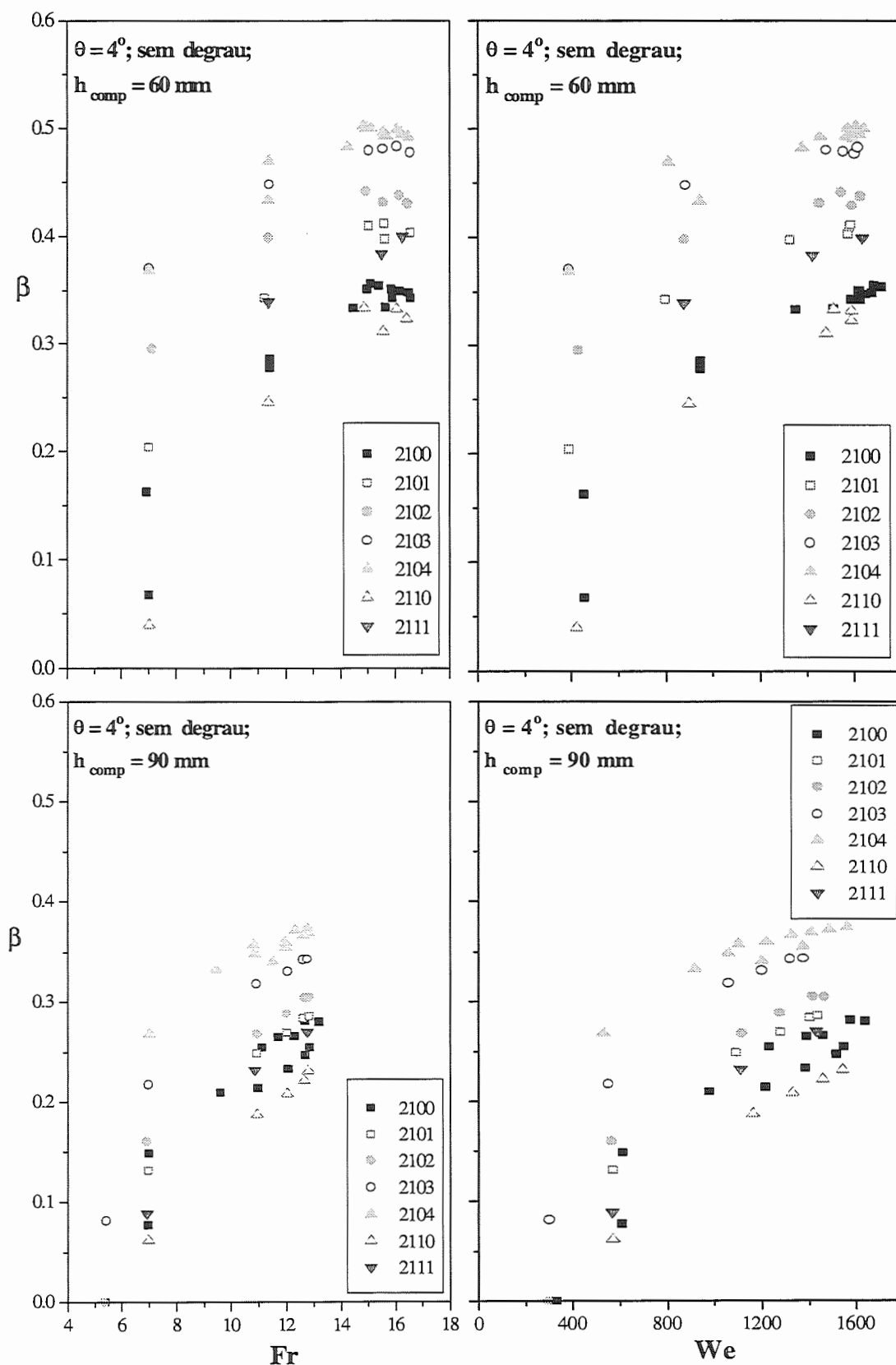


FIGURA V.50a: Gráficos ($\beta \times Fr$) e ($\beta \times We$) para análise do efeito da rugosidade da rampa; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampas plana e dentada, lisa e rugosas, sem degrau, $h_{comp} = 60$ e 90 mm.

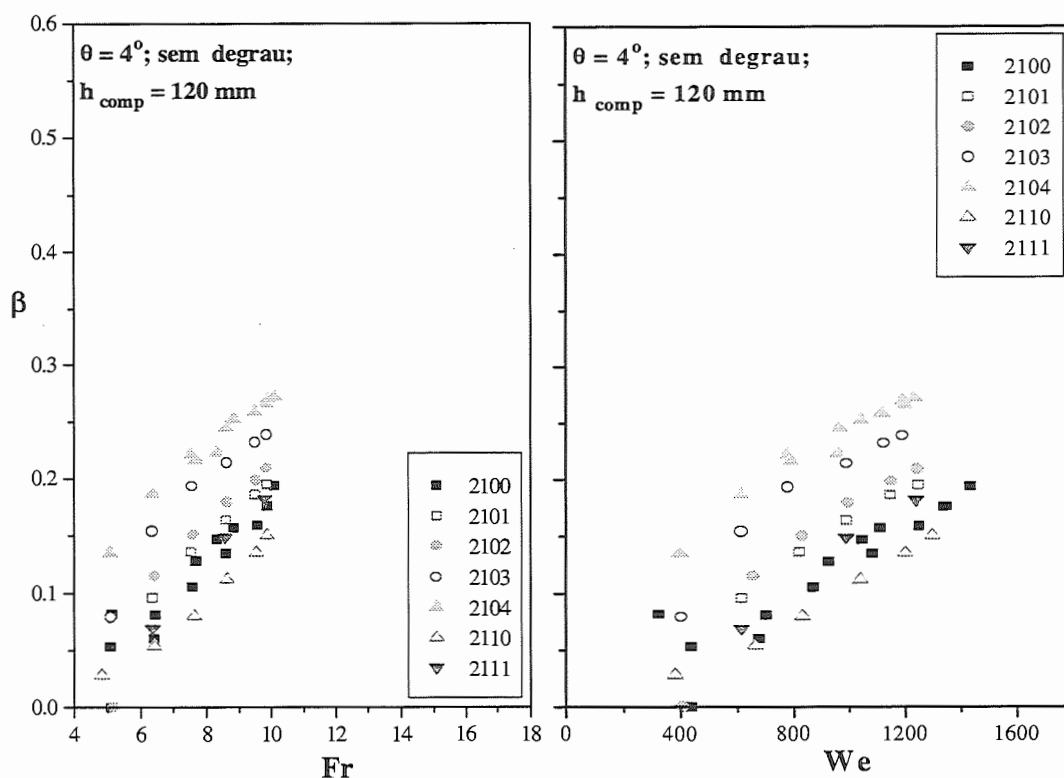


FIGURA V.50b: Gráficos ($\beta \times Fr$) e ($\beta \times We$) para análise do efeito da rugosidade da rampa;

$\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampas plana e dentada, lisa e rugosas, sem degrau, $h_{\text{comp}} = 120 \text{ mm}$.

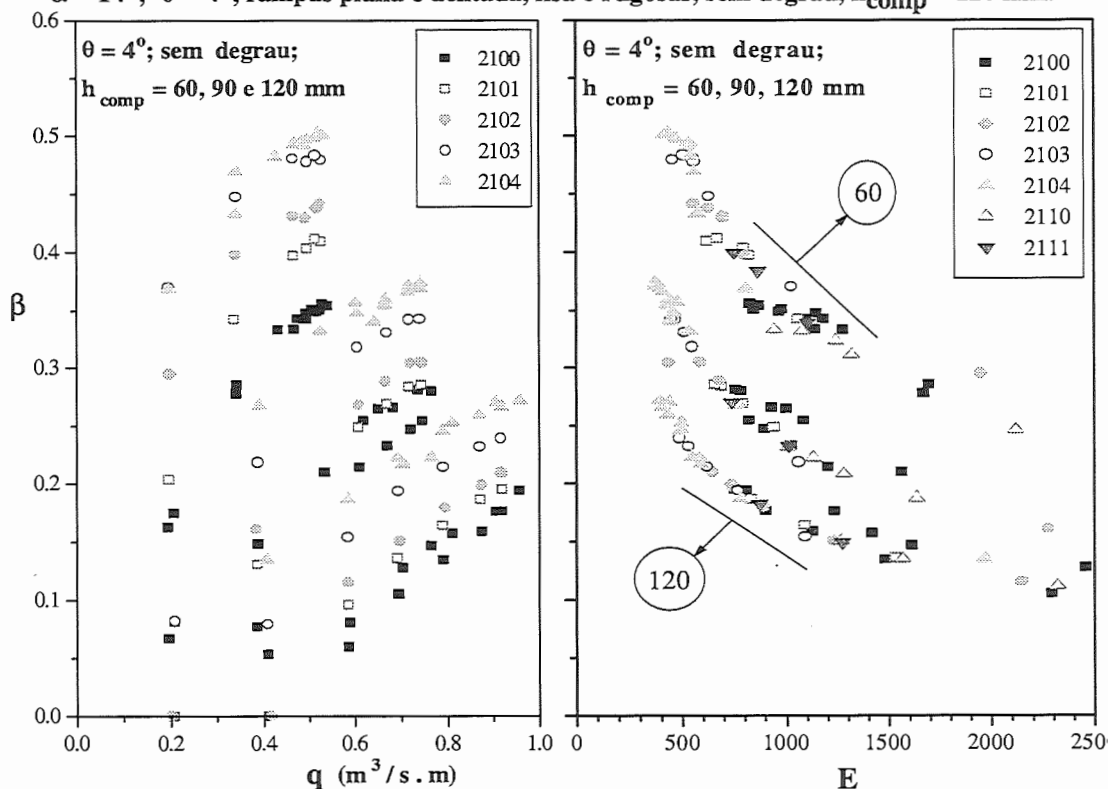


FIGURA V.50c: Gráficos ($\beta \times q$) e ($\beta \times E$) para análise do efeito da rugosidade da rampa;

$\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampas plana e dentada, lisa e rugosas, sem degrau, $h_{\text{comp}} = 60, 90, 120 \text{ mm}$.

Da análise dos gráficos da Figura V.50, observa-se claramente o efeito da rugosidade da rampa sobre a capacidade de arrastamento de ar do escoamento de alta velocidade no aerador. Para a mesma inclinação da canaleta, a mesma peça (rampa de 4°) usada com as diversas rugosidades e as mesmas condições de escoamento (aberturas da comporta de entrada na canaleta e vazões), o emprego de granulometrias maiores conduziu a vazões de ar succionadas mais elevadas para condições idênticas de fluxo. Uma vez que condições hidráulicas idênticas do escoamento e mesma geometria do jato foram impostas, a rugosidade foi o parâmetro que introduziu condições para melhorar o desempenho do aerador.

Para toda a faixa de variação de todos os parâmetros tomados no eixo das abscissas (Fr , We , q ou E) e as três aberturas da comporta de entrada para a canaleta ($h_{comp} = 60, 90$ e 120 mm), verifica-se melhor desempenho do aerador para rugosidades mais acentuadas da rampa (códigos 2100 a 2104). Deve-se destacar ainda dos gráficos da Figura V.50 a influência, no coeficiente de arraste de ar, da altura da lâmina d'água, que é considerada nos parâmetros geométricos do jato.

Constata-se, também, destes ensaios que não existe uma rugosidade ótima, ou mesmo limite, correspondente a uma eficiência máxima para o aerador, pelo menos dentro da faixa de rugosidade ensaiada, faixa esta que engloba os valores mais comuns correspondentes às alturas das asperezas das superfícies encontradas na prática.

Nesta mesma série de ensaios, investigaram-se outras disposições de faixas de rugosidades sobre a mesma rampa de 4° , inicialmente plana e lisa (de acrílico) e, posteriormente, usinada com fresa segundo a direção longitudinal. Sulcos retangulares longitudinais com lagura de $1/4"$ foram executados com profundidade variando de nula no início da rampa propriamente dita a metade da espessura da chapa na borda de jusante da rampa. Devido à aparência desta peça usinada atribuiu-se à mesma o adjetivo "dentada" para efeito de facilitar a referência à citada rampa. Na Figura V.51, ilustra-se o posicionamento de faixas com a granulometria 1 sobre a rampa. A Figura V.52 apresenta os gráficos de desempenho para as diferentes associações ensaiadas.

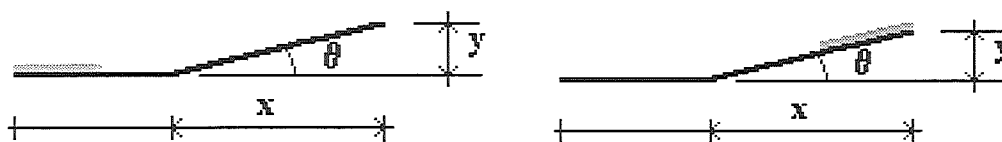


FIGURA V.51: Faixa com rugosidade 1 na entrada e na saída da rampa de lançamento do jato

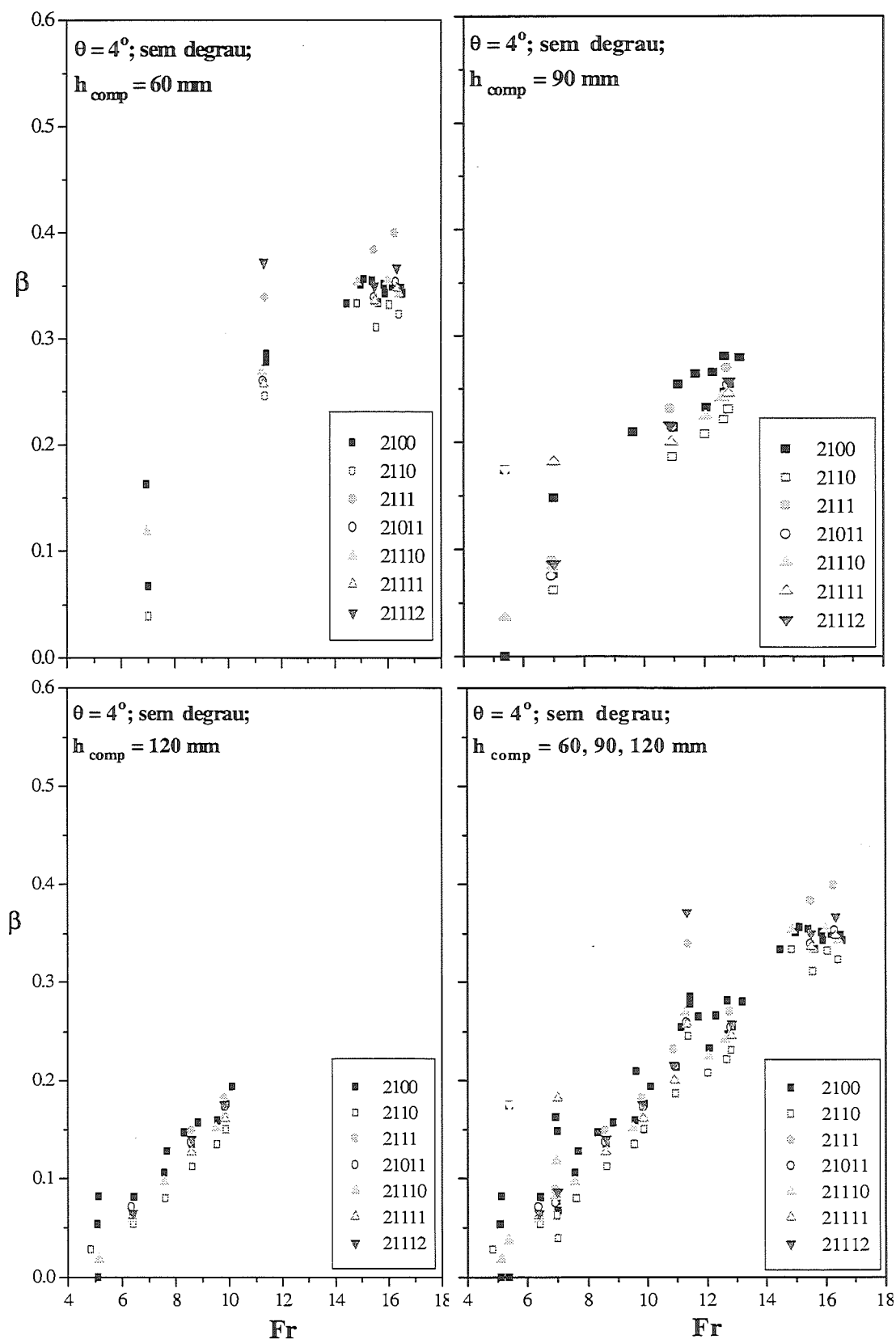


FIGURA V.52: Gráficos ($\beta \times Fr$) para análise do desempenho do aerador; $\alpha = 14^\circ$, $\theta = 4^\circ$, rampa plana e dentada, lisa e com faixas de rugosidade 1, s/ degrau, $h_{comp} = 60, 90, 120 \text{ mm}$.

Analisando-se os gráficos da Figura V.52, as seguintes conclusões podem ser listadas, tomando-se como referência o desempenho da rampa plana lisa (código 2100):

- a rampa dentada lisa (2110) apresentou o desempenho mais fraco em termos de arraste de ar entre todas as configurações ensaiadas nesta etapa;
- a rampa dentada com rugosidade 1 (2111) foi superior somente nos ensaios com lâminas mais baixas (correspondentes a $h_{\text{comp}} = 60 \text{ mm}$); nos demais casos, seu desempenho foi idêntico ao da rampa plana lisa; e
- as configurações com rugosidade 1 só na entrada, na saída ou em ambas as posições não apresentaram performance destacável em relação à configuração de referência (2100).

Sendo assim, espera-se que nenhum ganho significativo seja alcançado em termos de arrastamento de ar pelo aerador empregando-se os artifícios implementados. Em suma, estes artifícios corresponderam à fixação de uma rugosidade artificial referente à areia de granulometria 1 ($d < 1,0 \text{ mm}$) em faixas à entrada ou à saída da rampa, bem como à utilização de uma rampa com superfície "dentada", que teve o objetivo de aumentar a área da interface ar-água.

V.7 - Influência do escoamento aerado a montante sobre o coeficiente de arraste de ar

Como últimos levantamentos experimentais, procurou-se analisar a influência do ar incorporado no escoamento a montante sobre o coeficiente de arraste de ar do aerador. O ar foi impelido por um compressor para um domo poroso instalado na peça de transição. Este domo teve a finalidade de promover a distribuição do ar no escoamento em forma de pequenas bolhas, de modo a representar as condições do escoamento no protótipo quando encontram-se instalados aeradores em série. A Foto V.6 apresenta a injeção de ar por intermédio do domo instalado junto à comporta de entrada para a canaleta.

Para cada uma das três alturas de lâmina d'água (60, 90 e 120 mm), três vazões de água foram impostas na canaleta. Para dada vazão de água na canaleta, quatro a cinco vazões de ar foram injetadas através do domo poroso, obtendo-se escoamentos com concentrações médias de ar distintas. Controlando-se a vazão de circulação de água na bancada, avaliações para efeito de comparação puderam ser desenvolvidas para o coeficiente de arraste de ar do aerador. Os dados relativos a este tópico estão também apresentados no ANEXO 04, ao final da planilha dos dados levantados neste trabalho.

A vazão de ar injetada foi avaliada a partir de uma equação de calibração estabelecida para a vazão em peso através de uma bobina de tubo de cobre de diâmetro de 8,0mm em função das pressões absolutas a montante e a jusante da mesma. Nesta calibração, a vazão de ar impelida através da bobina de cobre atravessava o duto uniformizador com $\phi = 200\text{mm}$, o bocal (calibrado previamente) e o duto de alimentação de ar empregados nos demais ensaios. Mediam-se, para dada vazão injetada, a diferença de pressão e a pressão a jusante da bobina e a pressão estática no bocal do duto de ar. O gráfico da Figura V.53 apresenta as estimativas feitas a partir da equação de calibração (**Ajuste**) e da equação para escoamento isotérmico (**Gisot**) lançadas contra os respectivos valores de vazão avaliados da equação do bocal do duto de ar para vazões impelidas. O coeficiente de correlação para a equação de calibração é da ordem de 0,99.

Os resultados dos ensaios realizados são apresentados no gráfico da Figura V.54. Deste gráfico, observa-se que a concentração de ar no escoamento de montante (baseada nas vazões injetadas e variando de 24 a 150% da vazão de água do modelo) praticamente não influencia a capacidade de arraste de ar do aerador.

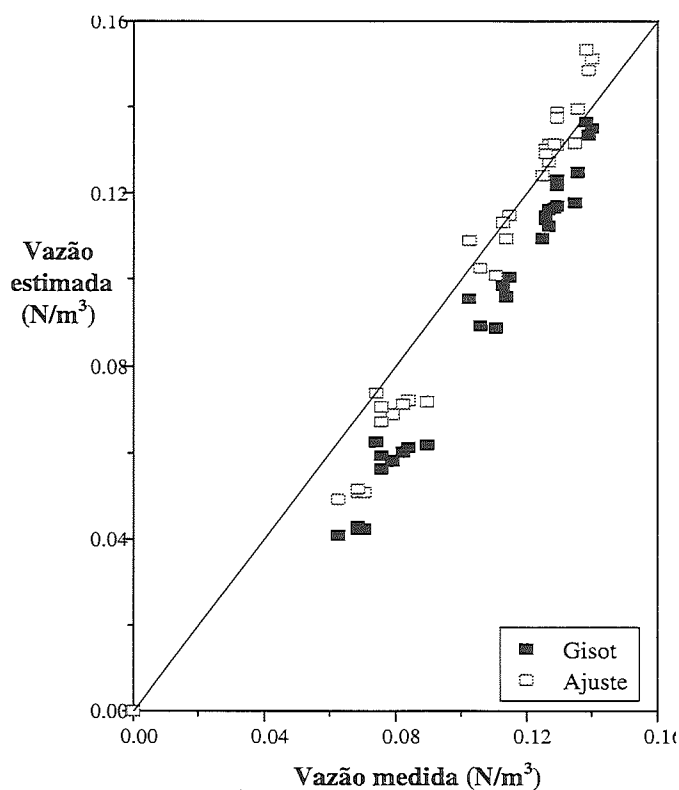


FIGURA V.53: Gráfico das vazões em peso "estimadas x medidas" na calibração da bobina para as vazões injetadas.

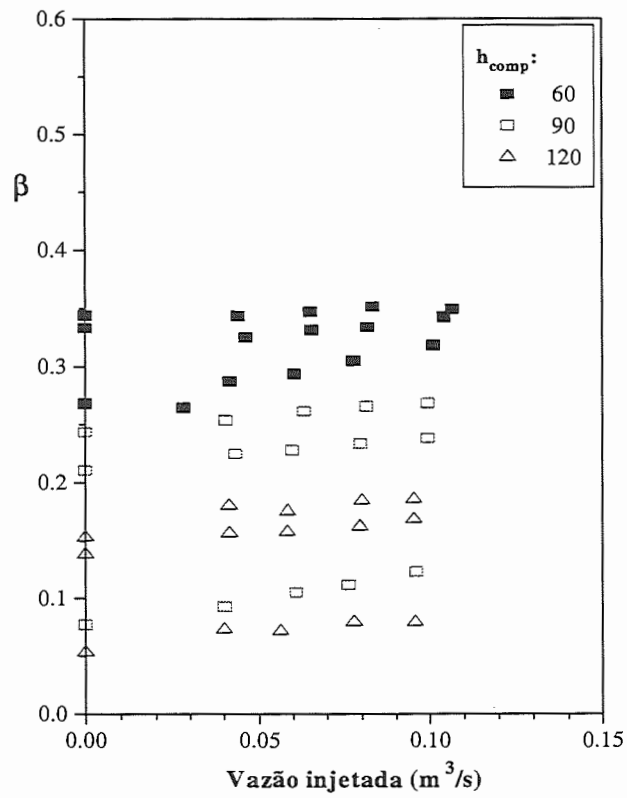


FIGURA V.54: Gráfico (β x Vazão injetada) para ensaios com escoamento aerado a montante.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

VI . 1 - O funcionamento da bancada experimental

A bancada experimental não apresentou qualquer problema físico-estrutural relativamente às solicitações provenientes das severas condições de escoamento ou mesmo das operações de mudança de inclinação da canaleta com auxílio de talha. É importante frisar que a estrutura trabalhou livre de vibrações, que poderiam introduzir efeitos e solicitações secundárias danosos para a coleta de dados ou para a bancada propriamente dita. A bancada apresentou grande versatilidade permitindo a realização de ensaios com inclinação da canaleta variando de 3° a 45°.

Quanto à ocorrência do fenômeno do arraste de ar em estudo e aos equipamentos de medição empregados, a bancada atendeu perfeitamente aos objetivos propostos, destacando-se apenas a necessidade de realizar-se, por procedimento que conduza a maior confiabilidade e precisão, a determinação da altura da lâmina d'água na canaleta.

VI . 2 - Expressão $\beta_{\max} = \beta_{\max} (\alpha, \theta, Fr)$

Observou-se que a inclinação da função $\beta_{\max} = \beta_{\max} (Fr)$, para a inclinação da rampa de 4°, cresce com a inclinação da canaleta na sequência $\alpha = 14, 3, 45$ e 30°, indicando que a taxa de arraste para $\Delta p = 0$ ($\beta_{\max}$) não é crescente com o ângulo de inclinação da canaleta, mas, aparentemente, diminui para ângulos entre 3 e 14°, cresce entre 14 e 30°, aproximadamente, e volta a decrescer a partir de um ângulo entre 30 e 45°.

Dos ensaios realizados verificou-se a impossibilidade de escrever-se uma equação única para $\beta_{\max}$ como uma função de α , θ e Fr , conforme proposta por RUTSCHMANN & HAGER. Fenômenos não levados em consideração como a formação da cunha de spray e do "roller" de impacto influem na taxa de arraste de ar e conduzem a variações nos valores esperados.

VI. 3 - Expressão $\beta_{\max} = \beta_{\max}(\lambda_j)$

O emprego de expressão do tipo daquela proposta por RUTSCHMANN & HAGER (1990) para a estimativa do comprimento relativo do jato conduziu a resultados satisfatórios apenas para algumas geometrias (principalmente para $\alpha = 14^\circ$) com n.º. de Froude menor que 15. Para as geometrias com $\alpha = 30^\circ$ e 45° , os valores estimados foram sempre inferiores aos correspondentes lidos.

Comprovou-se, como sugerido nos primeiros trabalhos desenvolvidos, a existência de uma relação linear entre a taxa de arraste de ar máxima ($\beta_{\max}$) e o comprimento relativo do jato λ_j . Dos ensaios realizados, verificou-se que uma expressão única para o coeficiente de arraste máximo em função de λ_j para representar todas as geometrias empregadas conduz a estimativas que estão sujeitas a erros máximos de 50 a 100%, recomendando-se a sua aplicação apenas às avaliações preliminares de projeto.

VI. 4 - Comparação com outros trabalhos - sistemas de admissão de ar

Uma outra forma de apresentação gráfica dos dados disponíveis (PENG-1984 e PINTO-1989) para a análise de conformidade modelo-protótipo foi empregada, destacando-se a obtenção da relação de semelhança para os sistemas de abastecimento de ar com base no critério de similitude de Froude para os escoamentos de alta velocidade.

Os resultados de ensaios dos modelos reduzidos das barragens de Foz do Areia (modelo 1:8) e Clyde (PENG-1984) foram comparados com ensaios deste trabalho, para condições geométricas correspondentes, adotando-se a relação de semelhança para os respectivos sistemas de abastecimento de ar. De uma parcela dos dados relativos aos citados ensaios, as seguintes observações puderam ser enunciadas:

- além da igualdade de valores de Fr , é necessária a igualdade de valores de $\Delta p/\gamma h$, isto é, de $E = Fr^2/(\Delta p/\gamma h)$, conforme observação de PINTO (1984) para que se tenham coeficientes de arraste de ar β com valores próximos no "modelo" e no "protótipo";
- nos casos em que os valores de $\Delta p/\gamma$ são iguais, porém, as alturas da lâmina h são diferentes, isto é, $\Delta p/\gamma h$ são diferentes (portanto, E diferentes), os coeficientes de arraste de ar β diferem claramente;
- mesmo nas condições de semelhança próximas, os valores de L_j/h passam a distoar para valores de Fr da ordem e, principalmente, acima de 10; e

- as configurações geométricas deste trabalho, ensaiadas com rampas lisas, não representam as condições de ensaio do Modelo de Foz relativamente ao coeficiente de arraste de ar, sendo compatíveis apenas quando dotadas de rampas acentuadamente rugosas para valores de $Fr < 14$.

Em termos de arraste de ar pelo escoamento, como citado acima, apenas os ensaios realizados com rampas rugosas no presente trabalho representam as condições do Modelo de Foz.

Quanto ao aspecto geral dos gráficos de desempenho, os pontos experimentais levantados neste trabalho dispõem-se como os do Modelo de Foz, isto é, as curvas $(\beta \times E)$ e $(\beta \times \Delta p/\gamma h)$ seguem as mesmas tendências para os referidos ensaios e correspondentes valores de Fr .

Os resultados para o Modelo da Barragem Clyde e deste trabalho foram comparados, verificando-se que para as configurações semelhantes os dois modelos apresentam comportamentos semelhantes.

VI . 5 - Comparação entre as diversas configurações

Apesar de o conjunto de dados não incluir número de pontos experimentais suficiente para uma avaliação precisa dos efeitos dos diversos parâmetros, indicam-se as seguintes tendências gerais observadas:

- os ensaios sem rampas (ou para $\theta = 0^\circ$) conduziram a arraste inferior ao obtido para os correspondentes ensaios com rampas;
- as rampas associadas com o degrau propiciam maiores valores do coeficiente de arraste de ar relativamente aos ensaios com as rampas associadas com degrau nulo para valores de $\Delta p/\gamma h$ inferiores a um dado valor correspondente ao cruzamento das linhas de tendência dos pontos experimentais nos gráficos $(\beta \times \Delta p/\gamma h)$;
- o cruzamento destas linhas correspondentes às configurações "com e sem degrau" ocorre para valores de $0,05 \leq \Delta p/\gamma h \leq 0,20$, aproximadamente, em todas as condições analisadas;
- para dada inclinação α da canaleta, os pontos experimentais correspondentes a inclinações θ da rampa maiores dispõem-se sobre "curvas" mais íngremes, indicando que as configurações constituídas por rampas com inclinações mais acentuadas são mais sensíveis às variações do parâmetro $\Delta p/\gamma h$; e
- as curvas $(\beta \times \Delta p/\gamma h)$ para dada inclinação α da canaleta e dada inclinação θ da rampa tornam-se mais acentuadas (íngremes) para valores de Fr mais elevados.

Os gráficos ($\beta \times \Delta p/\gamma h$), para Fr como parâmetro, comprovam o efeito positivo da associação do degrau à rampa com $\theta = 4^\circ$ nas quatro inclinações ensaiadas da canaleta, uma vez que conduz a valores mais elevados da taxa de arraste β para idênticos valores de $\Delta p/\gamma h$ ($< 0,20$).

Observou-se, dos gráficos ($\beta \times Fr$) para as diversas configurações ensaiadas e valores constantes de $\Delta p/\gamma h$, que os pontos experimentais correspondentes a valores crescentes do parâmetro $\Delta p/\gamma h$ e mesma geometria dispõem-se segundo retas com inclinações, em relação à horizontal, cada vez menores. Estas retas admitem uma origem comum sobre o eixo das abscissas com $5,0 < Fr < 6,0$ (aproximadamente, 5,4 para os ensaios da rampa com $\theta = 4^\circ$).

Relativamente à influência do ângulo α de inclinação da canaleta sobre o desempenho dos aeradores em termos de arraste de ar, verificou-se, dos ensaios completos realizados com a rampa de $\theta = 4^\circ$, em ordem crescente de eficiência a seguinte sequência para os valores do ângulo α : 14° , 3° , 45° e 30°

Maiores eficiências seriam esperadas para inclinações mais acentuadas da canaleta até um determinado ângulo crítico, a partir do qual a inclinações maiores não corresponderiam melhores performances. Até este ângulo crítico, o aumento do ângulo de inclinação da canaleta conduziria a jatos mais longos e, portanto, a maior arraste, pois $\beta = \beta(L_j)$. Para estes ângulos de inclinação relativamente pequenos, a cunha de "spray" é espessa e favoreceria o arraste, conforme PENG (1984). A partir do ângulo crítico, o aumento do ângulo de inclinação da canaleta, conduzindo a jatos mais longos, não compensaria a redução do arraste, devida ao estreitamento da referida "cunha", levando, assim, a valores menores de β .

Neste sentido, a justificativa para a possibilidade de ocorrência de um ângulo de inclinação da canaleta que conduza a um mínimo desempenho em termos de arraste de ar não foi encontrada. Observa-se, no entanto, que, para ângulos α pequenos, a ocorrência do intenso turbilhão ("roller") no ponto de impacto do jato com o fundo da canaleta pode ser responsável por um arraste adicional, do tipo do que ocorre nos jatos mergulhando em poças, o que poderia explicar o melhor desempenho da configuração com $\alpha = 3^\circ$ em relação à correspondente à inclinação de 14° .

Quanto ao efeito, sobre o desempenho do aerador, do emprego de rampas acentuadamente rugosas relativamente às correspondentes rampas lisas, verificaram-se acréscimos na capacidade de arraste de ar da ordem de 100% para valores de $\Delta p/\gamma h \cong 0,20$ e $Fr \cong 8$ até 500% para os valores aproximados dos mesmos parâmetros de 0,40 e 12, respectivamente. Outras observações importantes são as seguintes:

- os pontos experimentais para o ensaio com rampa acentuadamente rugosa, $\theta = 4^\circ$, $\alpha = 14^\circ$ e $\Delta p/\gamma h = 0,0$, dispõem-se segundo uma reta de ajuste aparentemente paralela à correspondente para as mesmas condições ensaiadas com a rampa lisa;
- apesar do reduzido número de dados, para valores $\Delta p/\gamma h > 0,0$ e algumas das geometrias ensaiadas, os pontos experimentais parecem dispor-se sobre retas que admitem a mesma origem das correspondentes retas de ajuste para os ensaios de rampas "lisas".

VI. 6 - Expressões empíricas para o coeficiente de arraste de ar

Dentre as diversas relações funcionais propostas para expressar o coeficiente β em função dos parâmetros importantes envolvidos no fenómeno do arrastamento de ar que ocorre nos dispositivos aeradores, estabeleceram-se as seguintes equações de regressão para as configurações ensaiadas:

- expressões do tipo $\beta = \beta(\text{geometria}, Fr, \Delta p/\gamma h)$; e
- expressões do tipo $\beta = \beta(Lj/h)$.

A expressão na forma proposta por KOSCHITZKY & KOBUS (1988) foi estabelecida, juntamente com dois outros modelos sugeridos neste trabalho e baseados nas relações funcionais indicadas, para as diversas configurações ensaiadas.

Os resultados de previsão destas equações foram lançados em gráficos e uma análise comparativa da qualidade dos ajustes foi desenvolvida. Em sua grande maioria, as estimativas baseadas nos modelos sugeridos neste trabalho mais se aproximaram dos correspondentes valores levantados experimentalmente.

Observou-se, também, que os coeficientes das expressões apresentam faixas de variação amplas, indicando a grande influência da geometria sobre o coeficiente de arraste de ar do aerador. Sendo assim, a utilização de uma expressão simples e única para estimar-se a taxa de arraste de ar de um dispositivo aerador, com uma dada geometria e sob condições diversas de funcionamento, pode ser realizada apenas em cálculos preliminares de projeto.

VI. 7 - Influência da rugosidade da rampa sobre o coeficiente de arraste de ar

Dos ensaios com rampas rugosas, observou-se claramente o efeito da rugosidade da rampa sobre a capacidade de arrastamento de ar do escoamento de alta velocidade no aerador.

Constatou-se, também, destes ensaios que não existe uma rugosidade ótima, ou mesmo limite, correspondente a uma eficiência máxima para o aerador, pelo menos dentre as rugosidades limites ensaiadas, limites estes que englobam os valores mais comuns correspondentes às alturas das asperezas das superfícies encontradas na prática.

Nesta mesma série de ensaios, investigaram-se outras disposições de faixas de rugosidades sobre a mesma rampa de 4°, inicialmente plana e lisa (de acrílico) e, posteriormente, usinada com fresa segundo a direção longitudinal.

Da série dos ensaios realizados, concluiu-se que nenhum ganho significativo deve ser esperado em termos de arrastamento de ar pelo aerador empregando-se os artifícios implementados. Estes artifícios corresponderam à fixação de uma rugosidade artificial referente à areia de granulometria 1 ($d < 1,0$ mm) em faixas à entrada ou à saída da rampa, bem como à utilização de uma rampa com superfície "dentada", que teve o objetivo de aumentar a área da interface ar-água.

VI. 8 - Influência do escoamento aerado a montante sobre o coeficiente de arraste de ar

Como últimos levantamentos experimentais, avaliou-se, a partir de um número reduzido de corridas, a influência do ar incorporado no escoamento a montante sobre o coeficiente de arraste de ar do aerador.

Nos ensaios realizados, a concentração de ar incorporado no escoamento de montante variou de 24 a 150% da vazão de água do modelo aproximadamente e, em termos práticos, não introduziu influência significativa sobre a capacidade de arraste de ar do aerador.

VI. 9 - Recomendações

Como sugestões para o desenvolvimento de trabalhos posteriores, citam-se:

a) complementação do banco de dados para as quatro inclinações da canaleta adotadas, envolvendo:

- a realização dos ensaios necessários para as inclinações de 3°, 30° e 45° a fim de perfazerem-se os conjuntos de dados relativos aos denominados "ensaios completos", que foram levantados para a inclinação de 14°;

- a determinação do valor "crítico" Fr_0 para cada geometria, o que não foi contemplado neste trabalho;
 - a realização de ensaios específicos para o estudo da influência do parâmetro geométrico t_r/h no coeficiente de arraste de ar, empregando-se, para uma dada inclinação θ , pelo menos duas rampas com alturas diferentes t_r de saída das mesmas;
- b) realização de medições em escoamentos aerados a fim definirem-se critérios para a instalação de dispositivos em série sobre a rampa de vertedores de barragens; e
- c) realização de estudos específicos de conformidade modelo-protótipo a partir de dados existentes de obras já executadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNDT, R. E. A. and IPPEN, A. T. (1968): "Rough Surface Effects on Cavitation Inception". Journal of Basic Engineering, Trans. ASME, 90 (D2), pp. 249-261.

ARNDT, R. E. A., HOLL, J. W., BOHN, J. C. and BECHTEL, W. T. (1979): "Influence of Surface Irregularities on Cavitation Performance". Journal of Ship Research, 23 (3), pp. 157-170.

BABB, A. F. and AUS, H. C.: "Measurement of Air in Flowing Water". Journal of the Hydraulics Division, (ASCE), Vol. 107, No. HY12, Dec. 1981, pp. 1615-1630.

BALL, J. W. (1963): "Construction Finishes and High Velocity Flow". Journal of the Construction Division, (ASCE), 89 (CO2), pp. 91-110.

BALL, J. W. (1976): "Cavitation from Surface Irregularities in High Velocity". Journal of the Hydraulics Division, (ASCE), Vol. 102, No. HY9, pp. 1283-1297.

BEICHLEY, G. L. and KING, D. L.: "Cavitation Control by Aeration of High-Velocity Jets". Journal of the Hydraulics Division, (ASCE), 101 (HY7), pp. 829-846.

BOS, M. G.: "Discharge Measurement Structures". Third Edition. ILRI Wagening, The Netherlands, 1989.

BRUSCHIN, J.: "Aeration Off-Sets for Spillway Chutes and Bottom Outlets". Symp. on Scale Effects, IAHR, 1984, (4.3), 1-4.

DAUGHERTY, R. L.; FRANZINI, J. B. and FINNEMORE, E. J.: "Fluid Mechanics with Engineering Applications". McGraw-Hill Book Co.. Singapore, 1989.

DOEBELIN, E. O.: "Measurement Systems: Application and Design". McGraw-Hill Book Co.. New York, 1966.

FALVEY, H. T.: "Predicting Cavitation in Tunnel Spillways". Water Power & Dam Construction, Aug. 1982, pp. 13-15.

FRENCH, R. H.: "Open-Channel Hydraulics". McGraw-Hill Book Company. Second Edition. Singapore, 1987.

- FRIZELL, K. H. and MEFFORD, B. W.: "Designing Spillways to Prevent Cavitation Damage". Concrete International: Design and Construction, 13(5), May 1991, pp. 58-64.
- HAMILTON, W. S.: "Preventing Cavitation Damage to Hydraulic Structures: Parts 1,2 (1983) and 3 (1984)". Water Power & Dam Construction, 35(11): 40-43, 35(12): 48-53 and 36(1): 42-45.
- HENDERSON, F. M.: "Open Channel Flow". Macmillan Publishing Co., INC. New York, 1966.
- HEWITT, G. F.: "Measurement of Two-Phase Flow Parameters". Academic Press Inc. . New York, 1978.
- HOLL, J. W.: "The Inception of Cavitation on Isolated Surface Irregularities". Journal of Basic Engineering, Trans. ASME, Series D, Vol. 82, No. 1, Mac.1960, pp. 169-183.
- HWANG, N. H. C.: "Fundamentos de Sistemas de Engenharia Hidráulica". Editora Prentice-Hall do Brasil LTDA. Rio de Janeiro, 1984.
- KELLS, J. A. and SMITH, C. D.: "Reduction of Cavitation on Spillways by Induced Air Entrainment". Canadian Journal of Civil Engineering, 18, 358-377 (1991).
- KOBUS, H.: "Local Air Entrainment and Detrainment". Symp. on Scale Effects, IAHR, 1984, (4.10), 1-10.
- KOSCHITZKY, H. P. and KOBUS, H.: "Hydraulics and Design of Spillway Aerators for Cavitation Prevention in High Speed Flows". International Symp. on Hydr. for High Dams, IAHR, 1988, pp. 724-733.
- KOSCHITZKY, H. P.; WESTRICH, B. and KOBUS, H.: "Effects of Model Configuration, Flow Conditions and Scale in Modelling Spillway Aeration Grooves". Symp. on Scale Effects, IAHR, 1984, (4.4), 1-5.
- KUDRIASHOV, G. V. et al.: "Cavitation and Cavitation Erosion of Members of Water Outlet Structures". 20th IAHR Congress, Vol. III, 1983, pp. 453-467.
- OWER, E. and PANKHURST, R. C.: "The Measurement of Air Flow". Fifth Edition. Pergamon Press, 1977.
- PAN, S. and SHAO, Y.: "Scale Effects in Modelling Air Demand by a Ramp Slot". Symp. on Scale Effects, IAHR, 1984, (4.7), 1-4.
- PENG, T. T.: "Model Studies of Aerators on Spillways". Report submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Engineering at the University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 1984.

- PETERKA, A. J.: "The Effect of Entrained Air on Cavitation Pitting". Proceedings IAHR Congress, Minnesota International Hydr. Convention, Minnesota, Sept. 1953, pp. 507-518.
- PINTO, N. L. S. and NEIDERT, S.H.: "Evaluation Entrained Air Flow through Aerators". Water Power & Dam Construction, Aug. 1983, pp. 40-42.
- PINTO, N. L. S.: "Cavitação e Aeração em Fluxos de Alta Velocidade". Publicação No. 35 CEHPAR, Universidade Federal do Paraná/ COPEL, Curitiba (Brasil), Dez. 1979.
- PINTO, N. L. S.: "Designing Aerators for High Velocity Flow". Water Power & Dam Construction, July 1989, pp. 44-48.
- PINTO, N. L. S.: "Model Evaluation of Aerators in Shooting Flow". Symp. on Scale Effects, IAHR, 1984, (4.2), 1-6.
- PINTO, N. L. S.; NEIDERT, S. H. and OTA, J. J.: "Aeration at High Velocity Flows". Water Power & Dam Construction, Feb. 1982, pp. 34-38/ 42-44.
- QUINTELA, A. C. e RAMOS, C. M.: "Proteção contra a Erosão de Cavitação em Obras Hidráulicas". Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Memória No.539, Lisboa, 1980.
- QUINTELA, A. C.: "Flow Aeration to Prevent Cavitation Erosion". Water Power & Dam Construction, Jan. 1980, pp. 17-22.
- QUINTELA, A. C.: "Hidráulica". Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 1981.
- RUTSCHMANN, P. and HAGER, W.: "Air Entrainment by Spillway Aerators". Journal of the Hydraulics Engineering (ASCE), Vol. 116, No. 6, June 1990.
- RUTSCHMANN, P. and VOLKART, P.: "Spillway Chute Aeration". Water Power & Dam Construction, Jan. 1988, pp.10-15.
- △ SCHWARTZ, H. I. and NUTT, L. P.: "Projected Nappes Subject to Transverse Pressure". Journal of the Hydraulics Engineering (ASCE), Vol. 89, No. HY4, July 1963, pp. 97-104.
- STREETER, V. L.: "Mecânica dos Fluidos". Editora McGrall-Hill do Brasil LTDA. São Paulo, 1974.
- VIEIRA, R.C.C.: "Considerações sobre a Instrumentação Básica Usual em Mecânica dos Fluidos e sua Utilização em Engenharia". Instituto Eletrotécnico de Itajubá, 1966. Publicação interna.
- VOLKART, P. and CHERVET, A.: "Air Slots for Flow Aeration - Determination of Shape, Size and Spacing of Air Slots for the San Roque Dam Spillway".

Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology, Report No. 66, 71p, Zurich, 1983.

VOLKART, P. and RUTSCHMANN, P.: "Rapid Flow in Spillway Chutes with and without Deflectors - A Model-Prototype Comparison". Symp. on Scale Effects, IAHR, 1984, (4.5), 1-7.

WAGNER, W. E.: "Glen Canyon Diversion Tunnel Outlets". Journal of the Hydraulics Division, (ASCE), 93 (HY6), pp. 113-134.

WOOD, I. R.: "Aerators - The Interaction of Nappe and Duct Air Entrainment". Int. Symp. on Hydr. for High Dams, IAHR, 1988, pp. 611-618.

WOOD, I. R.: "Air Entrainment in High Speed Flows". Symp. on Scale Effects, IAHR, 1984, (4.1), 1-7.

WOOD, I. R.: "Air Water Flows". 21th IAHR Congress, Melbourne, Australia, Aug. 1985, pp. 18-28.

ZENON PRUSZA, V. et alli: "Remedial Measures against Spillway Cavitation". 20th IAHR Congress, Vol. III, 1983, pp. 468-476.

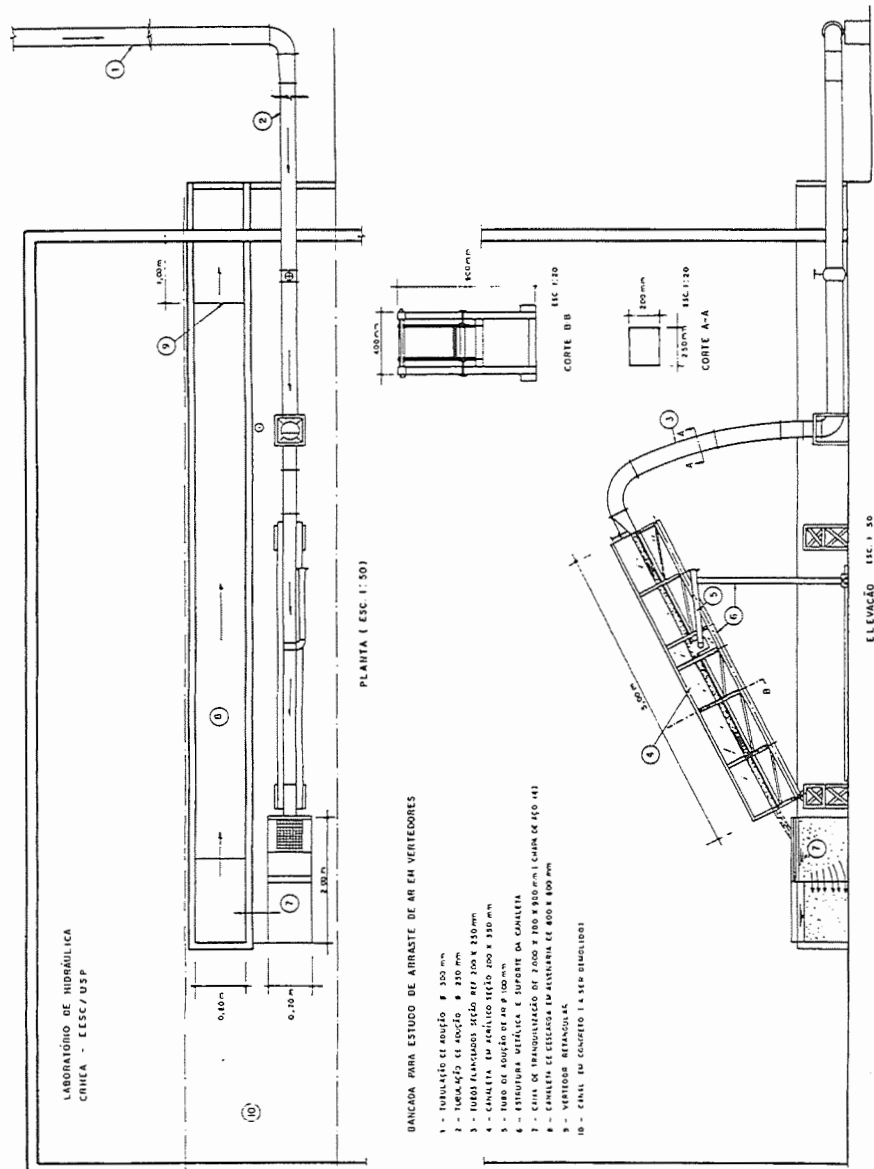
ANEXOS

ANEXO I

ESQUEMAS CONSTRUTIVOS PARA A MONTAGEM DA BANCADA

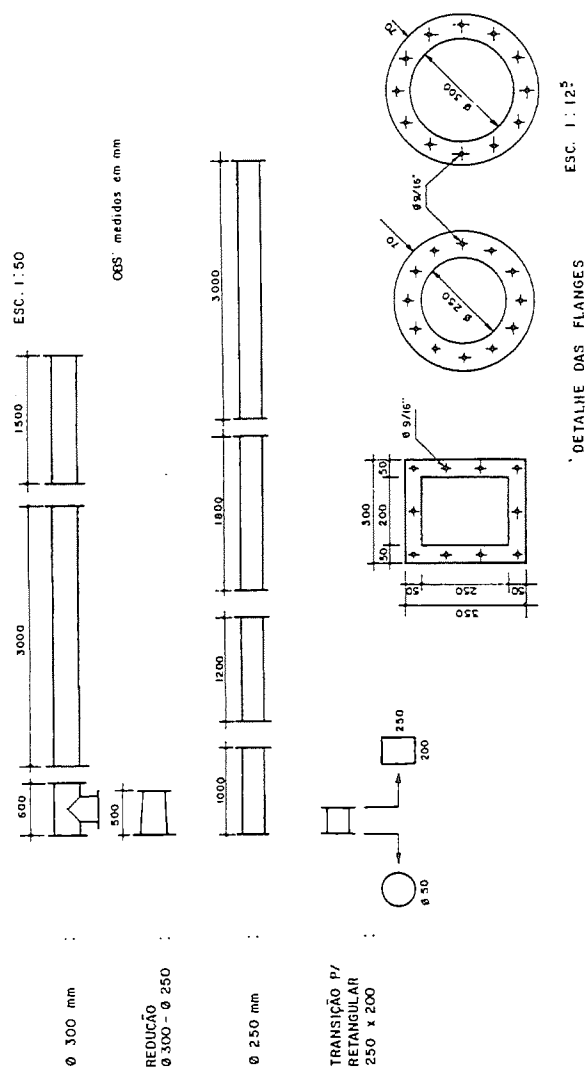
Esquema 01

ESQUEMA GERAL DA BANCADA



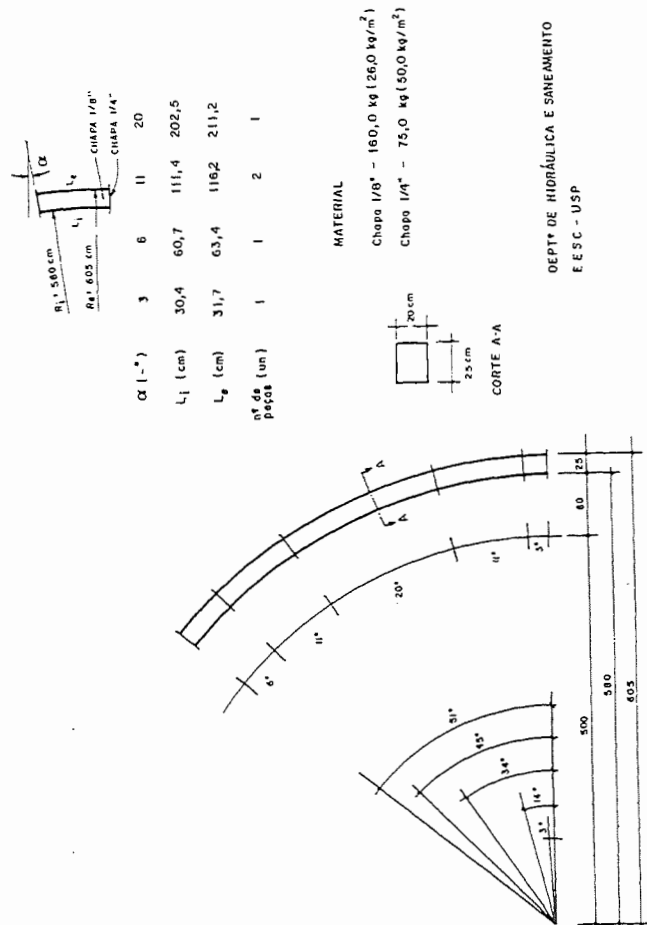
Esquema 02

TUBULAÇÃO ADUTORA - SEÇÕES CIRCULARES



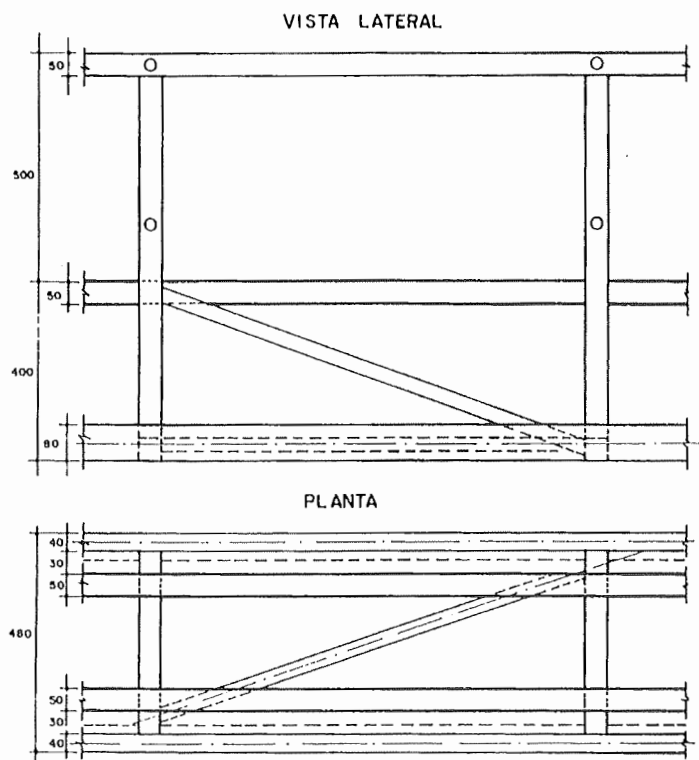
Esquema 03

**TUBULAÇÃO ADUTORA - SEÇÃO RETANGULAR
(200x250mm)**



Esquema 04

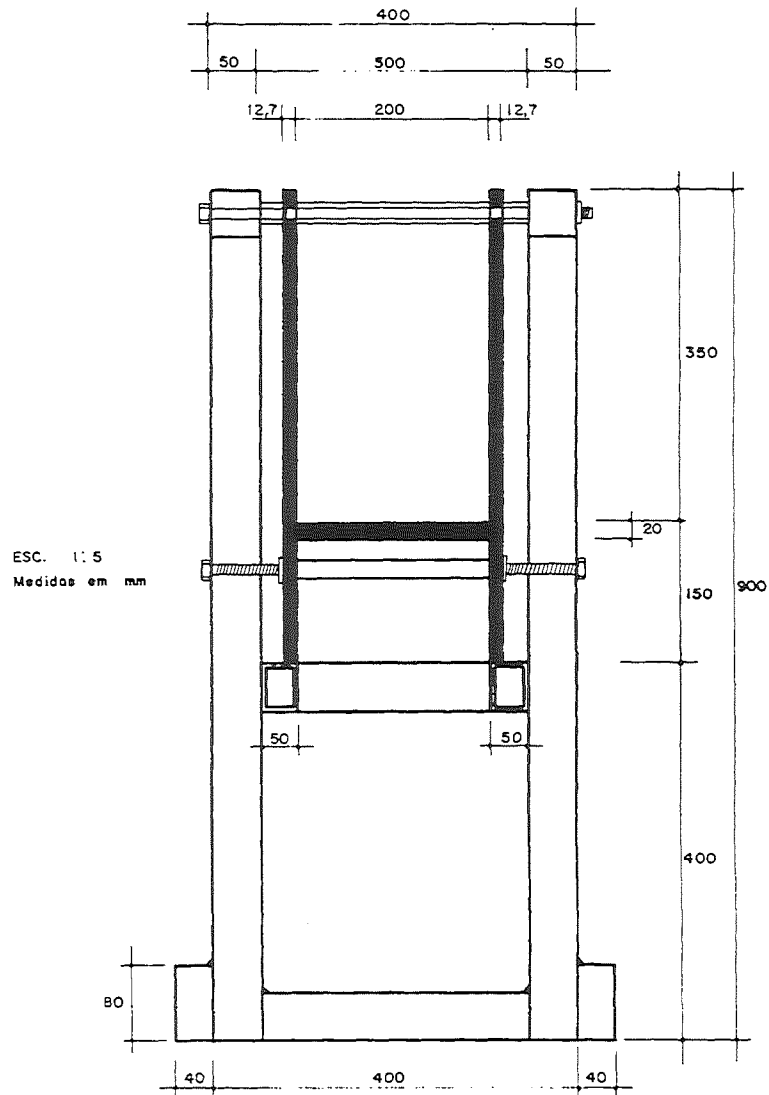
DETALHE DA ESTRUTURA



ESTRUTURA METÁLICA DA CANALETA
BANCADEIRA PARA ESTUDO DE ARRASTE
DE AR EM VERTEDORES
DEPT. DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
EESC / USP

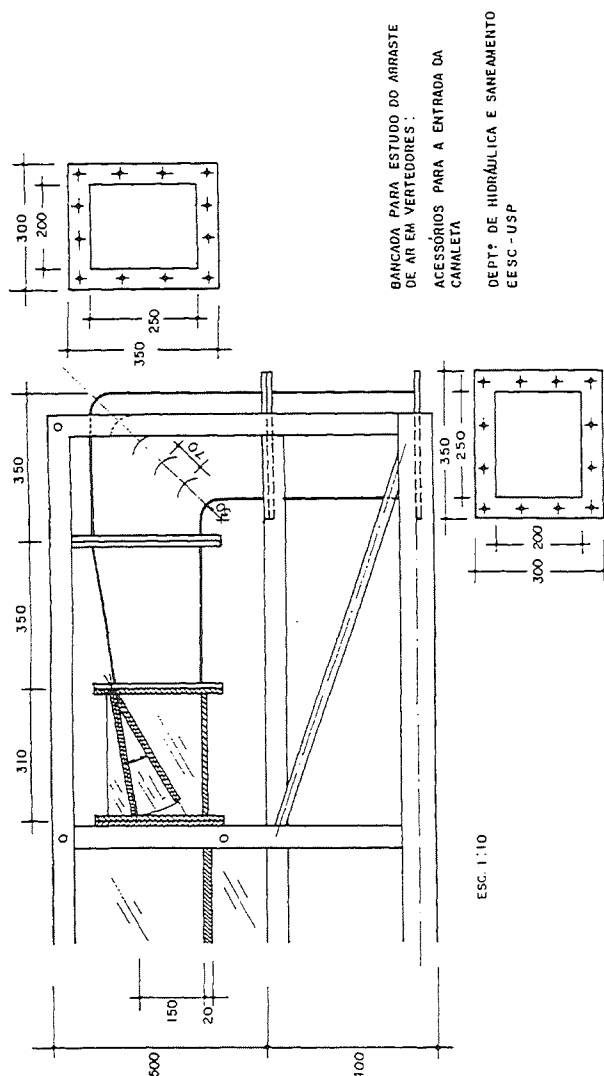
Esquema 05-A

SEÇÃO TRANSVERSAL - CANALETA E ESTRUTURA



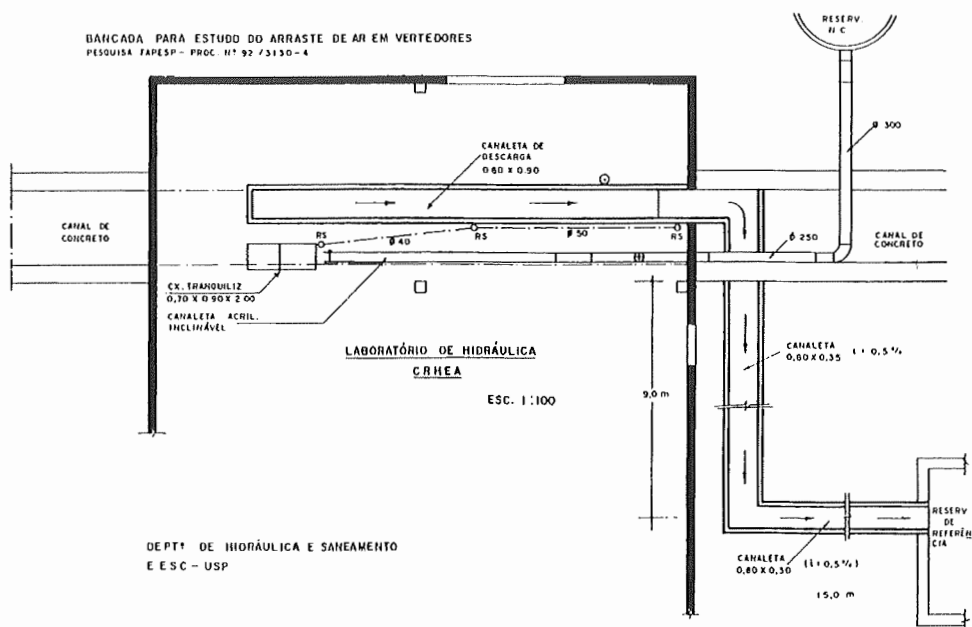
Esquema 05-B

TRANSIÇÃO PARA A ENTRADA DA CANALETA EM ACRÍLICO



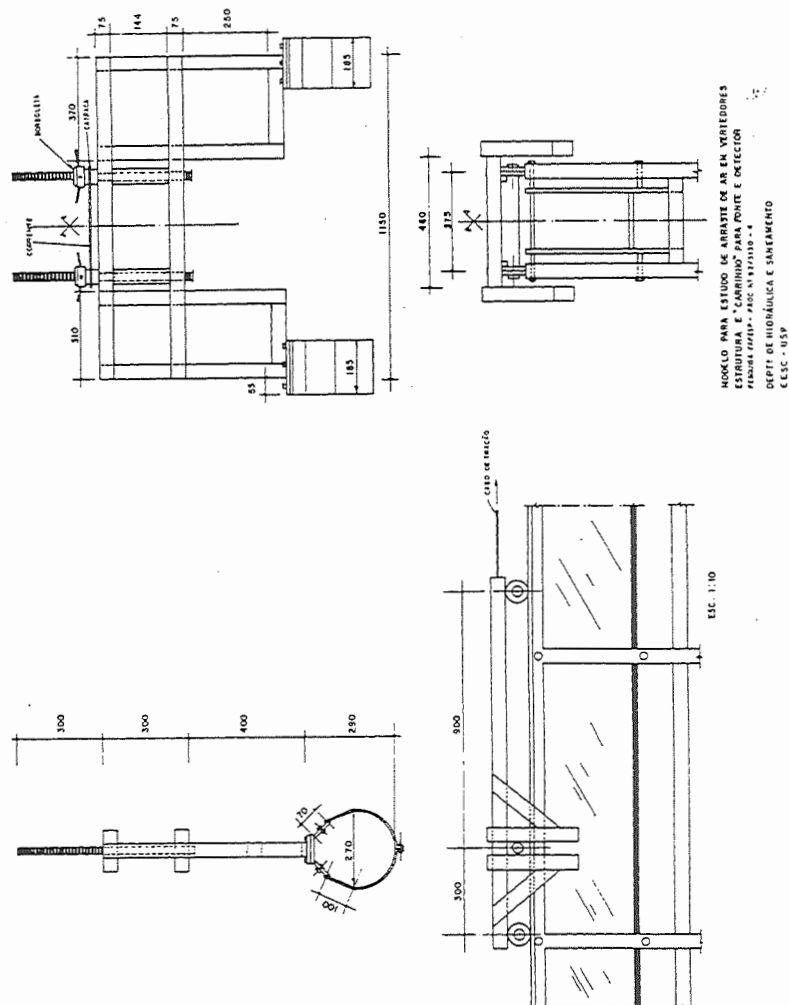
Esquema 06

PLANTA DAS CANALETAS DE DESCARGA



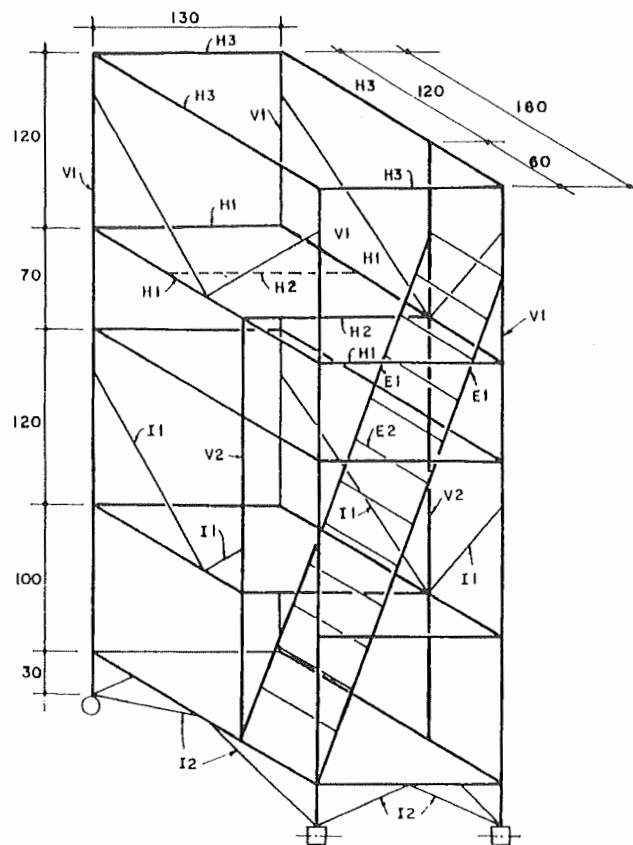
Esquema 07

ESTRUTURA E "CARRINHO" PARA FONTE E DETECTOR



Esquema 08

PLATAFORMA MÓVEL



PLATAFORMA MÓVEL

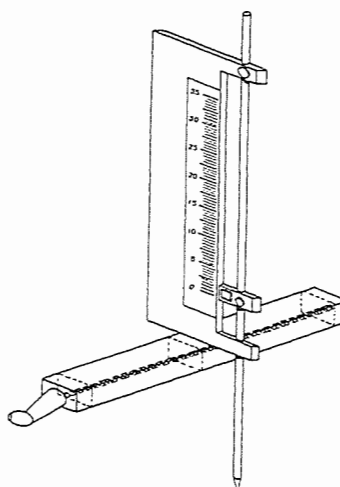
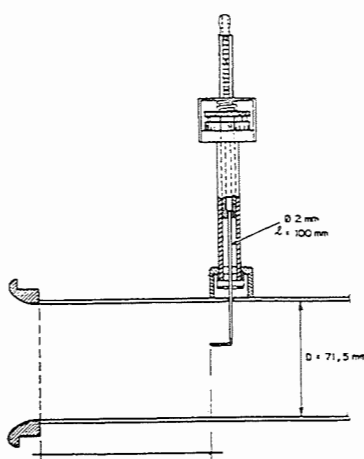
MATERIAL :

VERTICAIS VI E V2 - TUBO 50 X 30
 HORIZONTAIS DE APOIO H1 - TUBO 50 X 30
 HORIZONTAIS TRANSVERSAIS (PISO) H2 - TUBO 30 X 30
 INCLINADOS (ENRIGECEDORES) I1 - TUBO 30 X 30
 INCLINADOS I2 - TUBO 50 X 30
 ESCADA E1 - TUBO 50 X 30
 ESCADA E2 - TUBO 30 X 30
 PISO - MADEIRIT 8 x 10 mm
 PARA-PEITO H3 - TUBO 20 X 20

QUANTIDADES :

TUBO INDUSTRIAL, CHAPA 16, 50 X 30 - 9 BARRAS (6 m)
 TUBO INDUSTRIAL, CHAPA 16, 30 X 30 - 5 BARRAS (6 m)
 TUBO INDUSTRIAL, CHAPA 16, 20 X 20 - 3 BARRAS (6 m)
 MADEIRIT (8 x 10 mm) - 6 m²

DEPTº DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
 EESC - USP

Esquema 09**DISPOSITIVO PARA SUPORTE E DESLOCAMENTO
DE MEDIDORES DE NÍVEL E VELOCIDADE DO
ESCOAMENTO****Esquema 10****MICROMÉTRICO PARA DESLOCAMENTO DE TUBO
PITOT ATRAVÉS DO DUTO DE AR**

ANEXO 02

DADOS DE CALIBRAÇÃO

Tabela No. A.2.1: Calibração do volume de referência

Balança Eletrônica KLB - Carga máxima 16,995kg

Temp. água = 24,0°C; temp. ambiente = 23,8°C; tara = 815g

Pesagens (-)	Leitura1 (9:00)	Leitura2 (13:20)	Leitura3 (15:00)	Sobra (15:00)	
1	14,850	14,920	14,820	0,008	
2	14,845	14,910	14,900	0,013	
3	14,880	14,855	14,905	0,005	
4	14,785	14,845	14,865	0,008	
5	14,895	14,905	14,875	0,007	
6	14,975	14,815	14,855	0,007	
7	14,890	14,855	14,975	0,007	
8	14,955	14,910	14,870	0,008	
9	14,945	14,880	14,900	0,008	
10	14,930	14,955	14,855	0,007	
11	14,860	14,890	14,740	0,012	
12	14,845	14,850	14,855	0,009	
13	14,920	14,935	14,805	0,012	
14	14,850	14,925	14,915	0,011	
15	14,865	14,900	14,895	0,008	
16	14,815	14,820	14,885	0,011	
17	14,890	14,950	14,910	0,012	
18	14,925	14,915	14,865	0,010	
19	14,910	14,900	14,800	0,012	
20	14,960	14,890	14,885	0,007	
21	14,880	14,885	14,895	0,007	
22	14,845	14,920	14,835	0,009	
23	14,835	14,830	14,905	0,008	
24	14,865	14,940	14,910	0,008	
25	14,840	14,865	14,820	0,010	
26	14,880	14,890	14,875	0,007	
27	14,865	14,910	14,915	0,007	
28	14,880	14,890	14,865	0,009	
29	14,860	14,890	14,910	0,007	
30	14,910	14,880	14,895	0,012	
31	14,850	14,890	14,890	0,011	
32	14,915	14,900	14,925	0,010	
33	14,840	14,930	14,880	0,011	MÉDIA GER.
34	14,840	14,910	14,845	0,011	14,88100
35	14,825	14,845	14,935	0,007	0,04062
36	14,905	14,910	14,830	0,010	
37	14,875	14,885	14,905	0,010	
38	14,850	14,900	14,895	0,012	
39	14,810	14,940	14,830	0,011	
40	14,855	14,870	14,865	0,009	MÉD.GER.COR.
MÉDIA	14,87538	14,89263	14,87500	0,00920	14,87180
DESV.PDR	0,04243	0,03389	0,04241	0,00200	0,04067

TABELA A2.2: Calibração do reservatório de medida

Data: 9/04/94			Horário: 9:50			Tamb.: 22,5		
Vols. vertidos (unid.)	Vols. vertidos (m3)	Leit. piezôm. (m)	Vols. vertidos (unid.)	Vols. vertidos (m3)	Leit. piezôm. (m)			
1	0,0149	--	43	0,6413	0,7900			
2	0,0298	--	44	0,6562	0,8110			
3	0,0447	--	45	0,6711	0,8320			
4	0,0597	--	46	0,6860	0,8535			
5	0,0746	--	47	0,7010	0,8740			
6	0,0895	--	48	0,7159	0,8955			
7	0,1044	--	49	0,7308	0,9170			
8	0,1193	--	50	0,7457	0,9390			
9	0,1342	--	51	0,7606	0,9595			
10	0,1491	--	52	0,7755	0,9800			
11	0,1641	--	53	0,7904	1,0010			
12	0,1790	0,1405	54	0,8054	1,0220			
13	0,1939	0,1615	55	0,8203	1,0430			
14	0,2088	0,1820	56	0,8352	1,0635			
15	0,2237	0,2035	57	0,8501	1,0845			
16	0,2386	0,2245	58	0,8650	1,1050			
17	0,2535	0,2450	59	0,8799	1,1255			
18	0,2685	0,2660	60	0,8948	1,1460			
19	0,2834	0,2870	61	0,9098	1,1675			
20	0,2983	0,3080	62	0,9247	1,1880			
21	0,3132	0,3290	63	0,9396	1,2085			
22	0,3281	0,3500	64	0,9545	1,2295			
23	0,3430	0,3710	65	0,9694	1,2505			
24	0,3579	0,3915	66	0,9843	1,2715			
25	0,3729	0,4120	67	0,9992	1,2925			
26	0,3878	0,4330	68	1,0142	1,3135			
27	0,4027	0,4545	69	1,0291	1,3345			
28	0,4176	0,4755	70	1,0440	1,3550			
29	0,4325	0,4970	71	1,0589	1,3755			
30	0,4474	0,5175	72	1,0738	1,3965			
31	0,4623	0,5385	73	1,0887	1,4170			
32	0,4772	0,5595	74	1,1036	1,4375			
33	0,4922	0,5805	75	1,1186	1,4590			
34	0,5071	0,6010	76	1,1335	1,4800			
35	0,5220	0,6215	77	1,1484	1,5010			
36	0,5369	0,6425	78	1,1633	1,5215			
37	0,5518	0,6640	79	1,1782	1,5415			
38	0,5667	0,6855	80	1,1931	1,5630			
39	0,5816	0,7060	81	1,2080	1,5845			
40	0,5966	0,7270	82	1,2229	1,6050			
41	0,6115	0,7485	83	1,2379	1,6265			
42	0,6264	0,7690	84	1,2528	1,6465			
			85	1,2677	1,6675			

TABELA A2.3: Calibração do reservatório de referência

Data: 21/04/94 Tamb.: 28,0 Tágua: 23,0

No. volume -	Leit. piezômetro (cm)								
	9:33 28,0°C	Vol. vertido (litros)	Horário Leitura	10:56 28,5°C	Vol. vertido (litros)	Horário Leitura	12:14 30,8°C	Vol. vertido (litros)	Horário Leitura
1	161,90	1232,10	9:33	161,45	1228,90	10:56	161,70	1230,68	12:14
2	161,55	1229,61	9:40	162,00	1232,81	11:00	161,70	1230,68	12:19
3	161,80	1231,39	9:46	161,65	1230,32	11:05	161,70	1230,68	12:23
4	161,45	1228,90	9:50	162,85	1238,87	11:10	161,70	1230,68	12:27
5	161,50	1229,25	9:55	161,75	1231,03	11:14	161,55	1229,61	12:31
6	162,00	1232,81	9:59	161,75	1231,03	11:18	161,45	1228,90	12:36
7	135,45	1043,64	10:03	135,55	1044,35	11:23	135,90	1046,84	12:40
8	21,80	155,33	10:16	20,90	148,92	11:29	23,30	166,02	12:52
Volume total	=>	8583,03			8586,24			8594,08	
Vazamento*	=>	10,92			5,04			10,08	
Volumes corr.	=>	8572,11			8581,20			8584,00	
Volume corr. médio=>		8579,10							

Obs.: Tomou-se a fuga média observada, após eliminação de fissuras visíveis do reboco, de 0,84l/min. durante período médio avaliado em cada corrida.

TABELA A2.4: Leituras dos cronômetros mecânico e eletrônico

CALIBRAÇÃO DO VERTEDOR (26/04/94) *** Leituras dos cronômetros mecânico e eletrônico***											
Tamb.=24,0* C; Tág.=24,0*C; Vol. calibrado =			8.580,0 litros; L= 0,788 m								
Corrida	Horário	Voltas reg.	Lâm. água	Tempos de enchimento (s)							
		no.	h (mm)	t1(ele)	t2(ele)	t3(ele)	tm(ele)	t1(mec)	t2(mec)	t3(mec)	tm(mec)
1	09:00	43,5	263,5	36,60	36,99	36,17	36,59	36,76	37,20	36,33	36,76
2	09:30	25	249,3	40,04	40,68	39,45	40,06	40,24	40,90	39,61	40,25
3	09:50	21	237,9	43,29	43,36	43,27	43,31	43,54	43,60	43,62	43,59
4	10:20	19	229,8	46,46	46,61	46,14	46,40	46,75	46,94	46,38	46,69
5	10:40	17	220,5	50,24	49,21	49,53	49,66	50,53	49,59	49,93	50,02
6	11:00	15	208,3	54,41	53,74	54,88	54,34	54,78	54,10	55,22	54,70
7	11:50	13	193,5	60,84	60,96	60,90	60,90	61,43	61,59	61,50	61,51
8	12:10	11	171,8	73,28	73,23	73,96	73,49	73,99	73,99	74,65	74,21
9	12:35	9	143,3	96,70	97,52	98,34	97,52	97,42	98,38	99,34	98,38
10	13:00	8	130,7	113,73	112,10	112,25	112,69	114,62	113,28	113,19	113,70
11	13:25	7	119,1	128,78	128,93	129,55	129,09	129,06	129,98	130,63	129,89
12	13:50	6	102,3	162,59	162,24	162,77	162,53	163,99	163,00	164,26	163,75
13	14:13	5	83,8	220,08	219,87	219,95	219,95	222,17	221,87	221,40	221,81
14	14:43	4	61,6	346,08	346,76	346,36	346,40	349,80	350,65	349,68	350,04

CALIBRAÇÃO DO VERTEDOR (29/04/94) *** Leituras dos cronômetros mecânico e eletrônico ***											
Tamb.=25,8* C; Tág.=26,7*C; Vol. calibrado =			8.580,0 litros; L= 0,788 m								
Corrida	Horário	Voltas reg.	Lâm. água	Tempos de enchimento (s)							
		no.	h (mm)	t1(mec)	t1(ele)	t2(mec)	t2(ele)	t3(mec)	t3(ele)	tm(mec)	tm(ele)
1	09:00	43,5	264,1	37,18	37,16	37,24	37,14	37,37	37,27	37,26	37,19
2	09:30	25	250,3	40,47	40,33	40,52	40,35	40,35	40,20	40,45	40,29
3	09:50	21	238,5	43,62	43,48	43,71	43,52	44,12	43,53	43,82	43,51
4	10:20	19	230,1	46,80	46,62	46,79	46,59	46,87	46,72	46,82	46,64
5	10:37	17	221,1	50,23	49,98	49,95	49,80	49,88	49,82	50,02	49,87
6	10:55	15	208,6	54,40	54,13	54,68	54,42	55,19	54,94	54,76	54,50
7	12:00	13	193,3	61,77	61,50	61,95	61,72	61,94	61,60	61,89	61,61
8	12:25	11	173,1	73,60	73,31	74,36	73,86	73,89	73,65	73,95	73,61
9	12:45	9	145,5	96,84	96,40	96,82	96,54	97,30	97,05	96,99	96,66
10	13:13	8	130,8	113,74	113,38	113,44	113,23	114,26	114,02	113,81	113,54
11	13:30	7	117,5	135,25	134,88	135,98	135,47	134,87	134,57	135,37	134,97
12	14:00	6	102,8	165,61	165,02	165,94	165,37	166,17	165,63	165,91	165,34
13	14:25	5	84,8	219,97	219,41	221,35	220,46	222,91	221,94	221,41	220,60
14	15:00	4	64,4	340,17	338,61	340,25	338,53	337,31	336,32	339,24	337,82

TABELA A2.5: Planilhas para calibração do vertedor

CALIBRAÇÃO DO VERTEDOR (26/04/94) ** Tempos medidos no cronômetro mecânico **								
Tamb.=24,0* C; Tág.=24,0*C; Vol. calibrado= 8.580,0 litros; L= .0,788 m.								
Corrida	Horário	Voltas reg. no.	Lâm. água h (mm)	Tempos de enchimento (s)				Vazão Qw (l/s)
				t1	t2	t3	tm	
1	09:00	43,5	263,5	36,76	37,20	36,33	36,76	233,4
2	09:30	25	249,3	40,24	40,90	39,61	40,25	213,2
3	09:50	21	237,9	43,54	43,60	43,62	43,59	196,8
4	10:20	19	229,8	46,75	46,94	46,38	46,69	183,8
5	10:40	17	220,5	50,53	49,59	49,93	50,02	171,5
6	11:00	15	208,3	54,78	54,10	55,22	54,70	156,9
7	11:50	13	193,5	61,43	61,59	61,50	61,51	139,5
8	12:10	11	171,8	73,99	73,99	74,65	74,21	115,6
9	12:35	9	143,3	97,42	98,38	99,34	98,38	87,2
10	13:00	8	130,7	114,62	113,28	113,19	113,70	75,5
11	13:25	7	119,1	129,06	129,98	130,63	129,89	66,1
12	13:50	6	102,3	163,99	163,00	164,26	163,75	52,4
13	14:13	5	83,8	222,17	221,87	221,40	221,81	38,7
14	14:43	4	61,6	349,80	350,65	349,68	350,04	24,5

CALIBRAÇÃO DO VERTEDOR (29/04/94) ** Tempos medidos no cronômetro mecânico **								
Tamb.=25,8* C; Tág.=26,7*C; Vol. calibrado= 8580 litros; L= 0,788 m.								
Corrida	Horário	Voltas reg. no.	Lâm. água h (mm)	Tempos de enchimento (s)				Vazão Qw (l/s)
				t1	t2	t3	tm	
1	09:00	43,5	264,1	37,18	37,24	37,37	37,26	230,3
2	09:30	25	250,3	40,47	40,52	40,35	40,45	212,1
3	09:50	21	238,5	43,62	43,71	44,12	43,82	195,8
4	10:20	19	230,1	46,8	46,79	46,87	46,82	183,3
5	10:37	17	221,1	50,23	49,95	49,88	50,02	171,5
6	10:55	15	208,6	54,4	54,68	55,19	54,76	156,7
7	12:00	13	193,3	61,77	61,95	61,94	61,89	138,6
8	12:25	11	173,1	73,6	74,36	73,89	73,95	116,0
9	12:45	9	145,5	96,84	96,82	97,3	96,99	88,5
10	13:13	8	130,8	113,7	113,44	114,26	113,81	75,4
11	13:30	7	117,5	135,3	135,98	134,87	135,37	63,4
12	14:00	6	102,8	165,6	165,94	166,17	165,91	51,7
13	14:25	5	84,8	220	221,35	222,91	221,41	38,8
14	15:00	4	64,4	340,2	340,25	337,31	339,24	25,3

TABELA A2.6: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90* e ventilador menor (AERO).

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 15/07/94 ; Tamb. 17,2 °C; HORÁRIO 10:45

Micromanômetros:

Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 152,96 ; M2= 140,28

Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) = AERO ; SUCcionando/SOPrando ==> SUC

Ângulo da válvula borboleta ==> alfa = 90

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit. pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial' (mm)	Pres. Dinâmica. diam. 1 (mm.c.a) diam. 2 (mm.c.a)		Velocidade axial diam. 1 (m/s) diam. 2 (m/s)		Velocida média (m/s)	Posição Radial (m)	Velocida édia-rai (m/s)	Produto V.r (m2/s)
(mm)	diam.1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam.1	diam. 2	diam.1	diam. 2									
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	127,47	127,47	139,90	139,90	127,21	127,21	139,89	139,89	-34,59	25,36	25,36	21,08	21,08	21,08	0,035	21,06	0,73
3,65	127,47	127,47	139,90	139,90	127,21	127,21	139,89	139,89	-34,14	25,36	25,36	21,08	21,08	21,08	0,034	21,09	0,72
4,08	127,47	127,47	140,28	140,28	127,21	127,21	140,28	140,28	-33,71	25,75	25,75	21,24	21,24	21,24	0,034	21,21	0,71
4,58	127,37	127,37	140,28	140,28	127,11	127,11	140,28	140,28	-33,21	25,85	25,85	21,28	21,28	21,28	0,033	21,23	0,71
7,77	127,37	127,37	140,28	140,28	127,11	127,11	140,28	140,28	-30,02	25,85	25,85	21,28	21,28	21,28	0,030	21,23	0,64
13,16	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	-24,63	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17	0,025	21,17	0,52
17,70	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	-20,09	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17	0,020	21,17	0,43
22,79	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	-15,00	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17	0,015	21,17	0,32
27,92	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	-9,87	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17	0,010	21,17	0,21
32,79	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	-5,00	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17	0,005	21,17	0,11
37,79	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	0,00	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17	0,000	21,17	0,00
42,79	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	5,00	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
47,66	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	9,87	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
52,79	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	15,00	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
57,88	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	20,09	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
62,42	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	24,63	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
67,81	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	30,02	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
71,00	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	33,21	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
71,50	127,63	127,63	140,28	140,28	127,37	127,37	140,28	140,28	33,71	25,59	25,59	21,17	21,17	21,17			
71,93	127,63	127,63	140,09	140,09	127,37	127,37	140,08	140,08	34,14	25,39	25,39	21,09	21,09	21,09			
72,38	127,63	127,63	139,95	139,95	127,37	127,37	139,94	139,94	34,59	25,25	25,25	21,03	21,03	21,03			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.7: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 75* e ventilador menor (AERO).

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 15/07/94 ; Tamb.= 18,2 °C; HORÁRIO 12:20

Micromanômetros:

Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 152,86 ; M2= 140,38

Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => AERO ; SUCcionando/SOPrando => SUC

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 75

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit. pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial'	Pres. Dinâmica.		Velocidade axial		Velocida média	Posição Radial	Velocida média-rai	Produto V.r
(mm)	diam.1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam.1	diam. 2	diam.1	diam. 2	(mm)	diam. 1 (mm.c.a)	diam. 2 (mm.c.a)	diam. 1 (m/s)	diam. 2 (m/s)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	133,71	133,71	139,95	139,72	133,51	133,51	139,94	139,70	-34,59	18,90	18,67	18,23	18,12	18,17	0,035	18,32	0,63
3,65	133,54	133,54	139,95	139,88	133,34	133,34	139,94	139,86	-34,14	19,07	19,00	18,31	18,28	18,30	0,034	18,40	0,63
4,08	133,54	133,54	140,31	140,27	133,34	133,34	140,31	140,27	-33,71	19,45	19,40	18,49	18,47	18,48	0,034	18,49	0,62
4,58	133,54	133,54	140,31	140,38	133,34	133,34	140,31	140,38	-33,21	19,45	19,52	18,49	18,52	18,51	0,033	18,53	0,62
7,77	133,54	133,54	140,38	140,38	133,34	133,34	140,38	140,38	-30,02	19,52	19,52	18,52	18,52	18,52	0,030	18,55	0,56
13,16	133,54	133,54	140,38	140,38	133,34	133,34	140,38	140,38	-24,63	19,52	19,52	18,52	18,52	18,52	0,025	18,54	0,46
17,70	133,54	133,54	140,38	140,38	133,34	133,34	140,38	140,38	-20,09	19,52	19,52	18,52	18,52	18,52	0,020	18,54	0,37
22,79	133,54	133,54	140,38	140,38	133,34	133,34	140,38	140,38	-15,00	19,52	19,52	18,52	18,52	18,52	0,015	18,54	0,28
27,92	133,43	133,43	140,38	140,38	133,23	133,23	140,38	140,38	-9,87	19,63	19,63	18,58	18,58	18,58	0,010	18,57	0,18
32,79	133,46	133,46	140,38	140,38	133,26	133,26	140,38	140,38	-5,00	19,60	19,60	18,56	18,56	18,56	0,005	18,56	0,09
37,79	133,46	133,46	140,38	140,38	133,26	133,26	140,38	140,38	0,00	19,60	19,60	18,56	18,56	18,56	0,000	18,56	0,00
42,79	133,46	133,46	140,38	140,38	133,26	133,26	140,38	140,38	5,00	19,60	19,60	18,56	18,56	18,56			
47,66	133,46	133,46	140,38	140,38	133,26	133,26	140,38	140,38	9,87	19,60	19,60	18,56	18,56	18,56			
52,79	133,46	133,46	140,38	140,38	133,26	133,26	140,38	140,38	15,00	19,60	19,60	18,56	18,56	18,56			
57,88	133,46	133,46	140,38	140,38	133,26	133,26	140,38	140,38	20,09	19,60	19,60	18,56	18,56	18,56			
62,42	133,46	133,46	140,38	140,38	133,26	133,26	140,38	140,38	24,63	19,60	19,60	18,56	18,56	18,56			
67,81	133,43	133,43	140,38	140,38	133,23	133,23	140,38	140,38	30,02	19,63	19,63	18,58	18,58	18,58			
71,00	133,43	133,43	140,31	140,38	133,23	133,23	140,31	140,38	33,21	19,56	19,63	18,54	18,58	18,56			
71,50	133,43	133,43	140,10	140,38	133,23	133,23	140,09	140,38	33,71	19,34	19,63	18,44	18,58	18,51			
71,93	133,35	133,35	140,00	140,29	133,15	133,15	139,99	140,29	34,14	19,32	19,62	18,43	18,57	18,50			
72,38	133,35	133,35	140,00	140,16	133,15	133,15	139,99	140,15	34,59	19,32	19,48	18,43	18,51	18,47			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.8: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 60° e ventilador menor (AERO).

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 15/07/94 ; Tamb.= 19,5 °C; HORÁRIO 14:10

Micromanômetros:

. Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 152,99 ; M2= 140,30

. Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

. Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => AERO ; SUCcionando/SOPrando => SUC

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 60

Escala do Microm. (mm)	Leit. pressão est. no bocal (M1) diam. 1 diam. 2		Leit. pressão total no bocal (M2) diam. 1 diam. 2		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2 diam. 1 diam. 2		Leit pressão total no bocal corrig. 2 diam. 1 diam. 2		Posição Radial' (mm)	Pres. Dinâmica. diam. 1 diam. 2 (mm.c.a) (mm.c.a)		Velocidade axial diam. 1 diam. 2 (m/s) (m/s)		Velocidad média (m/s)	Posição Radial (m)	Velocidad étia-rai (m/s)	Produto V.r (m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	140,58	140,58	139,58	139,62	140,45	140,45	139,56	139,60	-34,59	11,79	11,84	14,43	14,46	14,45	0,035	14,51	0,50
3,65	140,64	140,64	139,62	139,62	140,51	140,51	139,60	139,60	-34,14	11,78	11,78	14,42	14,42	14,42	0,034	14,57	0,50
4,08	140,64	140,64	140,09	140,15	140,51	140,51	140,08	140,15	-33,71	12,26	12,32	14,71	14,75	14,73	0,034	14,77	0,50
4,58	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	-33,21	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,033	14,84	0,49
7,77	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	-30,02	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,030	14,84	0,45
13,16	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	-24,63	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,025	14,84	0,37
17,70	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	-20,09	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,020	14,84	0,30
22,79	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	-15,00	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,015	14,84	0,22
27,92	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	-9,87	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,010	14,84	0,15
32,79	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	-5,00	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,005	14,84	0,07
37,79	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	0,00	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84	0,000	14,84	0,00
42,79	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	5,00	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84			
47,66	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	9,87	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84			
52,79	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	15,00	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84			
57,88	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	20,09	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84			
62,42	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	24,63	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84			
67,81	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	30,02	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84			
71,00	140,64	140,64	140,30	140,30	140,51	140,51	140,30	140,30	33,21	12,48	12,48	14,84	14,84	14,84			
71,50	140,64	140,64	140,19	140,30	140,51	140,51	140,19	140,30	33,71	12,36	12,48	14,78	14,84	14,81			
71,93	140,64	140,64	139,96	140,25	140,51	140,51	139,95	140,25	34,14	12,13	12,42	14,63	14,81	14,72			
72,38	140,61	140,61	139,80	139,85	140,48	140,48	139,78	139,84	34,59	11,99	12,04	14,55	14,58	14,57			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			



TABELA A2.9: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90° e ventilador maior (VW).

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 20/07/94 ; Tamb.= 24,0 °C; HORÁRIO 15:25

Micromanômetros:

Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 152,3 ; M2= 140,23

Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCcionando/SOPrando => SUC

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90

Escala do Microm. (mm)	Leit. pressão est. no bocal (M1) diam. 1 diam. 2	Leit. pressão total no bocal (M2) diam. 1 diam. 2	Leit. pressão est. no bocal corrig. 2 diam. 1 diam. 2	Leit. pressão total no bocal corrig. 2 diam. 1 diam. 2	Posição Radial' (mm)	Pres. Dinâmica. diam. 1 (mm.c.a) diam. 2 (mm.c.a)	Velocidade axial diam. 1 (m/s) diam. 2 (m/s)	Velocidad média (m/s)	Posição Radial (mm)	Velocidad édia-rai (m/s)	Produto V.r (m2/s)
2,30	-	-	-	-	-35,49	-	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	101,13 101,38	140,00 140,04	100,61 100,86	139,99 140,03	-34,59	51,46 51,24	30,38 30,31	30,35	0,035	30,35	1,05
3,65	101,13 101,38	140,12 140,06	100,61 100,86	140,12 140,05	-34,14	51,58 51,26	30,41 30,32	30,37	0,034	30,37	1,04
4,08	101,13 101,38	140,17 140,21	100,61 100,86	140,17 140,21	-33,71	51,63 51,42	30,43 30,37	30,40	0,034	30,39	1,02
4,58	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	-33,21	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,033	30,41	1,01
7,77	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	-30,02	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,030	30,41	0,91
13,16	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	-24,63	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,025	30,41	0,75
17,70	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	-20,09	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,020	30,41	0,61
22,79	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	-15,00	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,015	30,41	0,46
27,92	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	-9,87	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,010	30,41	0,30
32,79	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	-5,00	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,005	30,41	0,15
37,79	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	0,00	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41	0,000	30,41	0,00
42,79	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	5,00	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41			
47,66	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	9,87	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41			
52,79	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	15,00	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41			
57,88	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	20,09	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41			
62,42	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	24,63	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41			
67,81	101,13 101,38	140,23 140,23	100,61 100,86	140,23 140,23	30,02	51,69 51,44	30,45 30,37	30,41			
71,00	101,13 101,38	140,23 140,22	100,61 100,86	140,23 140,22	33,21	51,69 51,43	30,45 30,37	30,41			
71,50	101,13 101,38	140,17 140,18	100,61 100,86	140,17 140,18	33,71	51,63 51,39	30,43 30,36	30,39			
71,93	101,13 101,38	140,15 140,11	100,61 100,86	140,15 140,11	34,14	51,61 51,32	30,42 30,34	30,38			
72,38	101,13 101,38	140,07 140,06	100,61 100,86	140,07 140,05	34,59	51,53 51,26	30,40 30,32	30,36			
73,28	-	-	-	-	35,49	-	0,00	0,00			

K2= 33.4672611

[illegible]

TABELA A2.11: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90° e ventilador maior (VW) soprando.

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 27/07/94 ; Tamb.= 24,0 °C; HORÁRIO 13:50

Micromanômetros:

Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 195,61 ; M2= 197,33

Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCcionando/SOPrando => SOP

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit. pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial' (mm)	Pres. Dinâmica. diam. 1 (mm.c.a) diam. 2 (mm.c.a)		Velocidade axial diam. 1 (m/s) diam. 2 (m/s)		Velocidad média (m/s)	Posição Radial (m)	Velocidad édin-rai (m/s)	Produto V.r (m2/s)
(mm)	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2									
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	142,64	142,69	107,95	108,01	140,96	141,01	107,06	107,12	-34,59	32,18	32,17	24,02	24,02	24,02	0,035	23,70	0,82
3,65	142,64	142,72	107,78	107,91	140,96	141,04	106,88	107,01	-34,14	32,35	32,30	24,09	24,07	24,08	0,034	23,76	0,81
4,08	142,83	142,74	107,75	107,91	141,15	141,06	106,85	107,01	-33,71	32,58	32,33	24,17	24,08	24,12	0,034	23,81	0,80
4,58	142,83	142,77	107,78	107,97	141,15	141,09	106,88	107,08	-33,21	32,55	32,30	24,16	24,07	24,11	0,033	23,90	0,79
7,77	142,83	142,85	107,64	108,36	141,15	141,17	106,74	107,47	-30,02	32,69	31,98	24,21	23,95	24,08	0,030	24,03	0,72
13,16	142,77	142,85	107,18	108,43	141,09	141,17	106,28	107,54	-24,63	33,09	31,91	24,36	23,92	24,14	0,025	24,12	0,59
17,70	142,67	142,85	106,73	107,95	140,99	141,17	105,82	107,06	-20,09	33,45	32,40	24,49	24,10	24,30	0,020	24,23	0,49
22,79	142,67	142,85	106,72	107,65	140,99	141,17	105,81	106,75	-15,00	33,46	32,70	24,49	24,22	24,35	0,015	24,33	0,36
27,92	142,67	142,99	106,96	107,56	140,99	141,32	106,06	106,66	-9,87	33,21	32,94	24,40	24,30	24,35	0,010	24,37	0,24
32,79	142,99	142,99	107,19	107,56	141,32	141,32	106,29	106,66	-5,00	33,31	32,94	24,44	24,30	24,37	0,005	24,40	0,12
37,79	142,99	142,93	107,33	107,35	141,32	141,26	106,43	106,45	0,00	33,17	33,09	24,39	24,36	24,37	0,000	24,37	0,00
42,79	142,99	142,98	107,29	107,10	141,32	141,31	106,39	106,20	5,00	33,21	33,39	24,40	24,47	24,44			
47,66	143,07	142,98	107,48	107,30	141,40	141,31	106,58	106,40	9,87	33,10	33,19	24,36	24,40	24,38			
52,79	143,07	142,98	107,62	107,59	141,40	141,31	106,72	106,69	15,00	32,96	32,90	24,31	24,29	24,30			
57,88	143,07	143,07	107,72	108,35	141,40	141,40	106,82	107,46	20,09	32,86	32,22	24,27	24,04	24,16			
62,42	143,10	143,07	107,75	108,64	141,43	141,40	106,85	107,75	24,63	32,86	31,93	24,27	23,93	24,10			
67,81	143,10	143,07	108,43	108,66	141,43	141,40	107,54	107,77	30,02	32,17	31,91	24,02	23,92	23,97			
71,00	143,18	143,10	109,59	109,05	141,51	141,43	108,71	108,17	33,21	31,08	31,54	23,61	23,78	23,70			
71,50	143,18	143,10	109,64	110,07	141,51	141,43	108,76	109,20	33,71	31,03	30,51	23,59	23,39	23,49			
71,93	143,12	143,10	109,83	110,07	141,45	141,43	108,95	109,20	34,14	30,78	30,51	23,49	23,39	23,44			
72,38	143,10	143,10	110,01	110,15	141,43	141,43	109,14	109,28	34,59	30,58	30,43	23,42	23,36	23,39			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.12: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90° (A) e ventilador maior (VW) soprando.

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 21/09/94 ; Tamb.= 28,0 °C; HORÁRIO 13:00

Micromanômetros:

Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 183,10 ; M2= 188,11

Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCcionando/SOPrando => SOP

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90 Reg. da sucção: 18 voltas (aberto)

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit. pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial'	Pres. Dinâmica.		Velocidade axial		Velocidad média	Posição Radial	Velocidad édia-rai	Produto V.r
(mm)	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	(mm)	diam. 1 (mm.c.a)	diam. 2 (mm.c.a)	diam. 1 (m/s)	diam. 2 (m/s)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	135,21	135,21	101,40	101,40	133,58	133,58	100,57	100,57	-34,59	28,01	28,01	22,56	22,56	22,56	0,035	23,20	0,80
3,65	135,21	135,21	101,27	101,27	133,58	133,58	100,43	100,43	-34,14	28,14	28,14	22,61	22,61	22,61	0,034	23,23	0,79
4,08	135,21	135,21	100,88	100,88	133,58	133,58	100,04	100,04	-33,71	28,53	28,53	22,77	22,77	22,77	0,034	23,33	0,79
4,58	135,21	135,21	99,12	99,12	133,58	133,58	98,26	98,26	-33,21	30,31	30,31	23,47	23,47	23,47	0,033	23,62	0,78
7,77	135,21	135,21	98,38	98,38	133,58	133,58	97,52	97,52	-30,02	31,06	31,06	23,76	23,76	23,76	0,030	23,81	0,71
13,16	135,37	135,37	98,13	98,13	133,75	133,75	97,26	97,26	-24,63	31,47	31,47	23,92	23,92	23,92	0,025	23,86	0,59
17,70	135,37	135,37	97,77	97,77	133,75	133,75	96,90	96,90	-20,09	31,84	31,84	24,05	24,05	24,05	0,020	24,09	0,48
22,79	135,37	135,37	97,77	97,77	133,75	133,75	96,90	96,90	-15,00	31,84	31,84	24,05	24,05	24,05	0,015	24,11	0,36
27,92	135,37	135,37	97,72	97,72	133,75	133,75	96,85	96,85	-9,87	31,89	31,89	24,07	24,07	24,07	0,010	24,12	0,24
32,79	135,37	135,37	97,64	97,64	133,75	133,75	96,77	96,77	-5,00	31,97	31,97	24,10	24,10	24,10	0,005	24,13	0,12
37,79	135,37	135,37	97,50	97,50	133,75	133,75	96,63	96,63	0,00	32,11	32,11	24,16	24,16	24,16	0,000	24,16	0,00
42,79	135,37	135,37	97,50	97,50	133,75	133,75	96,63	96,63	5,00	32,11	32,11	24,16	24,16	24,16			
47,66	135,37	135,37	97,50	97,50	133,75	133,75	96,63	96,63	9,87	32,11	32,11	24,16	24,16	24,16			
52,79	135,37	135,37	97,50	97,50	133,75	133,75	96,63	96,63	15,00	32,11	32,11	24,16	24,16	24,16			
57,88	135,58	135,58	97,80	97,80	133,96	133,96	96,93	96,93	20,09	32,02	32,02	24,12	24,12	24,12			
62,42	135,58	135,58	98,64	98,64	133,96	133,96	97,78	97,78	24,63	31,18	31,18	23,80	23,80	23,80			
67,81	135,58	135,58	98,48	98,48	133,96	133,96	97,62	97,62	30,02	31,34	31,34	23,86	23,86	23,86			
71,00	135,58	135,58	98,71	98,71	133,96	133,96	97,85	97,85	33,21	31,11	31,11	23,78	23,78	23,78			
71,50	135,89	135,89	98,71	98,71	134,28	134,28	97,85	97,85	33,71	31,42	31,42	23,90	23,90	23,90			
71,93	135,89	135,89	98,86	98,86	134,28	134,28	98,00	98,00	34,14	31,27	31,27	23,84	23,84	23,84			
72,38	135,89	135,89	98,86	98,86	134,28	134,28	98,00	98,00	34,59	31,27	31,27	23,84	23,84	23,84			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.13: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90* (B) e ventilador maior (VW) soprando.

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 21/09/94 ; Tamb.= 28,0 °C; HORÁRI 13:00

Micromanômetros:

. Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 183,10 ; M2= 188,11

. Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

. Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCcionando/SOPrando => SOP

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90 Reg. da sucção: 18 voltas (aberto)

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial'	Pres. Dinâmica.		Velocidade axial		Velocidad	Posição Radial	Velocidad	Produto
(mm)	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	(mm)	diam. 1 (mm.c.a)	diam. 2 (mm.c.a)	diam. 1 (m/s)	diam. 2 (m/s)	média (m/s)	(m)	édia-rai (m/s)	V.r (m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	131,66	131,66	97,79	97,79	129,92	129,92	96,92	96,92	-34,59	27,99	27,99	22,56	22,56	22,56	0,035	23,46	0,81
3,65	131,66	131,66	97,79	97,79	129,92	129,92	96,92	96,92	-34,14	27,99	27,99	22,56	22,56	22,56	0,034	23,49	0,80
4,08	131,66	131,66	97,40	97,40	129,92	129,92	96,53	96,53	-33,71	28,39	28,39	22,71	22,71	22,71	0,034	23,60	0,80
4,58	131,66	131,66	95,32	95,32	129,92	129,92	94,42	94,42	-33,21	30,49	30,49	23,54	23,54	23,54	0,033	24,04	0,80
7,77	131,66	131,66	93,90	95,32	129,92	129,92	92,99	94,42	-30,02	31,92	30,49	24,09	23,54	23,81	0,030	24,15	0,73
13,16	131,84	131,84	93,90	93,90	130,11	130,11	92,99	92,99	-24,63	32,11	32,11	24,16	24,16	24,16	0,025	24,40	0,60
17,70	131,84	131,84	93,33	93,33	130,11	130,11	92,41	92,41	-20,09	32,68	32,68	24,37	24,37	24,37	0,020	24,55	0,49
22,79	131,84	131,84	92,78	92,78	130,11	130,11	91,86	91,86	-15,00	33,24	33,24	24,58	24,58	24,58	0,015	24,69	0,37
27,92	131,84	131,84	92,65	92,65	130,11	130,11	91,73	91,73	-9,87	33,37	33,37	24,63	24,63	24,63	0,010	24,73	0,24
32,79	131,84	131,84	92,45	92,45	130,11	130,11	91,52	91,52	-5,00	33,57	33,57	24,70	24,70	24,70	0,005	24,73	0,12
37,79	131,84	131,84	92,37	92,45	130,11	130,11	91,44	91,52	0,00	33,65	33,57	24,73	24,70	24,72	0,000	24,72	0,00
42,79	131,89	131,89	92,37	92,37	130,16	130,16	91,44	91,44	5,00	33,71	33,71	24,75	24,75	24,75			
47,66	131,89	131,89	92,14	92,14	130,16	130,16	91,21	91,21	9,87	33,94	33,94	24,84	24,84	24,84			
52,79	131,89	131,89	92,21	92,21	130,16	130,16	91,28	91,28	15,00	33,87	33,87	24,81	24,81	24,81			
57,88	131,89	131,89	92,42	92,42	130,16	130,16	91,49	91,49	20,09	33,66	33,66	24,73	24,73	24,73			
62,42	131,89	131,89	92,66	92,66	130,16	130,16	91,74	91,74	24,63	33,41	33,41	24,64	24,64	24,64			
67,81	131,89	131,89	93,07	93,07	130,16	130,16	92,15	92,15	30,02	33,00	33,00	24,49	24,49	24,49			
71,00	132,23	132,23	93,29	93,29	130,51	130,51	92,37	92,37	33,21	33,13	33,13	24,54	24,54	24,54			
71,50	132,23	132,23	93,40	93,40	130,51	130,51	92,48	92,48	33,71	33,02	33,02	24,50	24,50	24,50			
71,93	132,23	132,23	93,60	93,60	130,51	130,51	92,69	92,69	34,14	32,81	32,81	24,42	24,42	24,42			
72,38	132,23	132,23	93,73	93,73	130,51	130,51	92,82	92,82	34,59	32,68	32,68	24,37	24,37	24,37			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.14: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90* (C) e ventilador maior (VW) soprando.

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 21/09/94 ; Tamb.= 28,0 *C; HORÁRIO 13:00

Micromanômetros:

. Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 183,10 ; M2= 188,11

. Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

. Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCeionando/SOPrando => SOP

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90 Reg. da sucção: 11 voltas

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial'	Pres. Dinâmica.		Velocidade axial		Velocidad média	Posição Radial	Velocidad édin-rai	Produto V.r
(mm)	diam.1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam.1	diam. 2	diam.1	diam. 2	(mm)	diam. 1 (mm.c.a)	diam. 2 (mm.c.a)	diam. 1 (m/s)	diam. 2 (m/s)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	145,53	144,94	118,05	118,37	144,22	143,61	117,39	117,71	-34,59	21,82	20,89	19,92	19,49	19,70	0,035	20,34	0,70
3,65	145,53	144,94	118,05	118,37	144,22	143,61	117,39	117,71	-34,14	21,82	20,89	19,92	19,49	19,70	0,034	20,34	0,69
4,08	145,53	144,94	117,75	117,87	144,22	143,61	117,08	117,20	-33,71	22,13	21,40	20,05	19,72	19,89	0,034	20,51	0,69
4,58	145,53	144,94	116,39	117,28	144,22	143,61	115,71	116,61	-33,21	23,50	21,99	20,67	19,99	20,33	0,033	20,76	0,69
7,77	145,53	144,94	115,63	115,50	144,22	143,61	114,94	114,81	-30,02	24,27	23,79	21,00	20,79	20,90	0,030	21,07	0,63
13,16	145,53	144,94	115,43	115,36	144,22	143,61	114,74	114,67	-24,63	24,47	23,93	21,09	20,86	20,97	0,025	21,17	0,52
17,70	145,53	144,97	114,81	114,85	144,22	143,64	114,11	114,15	-20,09	25,10	24,48	21,36	21,09	21,22	0,020	21,39	0,43
22,79	145,55	144,97	114,49	114,24	144,24	143,64	113,79	113,54	-15,00	25,44	25,10	21,50	21,36	21,43	0,015	21,53	0,32
27,92	145,55	144,97	114,38	114,05	144,24	143,64	113,68	113,35	-9,87	25,55	25,29	21,55	21,44	21,49	0,010	21,56	0,21
32,79	145,55	144,97	114,27	114,05	144,24	143,64	113,57	113,35	-5,00	25,66	25,29	21,60	21,44	21,52	0,005	21,53	0,11
37,79	145,55	144,97	114,24	114,05	144,24	143,64	113,54	113,35	0,00	25,69	25,29	21,61	21,44	21,52	0,000	21,52	0,00
42,79	145,55	144,97	114,18	113,97	144,24	143,64	113,48	113,26	5,00	25,75	25,37	21,63	21,47	21,55			
47,66	145,55	144,97	114,18	113,60	144,24	143,64	113,48	112,89	9,87	25,75	25,74	21,63	21,63	21,63			
52,79	145,55	144,97	114,18	113,60	144,24	143,64	113,48	112,89	15,00	25,75	25,74	21,63	21,63	21,63			
57,88	145,55	144,97	114,18	113,99	144,24	143,64	113,48	113,28	20,09	25,75	25,35	21,63	21,46	21,55			
62,42	145,55	144,97	114,61	114,40	144,24	143,64	113,91	113,70	24,63	25,32	24,93	21,45	21,29	21,37			
67,81	145,58	144,97	115,08	114,57	144,27	143,64	114,39	113,87	30,02	24,88	24,76	21,26	21,21	21,24			
71,00	145,58	144,98	115,08	114,82	144,27	143,65	114,39	114,12	33,21	24,88	24,52	21,26	21,11	21,19			
71,50	145,58	144,98	115,33	114,82	144,27	143,65	114,64	114,12	33,71	24,62	24,52	21,15	21,11	21,13			
71,93	145,58	144,98	115,55	115,33	144,27	143,65	114,86	114,64	34,14	24,40	24,00	21,06	20,89	20,97			
72,38	145,58	144,98	115,55	115,33	144,27	143,65	114,86	114,64	34,59	24,40	24,00	21,06	20,89	20,97			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.15: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90° (D) e ventilador maior (VW) soprando.

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 21/09/94 ; Tamb.= 28,0 °C; HORÁRIO 13:00

Micromanômetros:

Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 183,10 ; M2= 188,11

Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCcionando/SOPrando => SOP

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90 Reg. da sucção: 6 voltas

Escala do Microm. (mm)	Leit. pressão est. no bocal (M1) diam. 1 diam. 2		Leit. pressão total no bocal (M2) diam. 1 diam. 2		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2 diam. 1 diam. 2		Leit. pressão total no bocal corrig. 2 diam. 1 diam. 2		Posição Radial' (mm)	Pres. Dinâmica. diam. 1 diam. 2 (mm.c.a)		Velocidade axial diam. 1 diam. 2 (m/s)		Velocidad média (m/s)	Posição Radial (m)	Velocidad édia-rai (m/s)	Produto V.r (m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	163,62	162,71	146,71	144,58	162,87	161,93	146,34	144,19	-34,59	11,52	12,73	14,47	15,21	14,84	0,035	15,36	0,53
3,65	163,62	162,71	146,62	144,09	162,87	161,93	146,25	143,69	-34,14	11,61	13,23	14,53	15,50	15,01	0,034	15,46	0,53
4,08	163,62	162,71	146,62	144,09	162,87	161,93	146,25	143,69	-33,71	11,61	13,23	14,53	15,50	15,01	0,034	15,47	0,52
4,58	163,62	162,71	145,28	143,50	162,87	161,93	144,89	143,10	-33,21	12,96	13,82	15,35	15,85	15,60	0,033	15,78	0,52
7,77	163,62	162,87	144,27	143,50	162,87	162,09	143,87	143,10	-30,02	13,98	13,99	15,94	15,94	15,94	0,030	15,94	0,48
13,16	163,72	162,87	144,27	143,50	162,97	162,09	143,87	143,10	-24,63	14,09	13,99	16,00	15,94	15,97	0,025	16,07	0,40
17,70	163,72	162,87	144,17	143,48	162,97	162,09	143,77	143,08	-20,09	14,19	14,01	16,06	15,96	16,01	0,020	16,09	0,32
22,79	163,72	162,87	143,93	143,48	162,97	162,09	143,53	143,08	-15,00	14,43	14,01	16,19	15,96	16,07	0,015	16,15	0,24
27,92	163,72	162,87	143,76	143,48	162,97	162,09	143,36	143,08	-9,87	14,60	14,01	16,29	15,96	16,12	0,010	16,20	0,16
32,79	163,72	162,99	143,70	143,48	162,97	162,22	143,30	143,08	-5,00	14,66	14,13	16,32	16,03	16,17	0,005	16,21	0,08
37,79	163,72	162,99	143,70	143,44	162,97	162,22	143,30	143,04	0,00	14,66	14,17	16,32	16,05	16,19	0,000	16,19	0,00
42,79	163,84	162,99	143,70	143,33	163,09	162,22	143,30	142,92	5,00	14,79	14,28	16,39	16,11	16,25			
47,66	163,84	162,99	143,59	143,33	163,09	162,22	143,19	142,92	9,87	14,90	14,28	16,45	16,11	16,28			
52,79	163,84	162,99	143,61	143,54	163,09	162,22	143,21	143,14	15,00	14,88	14,07	16,44	15,99	16,22			
57,88	163,84	162,99	143,61	143,68	163,09	162,22	143,21	143,28	20,09	14,88	13,93	16,44	15,91	16,18			
62,42	163,84	163,35	143,71	143,96	163,09	162,59	143,31	143,56	24,63	14,78	14,02	16,39	15,96	16,17			
67,81	163,84	163,35	144,17	144,31	163,09	162,59	143,77	143,91	30,02	14,31	13,66	16,13	15,76	15,94			
71,00	163,91	163,35	144,17	144,31	163,17	162,59	143,77	143,91	33,21	14,38	13,66	16,17	15,76	15,96			
71,50	163,91	163,35	144,32	144,31	163,17	162,59	143,92	143,91	33,71	14,23	13,66	16,08	15,76	15,92			
71,93	163,91	163,35	144,32	144,35	163,17	162,59	143,92	143,95	34,14	14,23	13,62	16,08	15,74	15,91			
72,38	163,91	163,35	144,32	144,45	163,17	162,59	143,92	144,06	34,59	14,23	13,52	16,08	15,68	15,88			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.16: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90° (E) e ventilador maior (VW) soprando.

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 22/09/94 ; Tamb.= 23,8 °C; HORÁRIO 8:45

Micromanômetros:

. Leituras de referência dos micromanômetros :

M1= 183,28 ; M2= 187,77

. Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

. Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCcionando/SOPrando => SOP

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90 Reg. da sucção: 3 voltas

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit. pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial'	Pres. Dinâmica.		Velocidade axial		Velocidad média	Posição Radial	Velocidad média-rai	Produto V.r
(mm)	diam.1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam.1	diam. 2	diam.1	diam. 2	(mm)	diam. 1 (mm.c.a)	diam. 2 (mm.c.a)	diam. 1 (m/s)	diam. 2 (m/s)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	179,82	180,17	170,84	171,97	179,58	179,94	170,71	171,85	-34,59	4,37	3,59	8,85	8,02	8,44	0,035	8,82	0,31
3,65	179,82	180,17	170,63	171,97	179,58	179,94	170,50	171,85	-34,14	4,58	3,59	9,06	8,02	8,54	0,034	8,87	0,30
4,08	179,82	180,17	170,63	171,97	179,58	179,94	170,50	171,85	-33,71	4,58	3,59	9,06	8,02	8,54	0,034	8,91	0,30
4,58	179,82	180,17	170,46	171,14	179,58	179,94	170,33	171,02	-33,21	4,76	4,43	9,23	8,91	9,07	0,033	9,20	0,31
7,77	179,82	180,17	170,46	170,82	179,58	179,94	170,33	170,69	-30,02	4,76	4,75	9,23	9,23	9,23	0,030	9,28	0,28
13,16	179,82	180,17	170,57	170,74	179,58	179,94	170,44	170,61	-24,63	4,65	4,83	9,12	9,31	9,22	0,025	9,30	0,23
17,70	179,82	180,17	170,53	170,72	179,58	179,94	170,40	170,59	-20,09	4,69	4,85	9,16	9,33	9,25	0,020	9,33	0,19
22,79	180,02	180,17	170,53	170,64	179,78	179,94	170,40	170,51	-15,00	4,89	4,94	9,36	9,40	9,38	0,015	9,41	0,14
27,92	180,02	180,20	170,53	170,62	179,78	179,97	170,40	170,49	-9,87	4,89	4,99	9,36	9,45	9,41	0,010	9,42	0,09
32,79	180,02	180,20	170,53	170,62	179,78	179,97	170,40	170,49	-5,00	4,89	4,99	9,36	9,45	9,41	0,005	9,42	0,05
37,79	180,02	180,20	170,53	170,62	179,78	179,97	170,40	170,49	0,00	4,89	4,99	9,36	9,45	9,41	0,000	9,41	0,00
42,79	180,02	180,20	170,53	170,56	179,78	179,97	170,40	170,43	5,00	4,89	5,05	9,36	9,51	9,44			
47,66	180,02	180,20	170,53	170,56	179,78	179,97	170,40	170,43	9,87	4,89	5,05	9,36	9,51	9,44			
52,79	180,02	180,20	170,53	170,56	179,78	179,97	170,40	170,43	15,00	4,89	5,05	9,36	9,51	9,44			
57,88	180,08	180,20	170,59	170,59	179,84	179,97	170,46	170,46	20,09	4,89	5,02	9,36	9,48	9,42			
62,42	180,08	180,20	170,65	170,63	179,84	179,97	170,52	170,50	24,63	4,83	4,98	9,31	9,44	9,37			
67,81	180,08	180,20	170,69	170,68	179,84	179,97	170,56	170,55	30,02	4,79	4,93	9,27	9,40	9,33			
71,00	180,08	180,20	170,71	170,68	179,84	179,97	170,58	170,55	33,21	4,77	4,93	9,25	9,40	9,32			
71,50	180,08	180,20	170,73	170,76	179,84	179,97	170,60	170,63	33,71	4,75	4,84	9,23	9,32	9,27			
71,93	180,08	180,20	170,87	170,76	179,84	179,97	170,74	170,63	34,14	4,61	4,84	9,09	9,32	9,20			
72,38	180,08	180,20	170,87	170,76	179,84	179,97	170,74	170,63	34,59	4,61	4,84	9,09	9,32	9,20			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

TABELA A2.17: Planilha típica para calibração do duto de ar "alfa"= 90° (F) e ventilador maior (VW) soprando.

CALIBRAÇÃO DO DUTO DE AR

DATA: 22/09/94 ; Tamb.= 23,8 °C; HORÁRIO 8:45

Micromanômetros:

Leituras de referência dos micromanômetros:

M1= 183,28 ; M2= 187,77

Diâmetros de reservatórios e tubo vertical:

D1 (mm) 71,65 D2 (mm) 41,67 d (mm) = 7,20

Fatores de correção das leituras:

K1= 98,95 ; K2= 33,47

Ventilador (VW/AERO) => VW ; SUCcionando/SOPrando => SOP

Ângulo da válvula borboleta => alfa = 90 Reg. da sucção: 1.5 voltas

Escala do Microm.	Leit. pressão est. no bocal (M1)		Leit. pressão total no bocal (M2)		Leit. pressão est. no bocal corrig. 2		Leit. pressão total no bocal corrig. 2		Posição Radial'	Pres. Dinâmica.		Velocidade axial		Velocidad média	Posição Radial	Velocidad média-rad	Produto V.r
(mm)	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	diam. 1	diam. 2	(mm)	diam. 1 (mm.c.a)	diam. 2 (mm.c.a)	diam. 1 (m/s)	diam. 2 (m/s)	(m/s)	(m)	(m/s)	(m2/s)
2,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-35,49	-	-	0,00	0,00	0,00	0,035	0,00	0,00
3,20	186,28	186,19	181,21	180,68	186,23	186,14	181,19	180,65	-34,59	0,56	1,00	3,15	4,23	3,69	0,035	4,10	0,14
3,65	186,28	186,19	181,21	180,68	186,23	186,14	181,19	180,65	-34,14	0,56	1,00	3,15	4,23	3,69	0,034	4,10	0,14
4,08	186,28	186,19	181,17	180,68	186,23	186,14	181,15	180,65	-33,71	0,60	1,00	3,27	4,23	3,75	0,034	4,12	0,14
4,58	186,28	186,19	180,90	180,52	186,23	186,14	180,88	180,49	-33,21	0,87	1,16	3,94	4,56	4,25	0,033	4,39	0,15
7,77	186,28	186,19	180,71	180,52	186,23	186,14	180,68	180,49	-30,02	1,06	1,16	4,36	4,56	4,46	0,030	4,51	0,14
13,16	186,28	186,24	180,68	180,52	186,23	186,19	180,65	180,49	-24,63	1,09	1,21	4,42	4,66	4,54	0,025	4,56	0,11
17,70	186,28	186,24	180,68	180,52	186,23	186,19	180,65	180,49	-20,09	1,09	1,21	4,42	4,66	4,54	0,020	4,56	0,09
22,79	186,28	186,24	180,68	180,52	186,23	186,19	180,65	180,49	-15,00	1,09	1,21	4,42	4,66	4,54	0,015	4,55	0,07
27,92	186,28	186,24	180,68	180,52	186,23	186,19	180,65	180,49	-9,87	1,09	1,21	4,42	4,66	4,54	0,010	4,56	0,05
32,79	186,28	186,24	180,66	180,52	186,23	186,19	180,63	180,49	-5,00	1,11	1,21	4,46	4,66	4,56	0,005	4,57	0,02
37,79	186,28	186,24	180,64	180,52	186,23	186,19	180,61	180,49	0,00	1,13	1,21	4,50	4,66	4,58	0,000	4,58	0,00
42,79	186,28	186,24	180,64	180,52	186,23	186,19	180,61	180,49	5,00	1,13	1,21	4,50	4,66	4,58			
47,66	186,28	186,24	180,64	180,52	186,23	186,19	180,61	180,49	9,87	1,13	1,21	4,50	4,66	4,58			
52,79	186,28	186,24	180,64	180,55	186,23	186,19	180,61	180,52	15,00	1,13	1,18	4,50	4,60	4,55			
57,88	186,28	186,24	180,62	180,55	186,23	186,19	180,59	180,52	20,09	1,15	1,18	4,54	4,60	4,57			
62,42	186,28	186,24	180,62	180,55	186,23	186,19	180,59	180,52	24,63	1,15	1,18	4,54	4,60	4,57			
67,81	186,28	186,24	180,62	180,55	186,23	186,19	180,59	180,52	30,02	1,15	1,18	4,54	4,60	4,57			
71,00	186,28	186,24	180,62	180,59	186,23	186,19	180,59	180,56	33,21	1,15	1,14	4,54	4,52	4,53			
71,50	186,28	186,24	180,65	180,59	186,23	186,19	180,62	180,56	33,71	1,12	1,14	4,48	4,52	4,50			
71,93	186,28	186,24	180,65	180,59	186,23	186,19	180,62	180,56	34,14	1,12	1,14	4,48	4,52	4,50			
72,38	186,28	186,24	180,65	180,59	186,23	186,19	180,62	180,56	34,59	1,12	1,14	4,48	4,52	4,50			
73,28	-	-	-	-	-	-	-	-	35,49	-	-	0,00	0,00	0,00			

Ventilador (VW/AERO) = VW ; SUCcionando/SOPrando => SOP
Fatores de correção para leituras: K1= 98,9477 K2= 33.4673

Posição Radial (mm)	Velocidade média (m/s)											
alfa =	90	90a	90b	90c	90d	90e	90f	75	60	45	30	15
-35,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-34,59	24,02	22,56	22,56	19,70	14,84	8,44	3,69	20,83	17,74	11,98	3,87	4,36
-34,14	24,08	22,61	22,56	19,70	15,01	8,54	3,69	20,83	17,82	12,04	3,87	4,36
-33,71	24,12	22,77	22,71	19,89	15,01	8,54	3,75	20,88	17,82	12,06	3,87	4,03
-33,21	24,11	23,47	23,54	20,33	15,60	9,07	4,25	20,82	17,84	12,08	3,80	4,05
-30,02	24,08	23,76	23,81	20,90	15,94	9,23	4,46	20,81	17,84	12,11	3,80	4,14
-24,63	24,14	23,92	24,16	20,97	15,97	9,22	4,54	20,87	17,85	12,19	3,47	4,06
-20,09	24,30	24,05	24,37	21,22	16,01	9,25	4,54	21,02	18,02	12,26	3,55	4,06
-15,00	24,35	24,05	24,58	21,43	16,07	9,38	4,54	21,07	18,07	12,21	3,55	3,86
-9,87	24,35	24,07	24,63	21,49	16,12	9,41	4,54	21,08	18,08	12,22	4,09	3,86
-5,00	24,37	24,10	24,70	21,52	16,17	9,41	4,56	21,13	18,04	12,22	4,09	3,86
0,00	24,37	24,16	24,72	21,52	16,19	9,41	4,58	21,13	18,06	12,22	3,94	4,19
5,00	24,44	24,16	24,75	21,55	16,25	9,44	4,58	21,14	18,06	12,22	4,00	4,19
9,87	24,38	24,16	24,84	21,63	16,28	9,44	4,58	21,14	18,04	12,20	4,00	4,19
15,00	24,30	24,16	24,81	21,63	16,22	9,44	4,55	21,03	18,00	12,18	3,96	4,15
20,09	24,16	24,12	24,73	21,55	16,18	9,42	4,57	20,95	17,88	12,09	4,16	4,15
24,63	24,10	23,80	24,64	21,37	16,17	9,37	4,57	20,88	17,83	12,09	3,88	3,94
30,02	23,97	23,86	24,49	21,24	15,94	9,33	4,57	20,83	17,76	11,99	3,88	3,94
33,21	23,70	23,78	24,54	21,19	15,96	9,32	4,53	20,36	17,54	11,22	2,62	4,32
33,71	23,49	23,90	24,50	21,13	15,92	9,27	4,50	20,33	17,55	11,18	2,62	4,32
34,14	23,44	23,84	24,42	20,97	15,91	9,20	4,50	20,34	17,27	11,17	2,62	4,48
34,59	23,39	23,84	24,37	20,97	15,88	9,20	4,50	20,35	17,22	11,17	2,67	4,54
35,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Distância Radial' (mm)	Produto V.r (m2/s)											
alfa =	90	90a	90b	90c	90d	90e	90f	75	60	45	30	15
0,0355	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0346	0,820	0,803	0,812	0,703	0,531	0,305	0,142	0,712	0,605	0,400	0,113	0,154
0,0341	0,811	0,793	0,802	0,694	0,528	0,303	0,140	0,703	0,599	0,396	0,111	0,151
0,0337	0,803	0,787	0,796	0,691	0,521	0,300	0,139	0,695	0,593	0,392	0,109	0,141
0,0332	0,794	0,785	0,798	0,689	0,524	0,305	0,146	0,684	0,588	0,387	0,107	0,139
0,0300	0,721	0,715	0,725	0,632	0,479	0,279	0,136	0,625	0,534	0,362	0,115	0,121
0,0246	0,594	0,588	0,601	0,521	0,396	0,229	0,112	0,514	0,439	0,299	0,091	0,098
0,0201	0,487	0,484	0,493	0,430	0,323	0,188	0,092	0,422	0,361	0,245	0,077	0,082
0,0150	0,365	0,362	0,370	0,323	0,242	0,141	0,068	0,316	0,270	0,183	0,056	0,060
0,0099	0,240	0,238	0,244	0,213	0,160	0,093	0,045	0,208	0,178	0,121	0,040	0,040
0,0050	0,122	0,121	0,124	0,108	0,081	0,047	0,023	0,106	0,090	0,061	0,020	0,020
0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

ANEXO 03

GRÁFICOS COMPARATIVOS E DE DESEMPENHO DAS CONFIGURAÇÕES ENSAIADAS

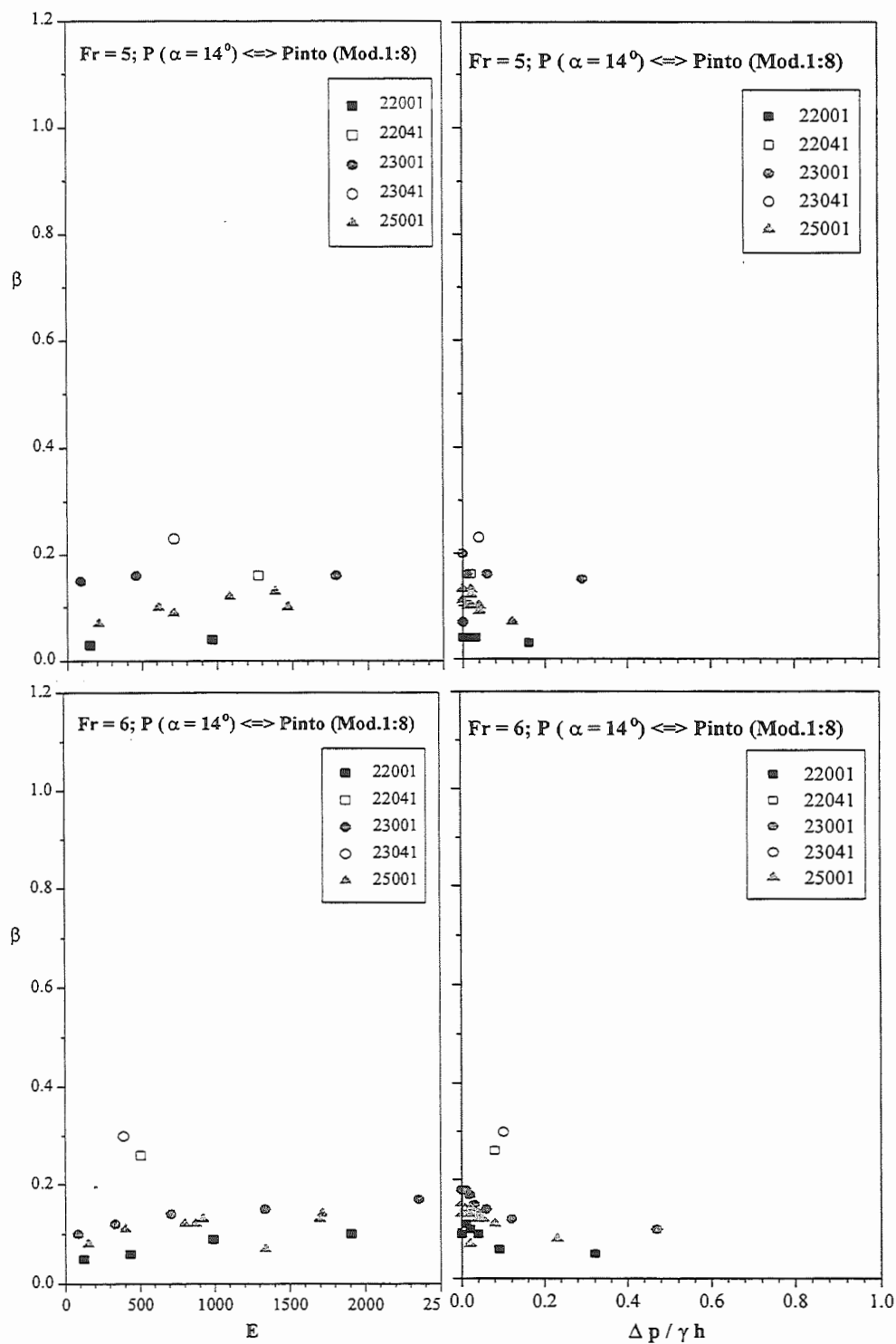


FIGURA A3.1: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 5$ e $Fr = 6$).

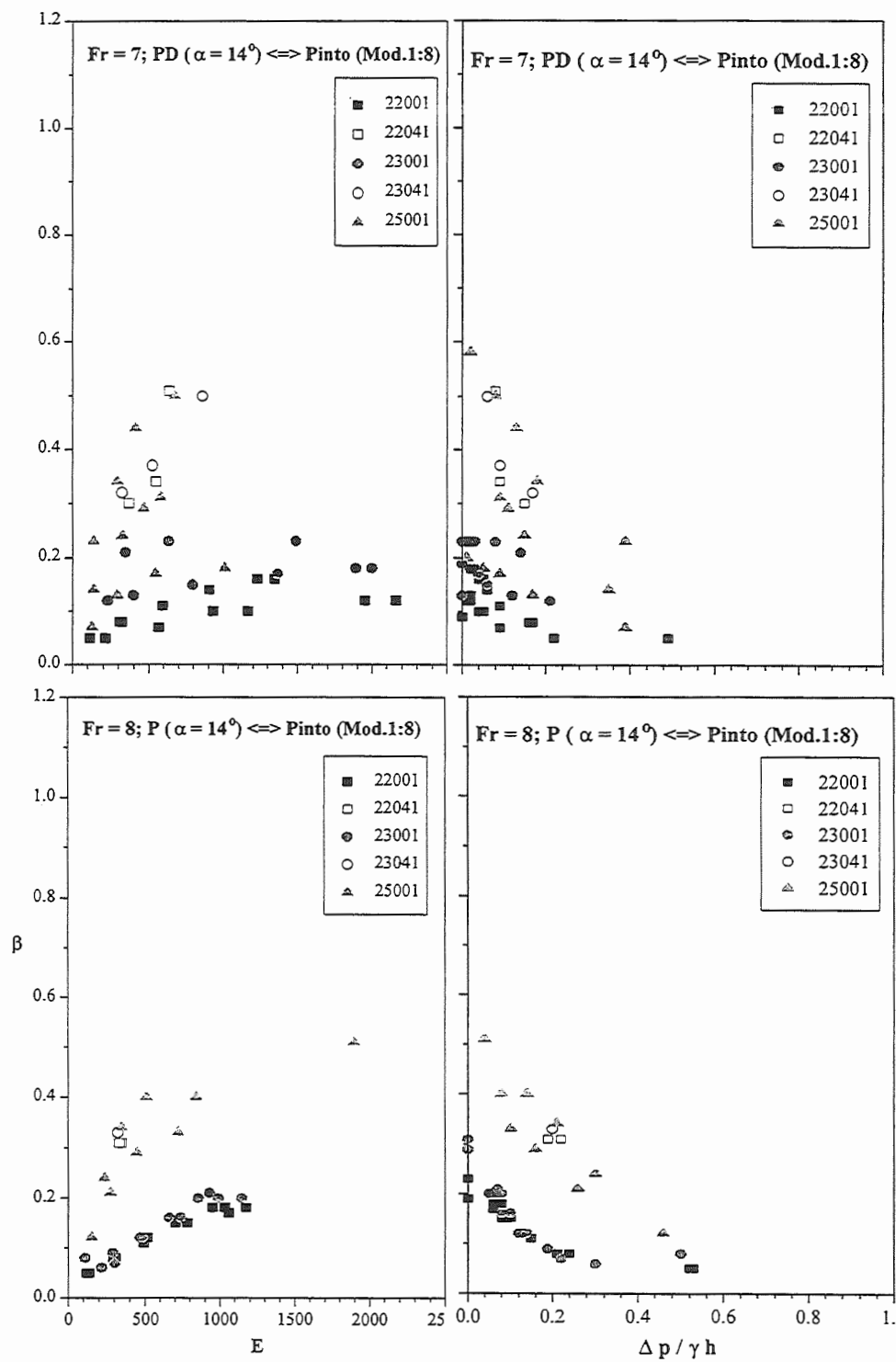


FIGURA A3.2: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 7$ e $Fr = 8$).

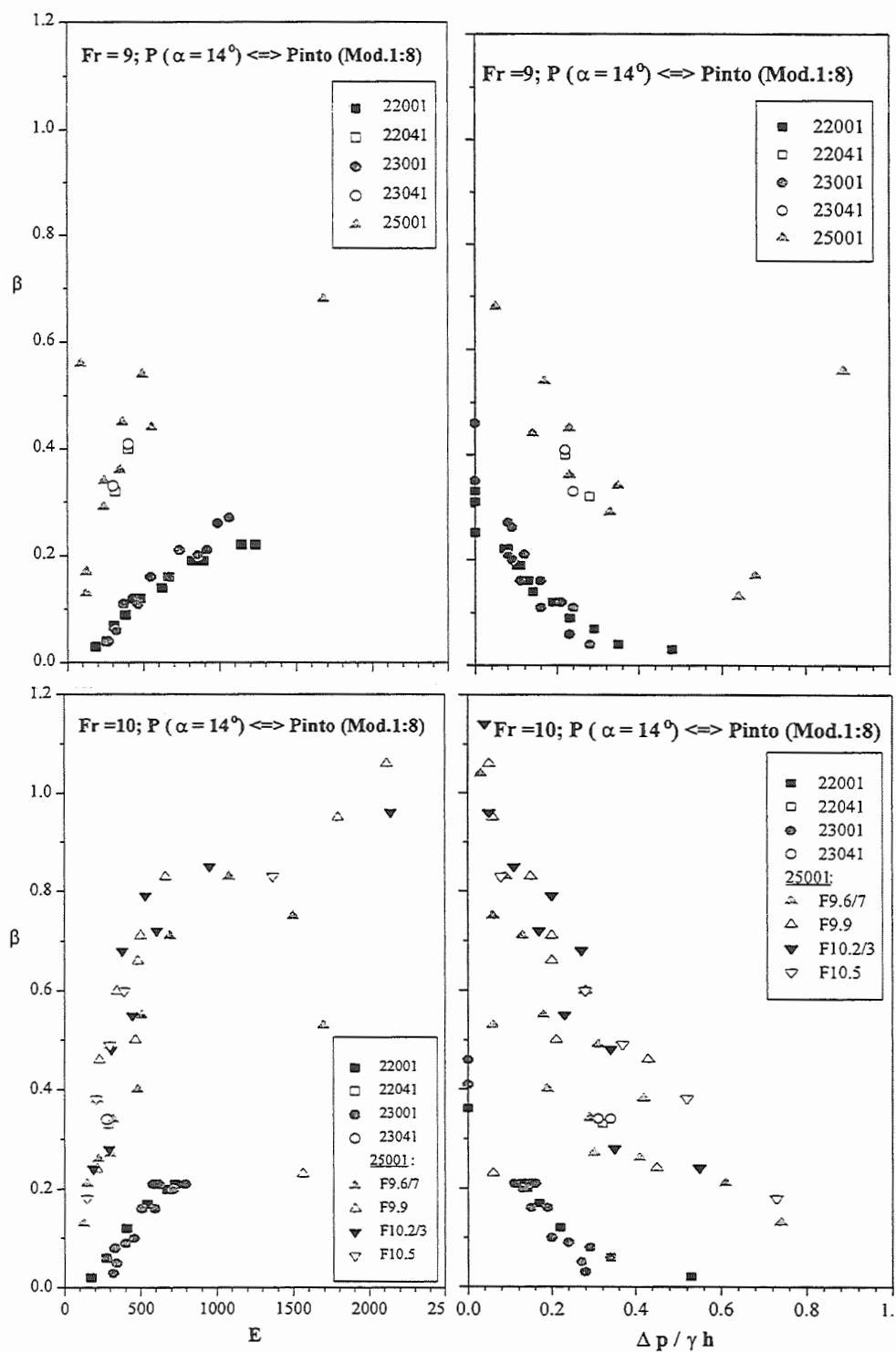


FIGURA A3.3: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 9$ e $Fr = 10$).

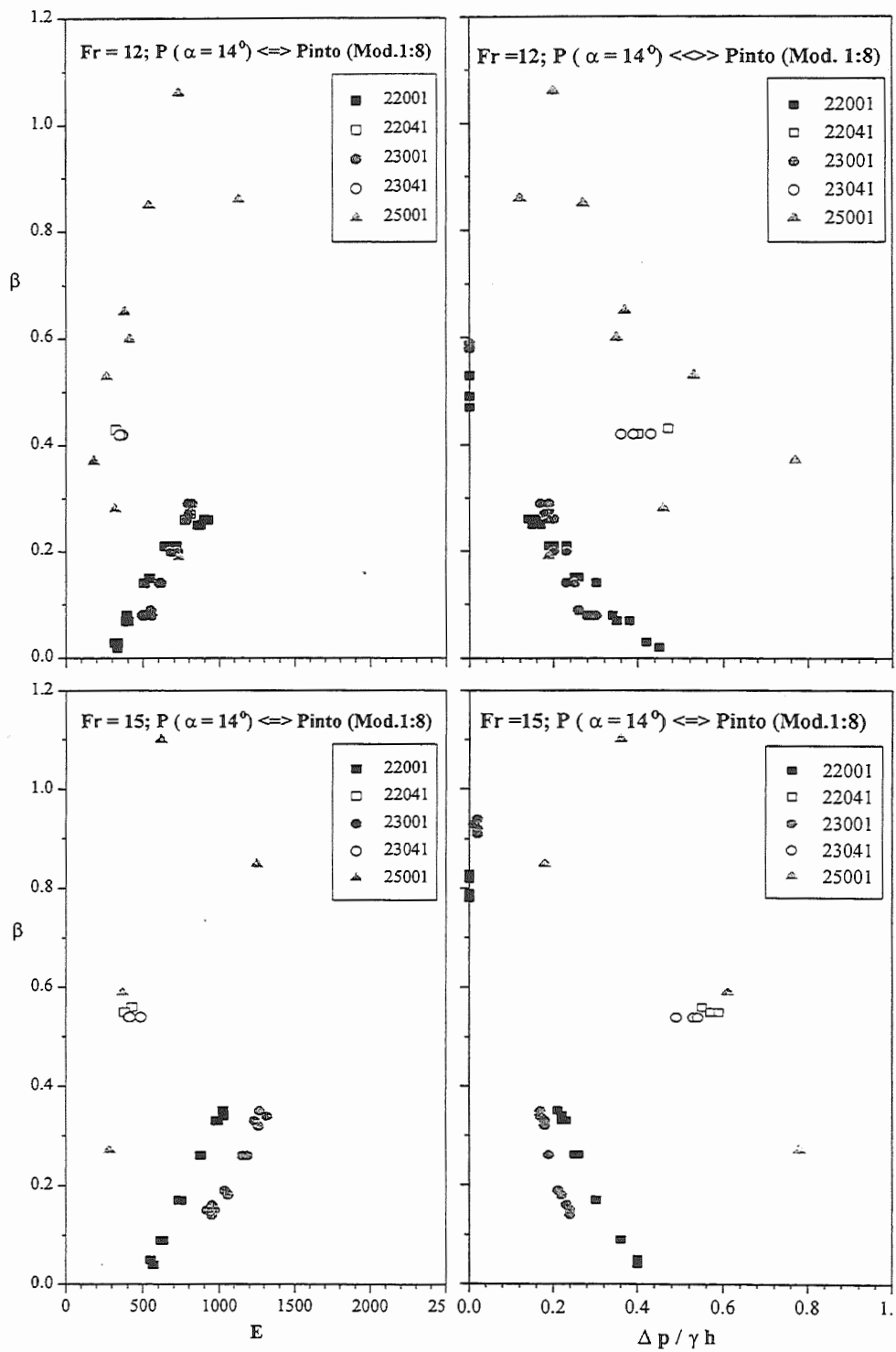


FIGURA A3.4: Resultados do Modelo de Foz e deste trabalho ($Fr = 12$ e $Fr = 15$).

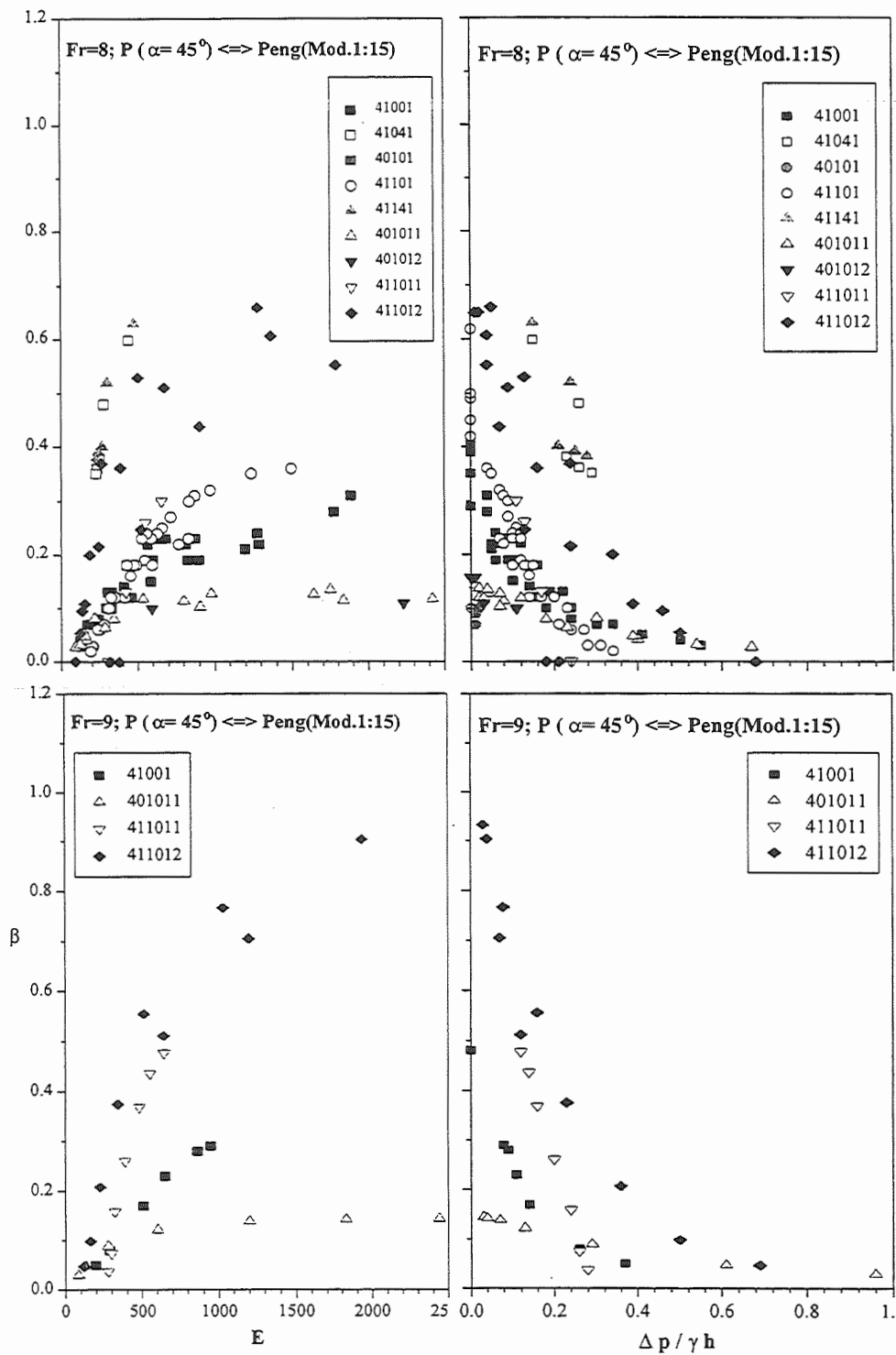


FIGURA A3.5: Resultados do Modelo de Clyde e deste trabalho ($Fr=8$ e $Fr=9$).

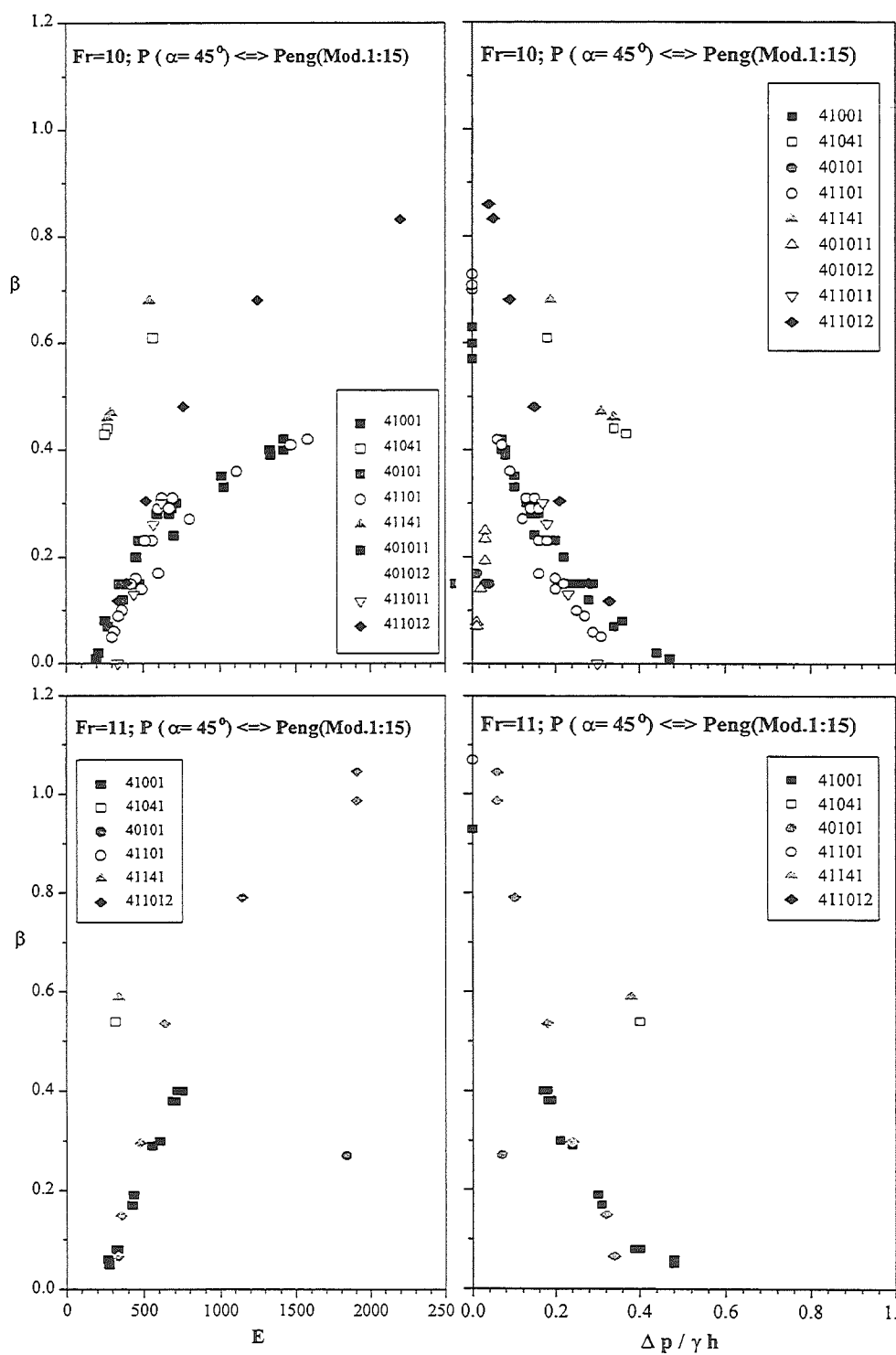


FIGURA A3.6: Resultados do Modelo de Clyde e deste trabalho ($Fr = 10$ e $Fr = 11$).

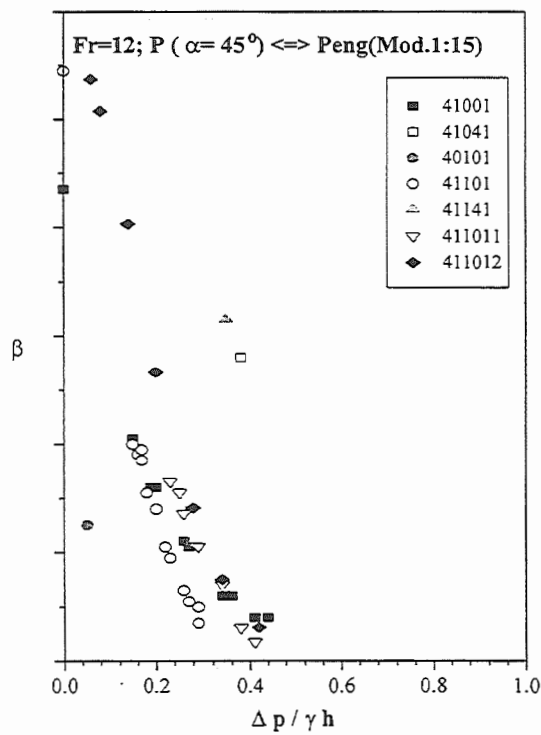
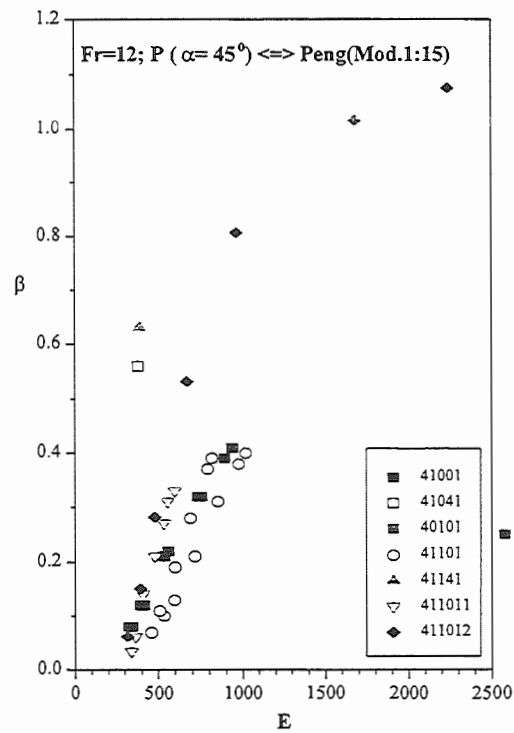


FIGURA A3.7: Resultados do Modelo de Clyde e deste trabalho (Fr = 12).

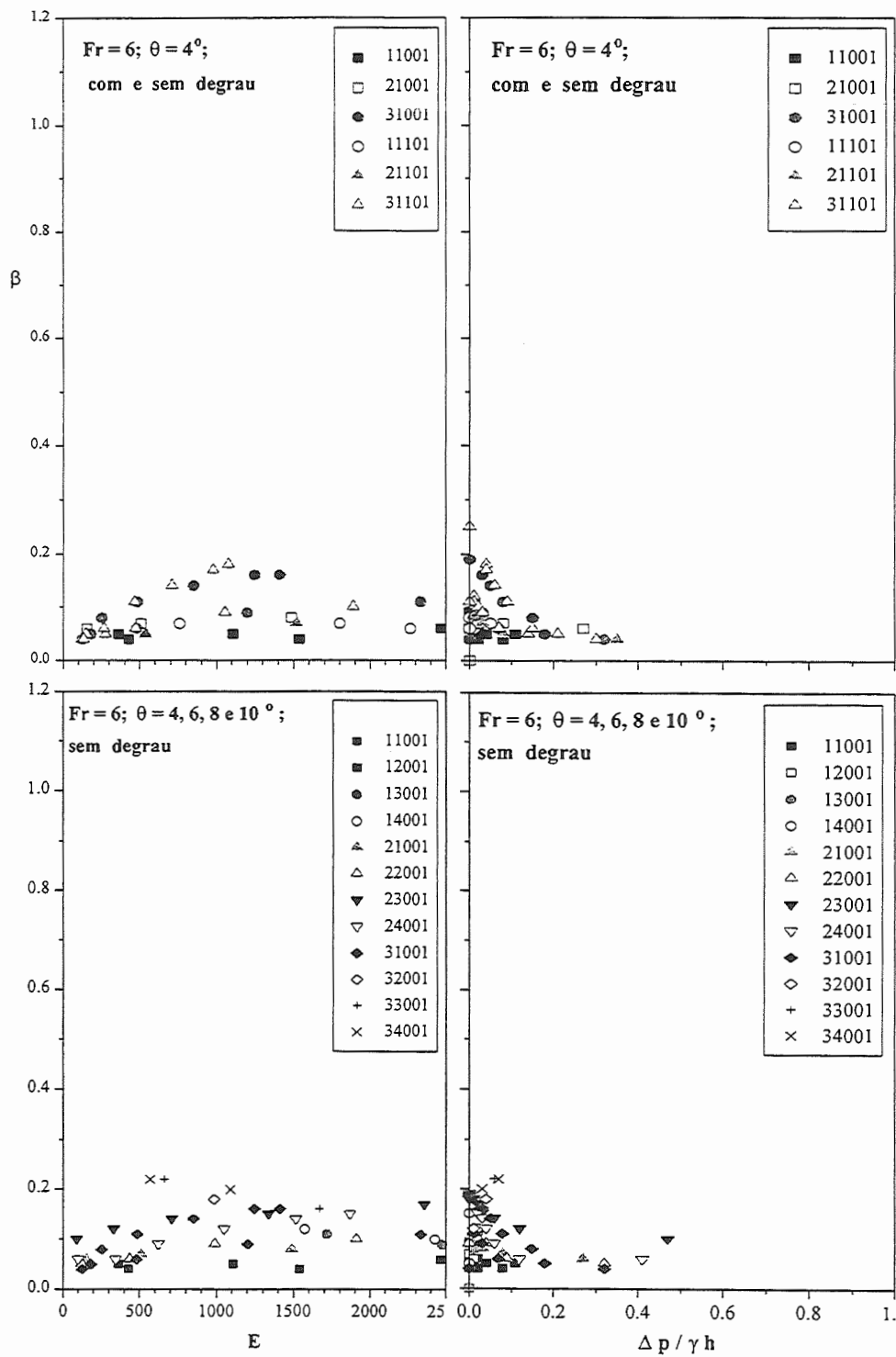


FIGURA A3.8a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 6$).

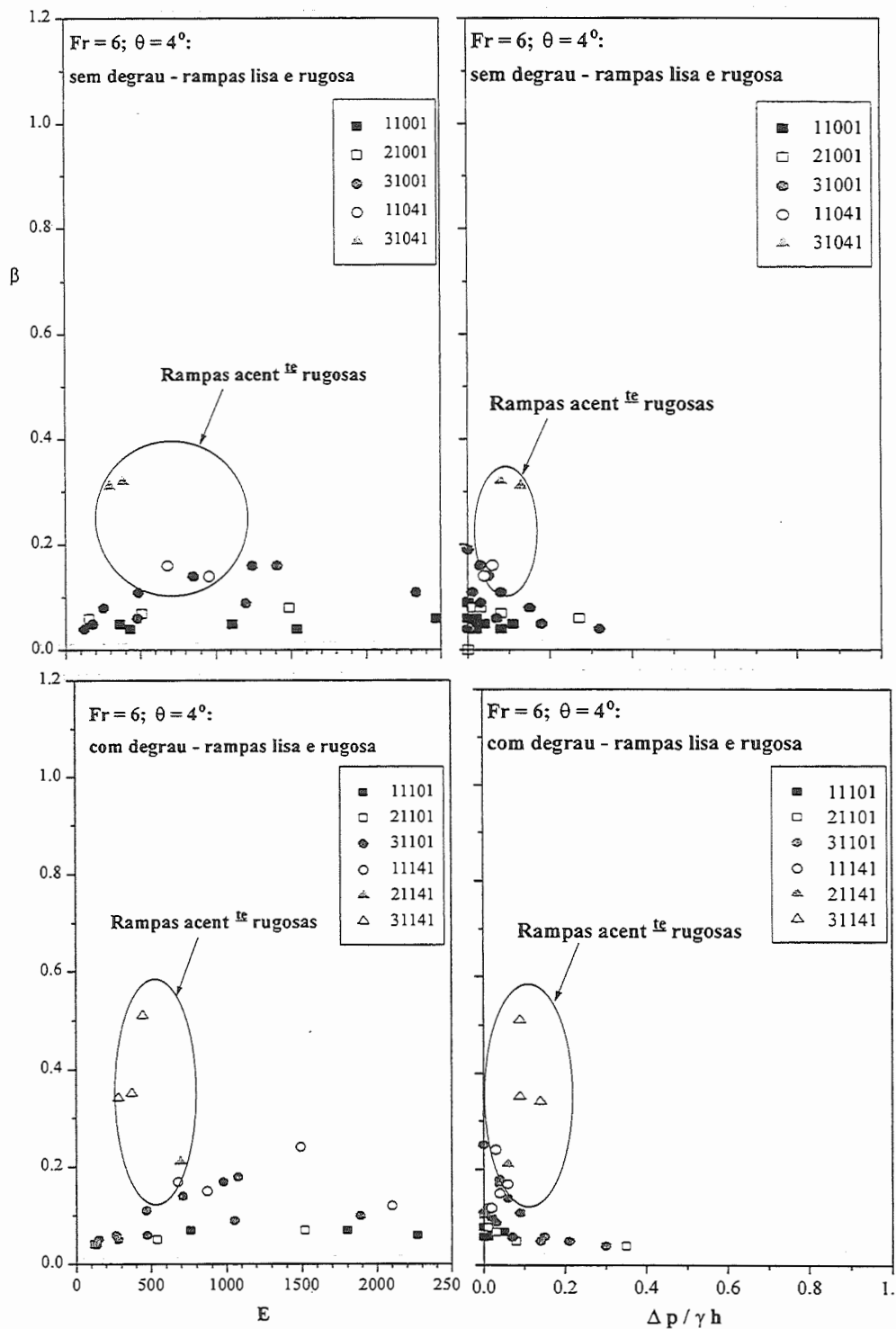


FIGURA A3.8b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 6$).

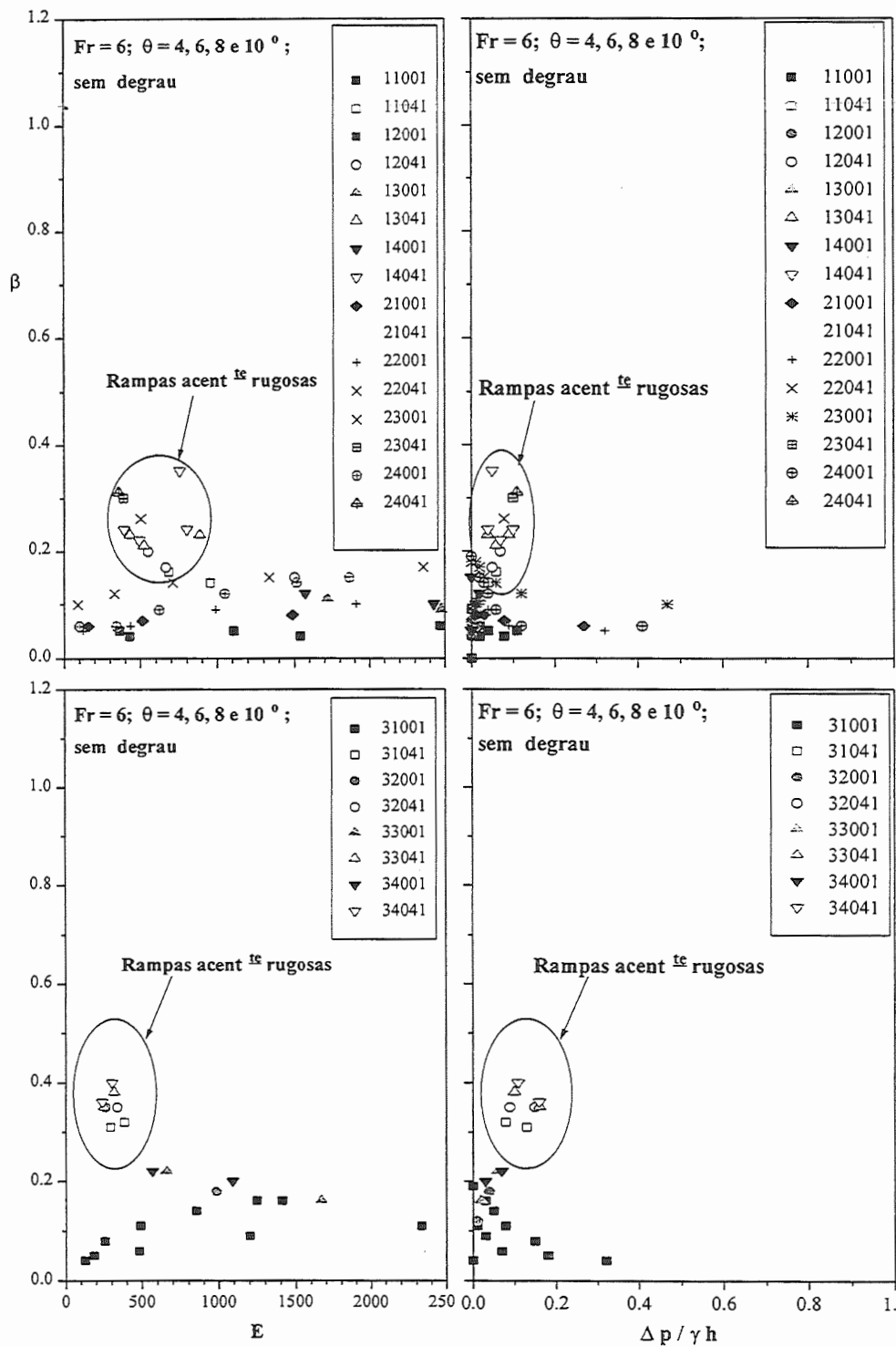


FIGURA A3.8c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 6$).

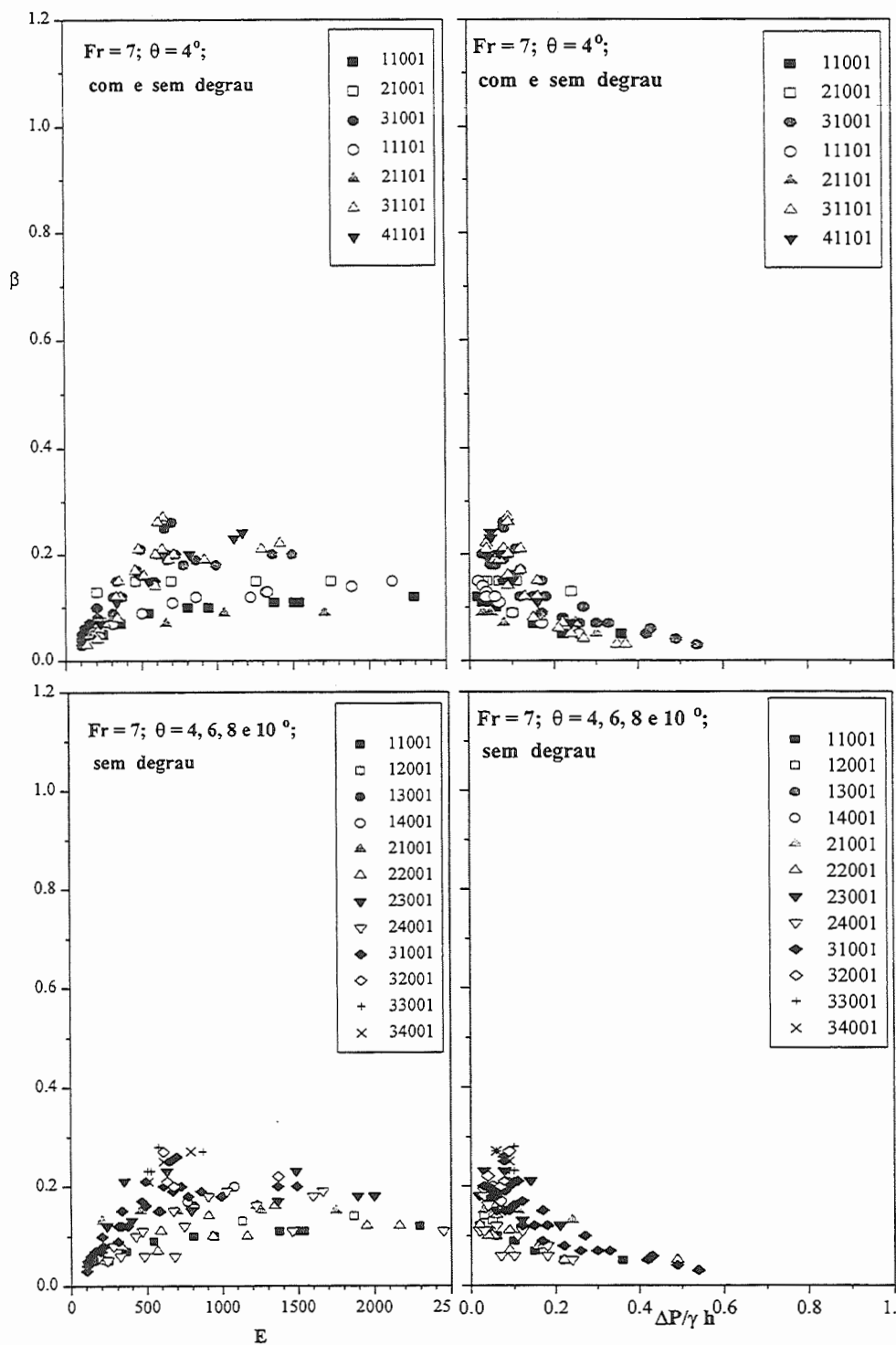


FIGURA A3.9a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 7$).

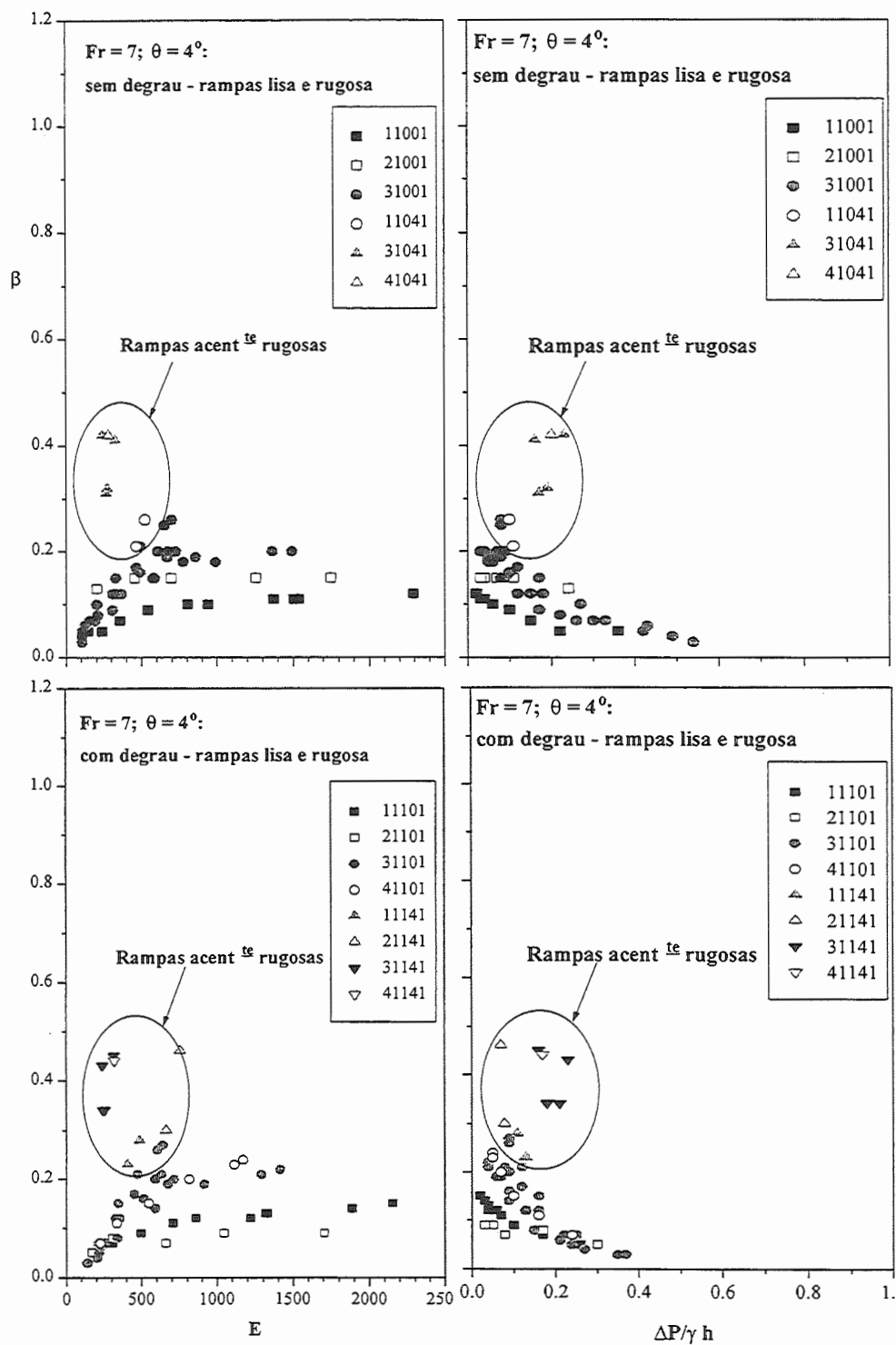


FIGURA A3.9b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 7$).

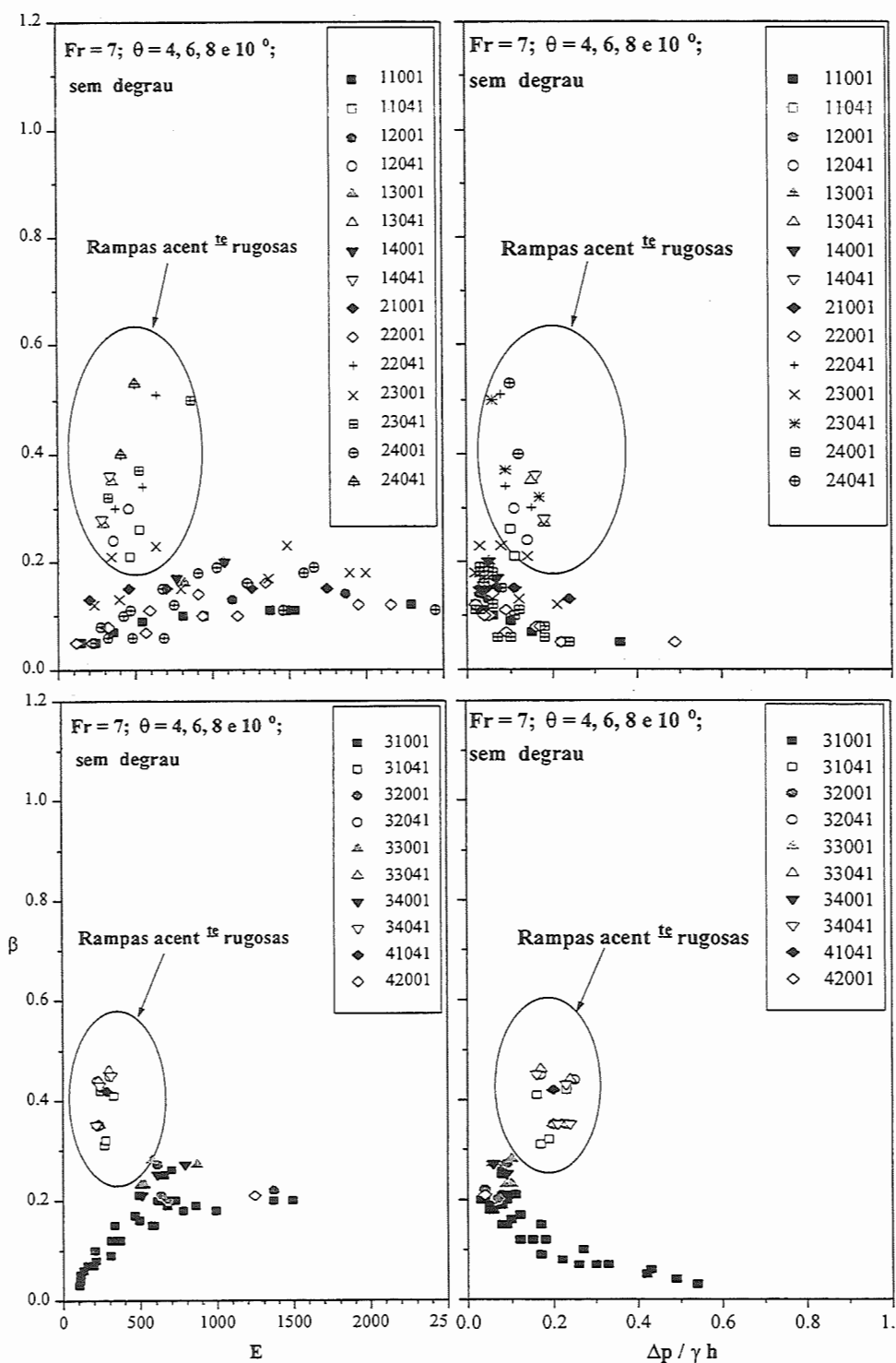


FIGURA A3.9c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 7$).

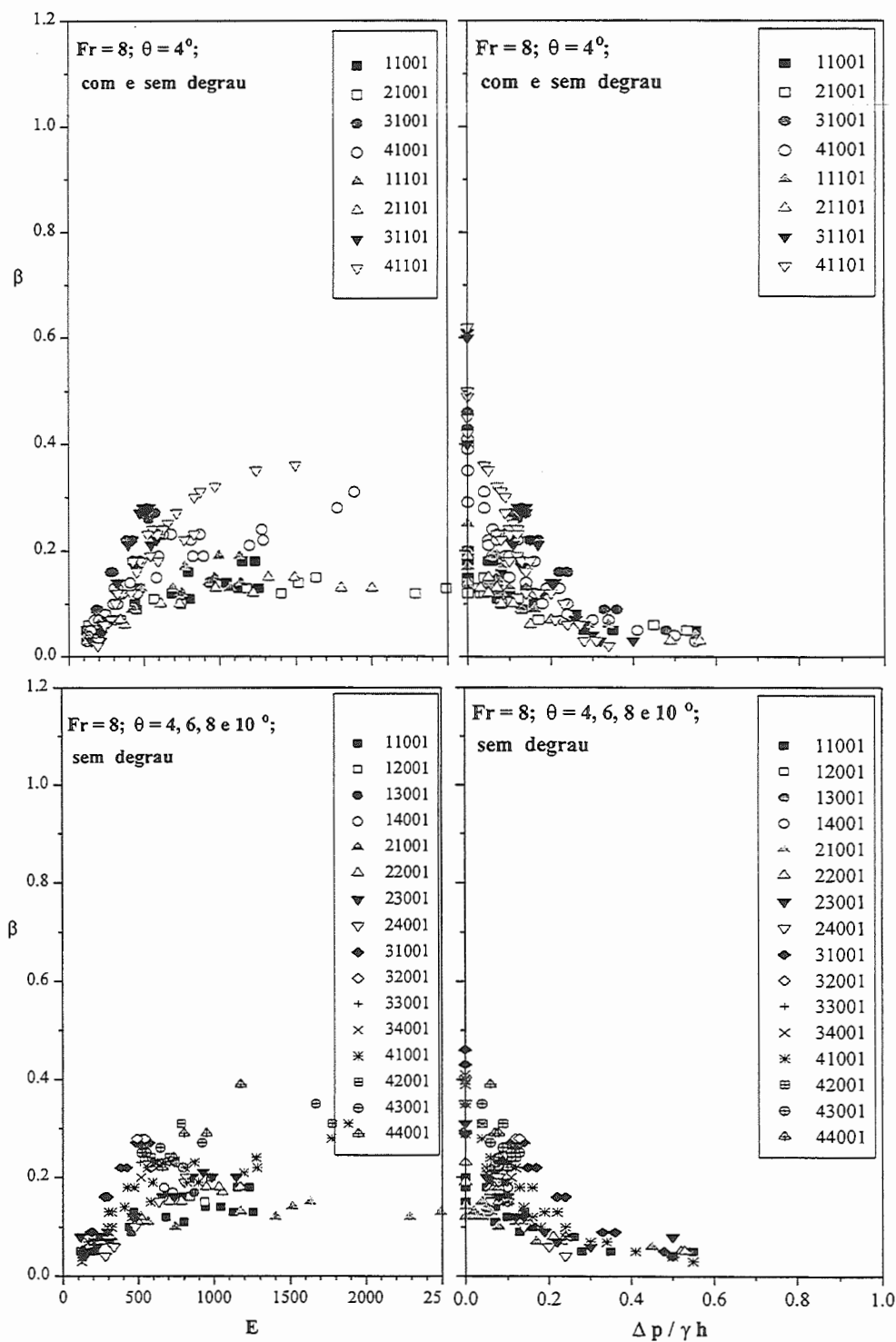


FIGURA A3.10a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 8$).

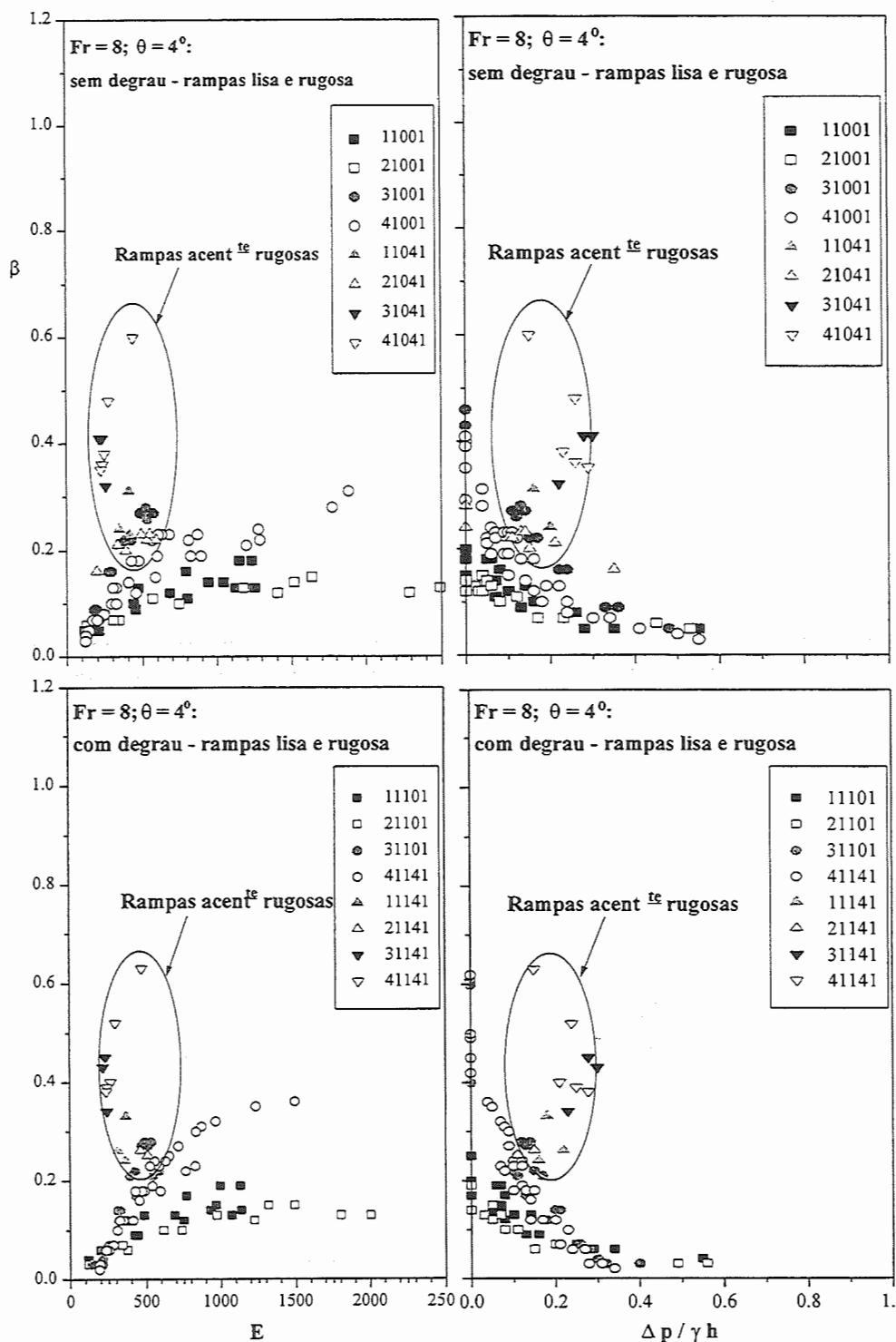


FIGURA A3.10b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 8$).

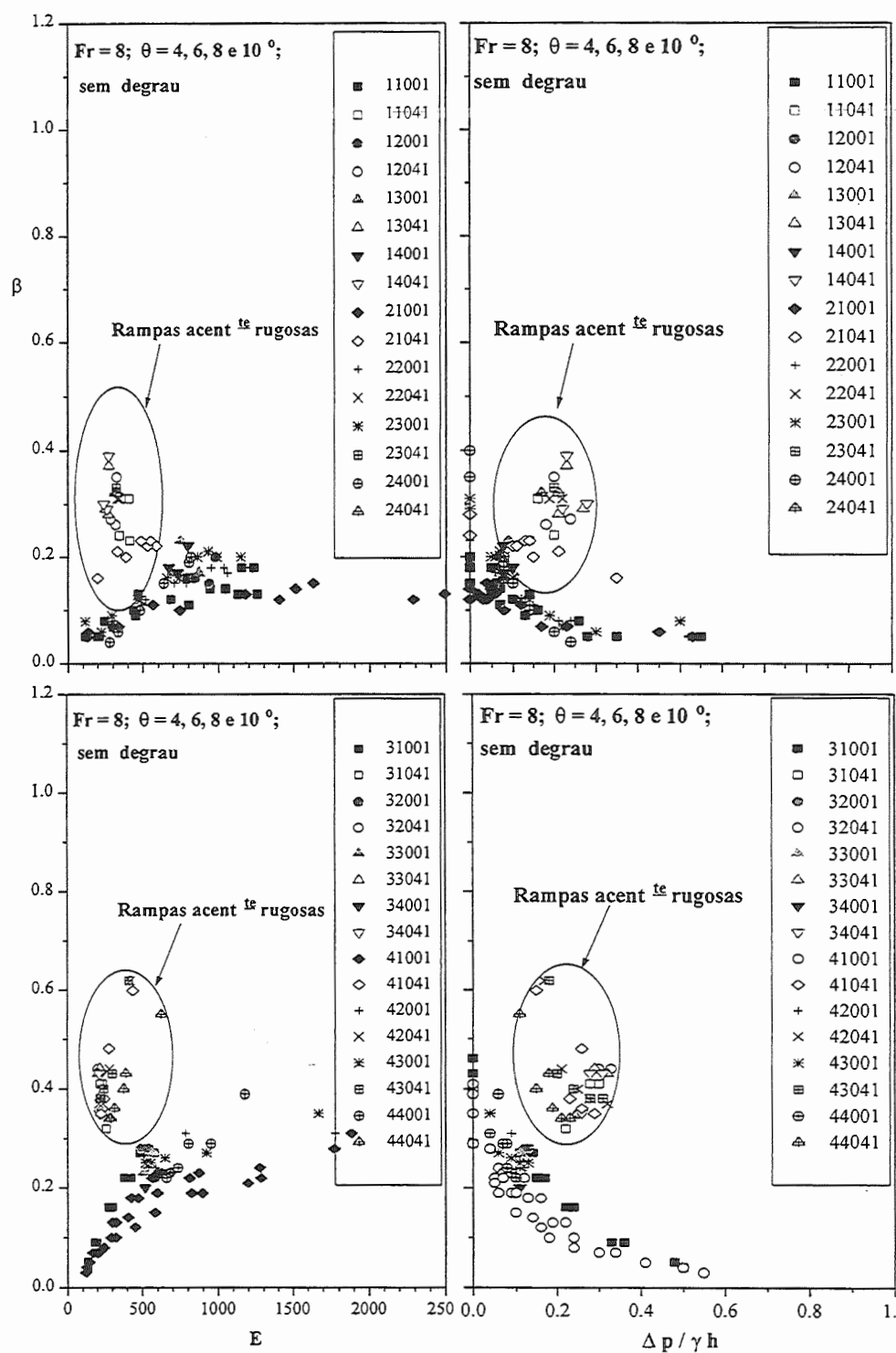


FIGURA A3.10c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 8$).

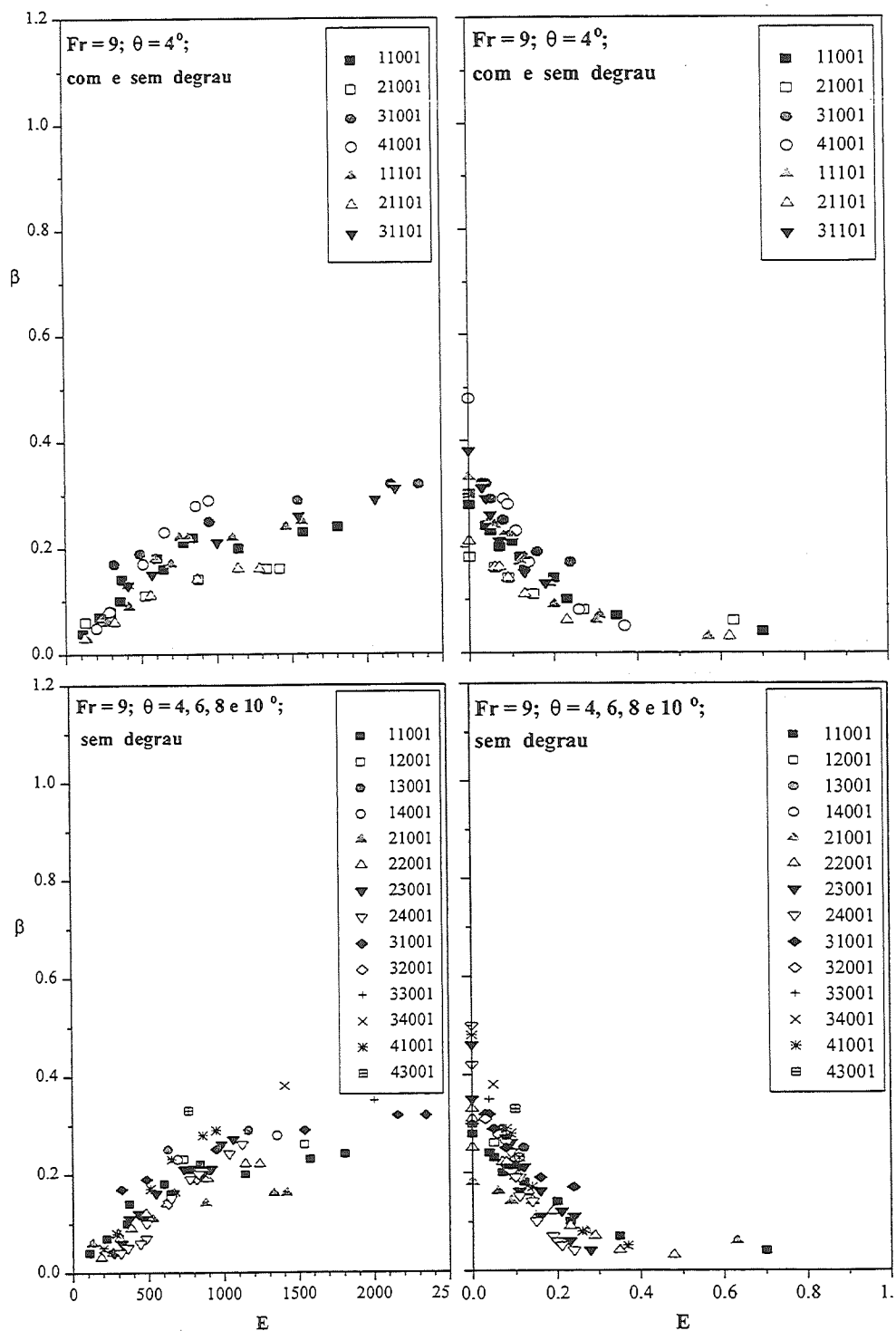


FIGURA A3.11a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr=9$).

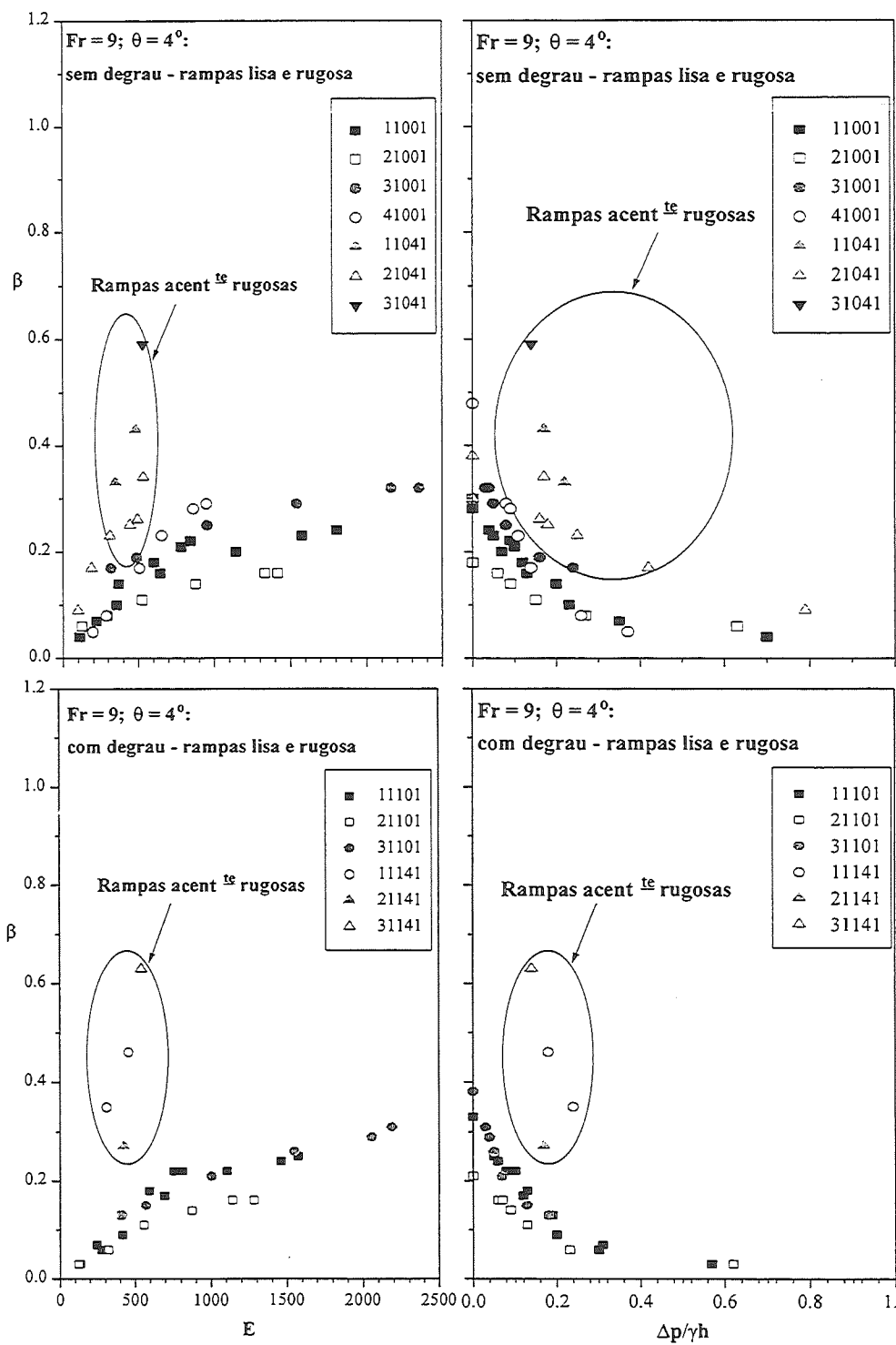


FIGURA A3.11b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 9$).

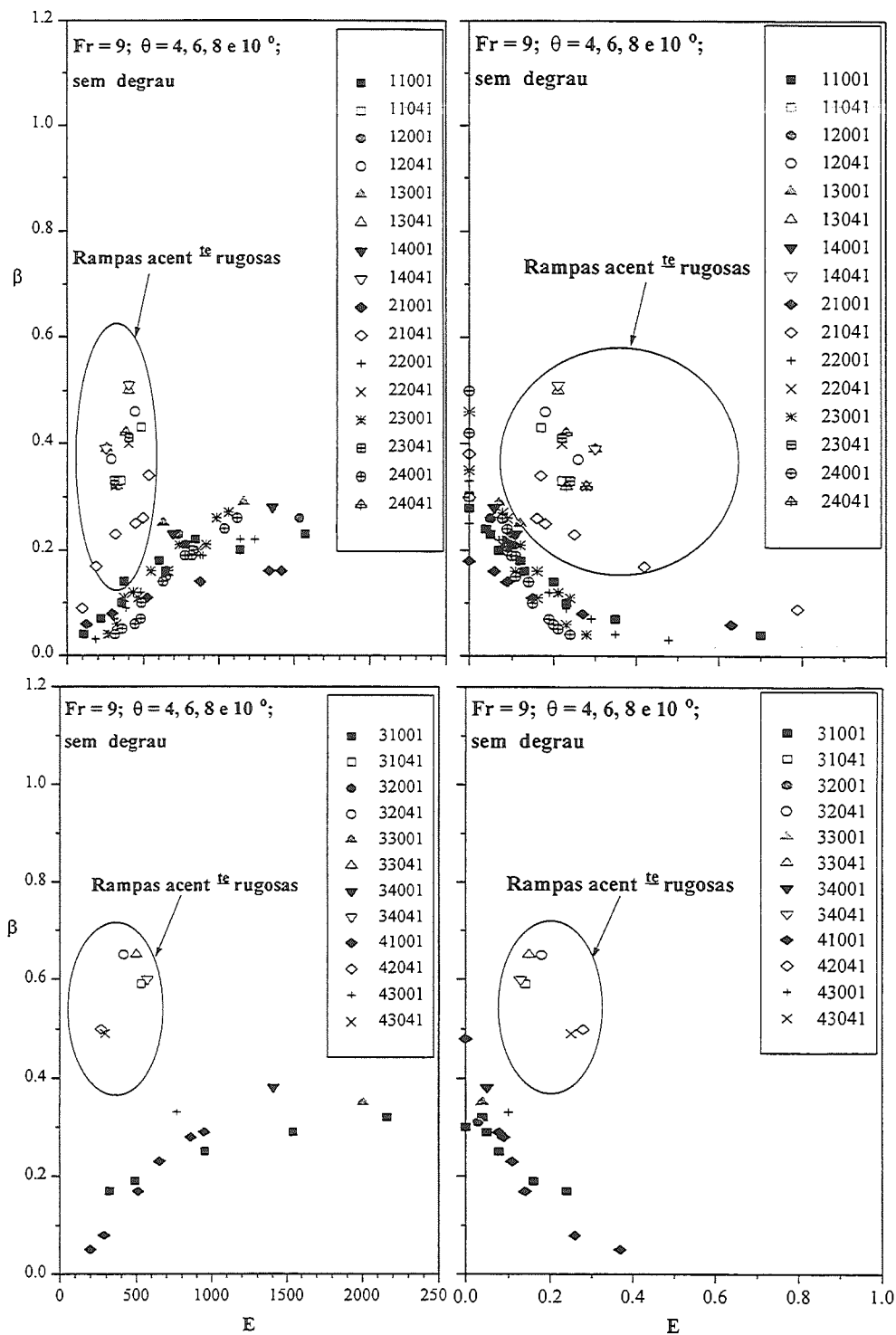


FIGURA A3.11c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 9$).

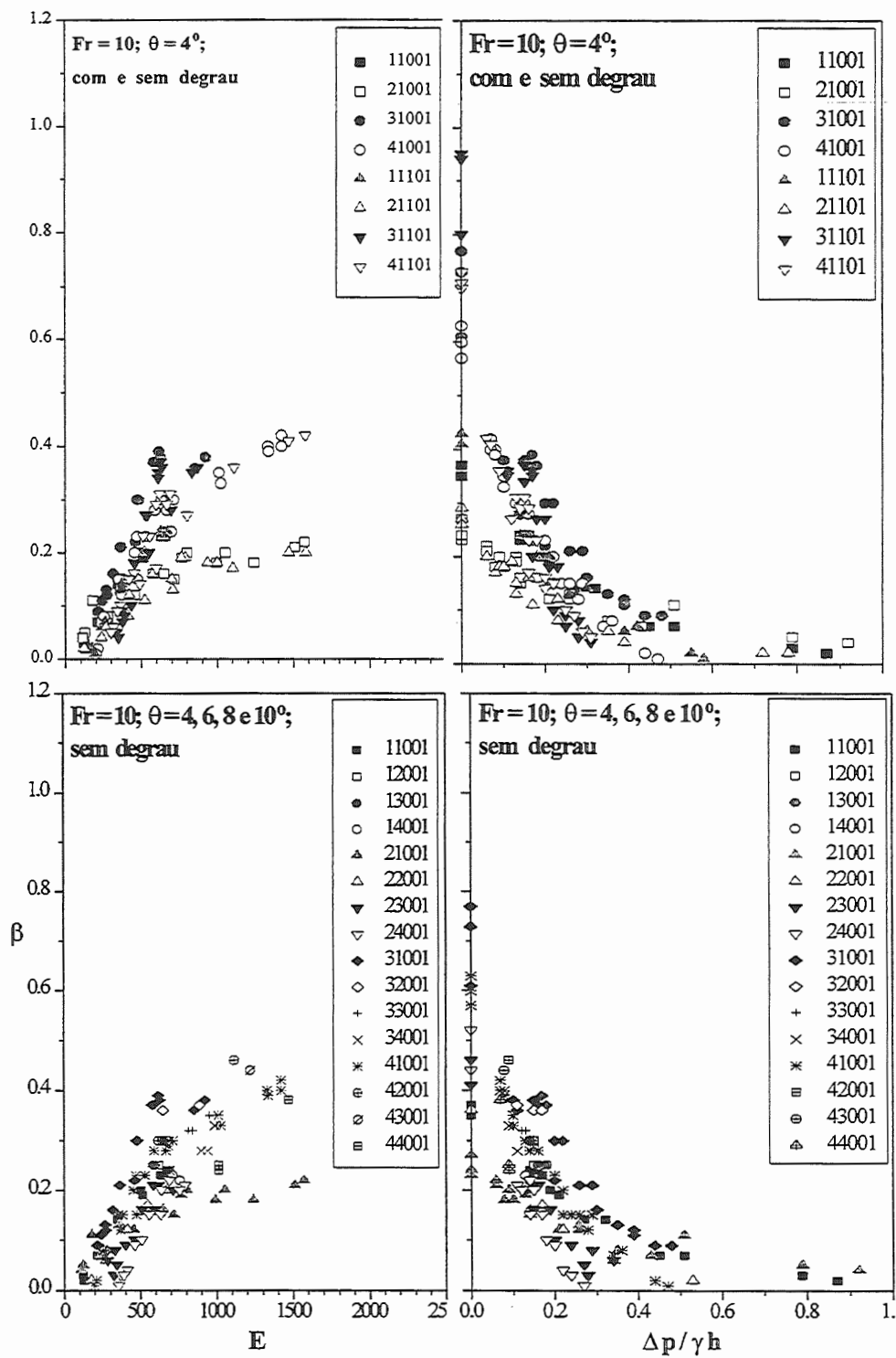


FIGURA A3.12a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 10$).

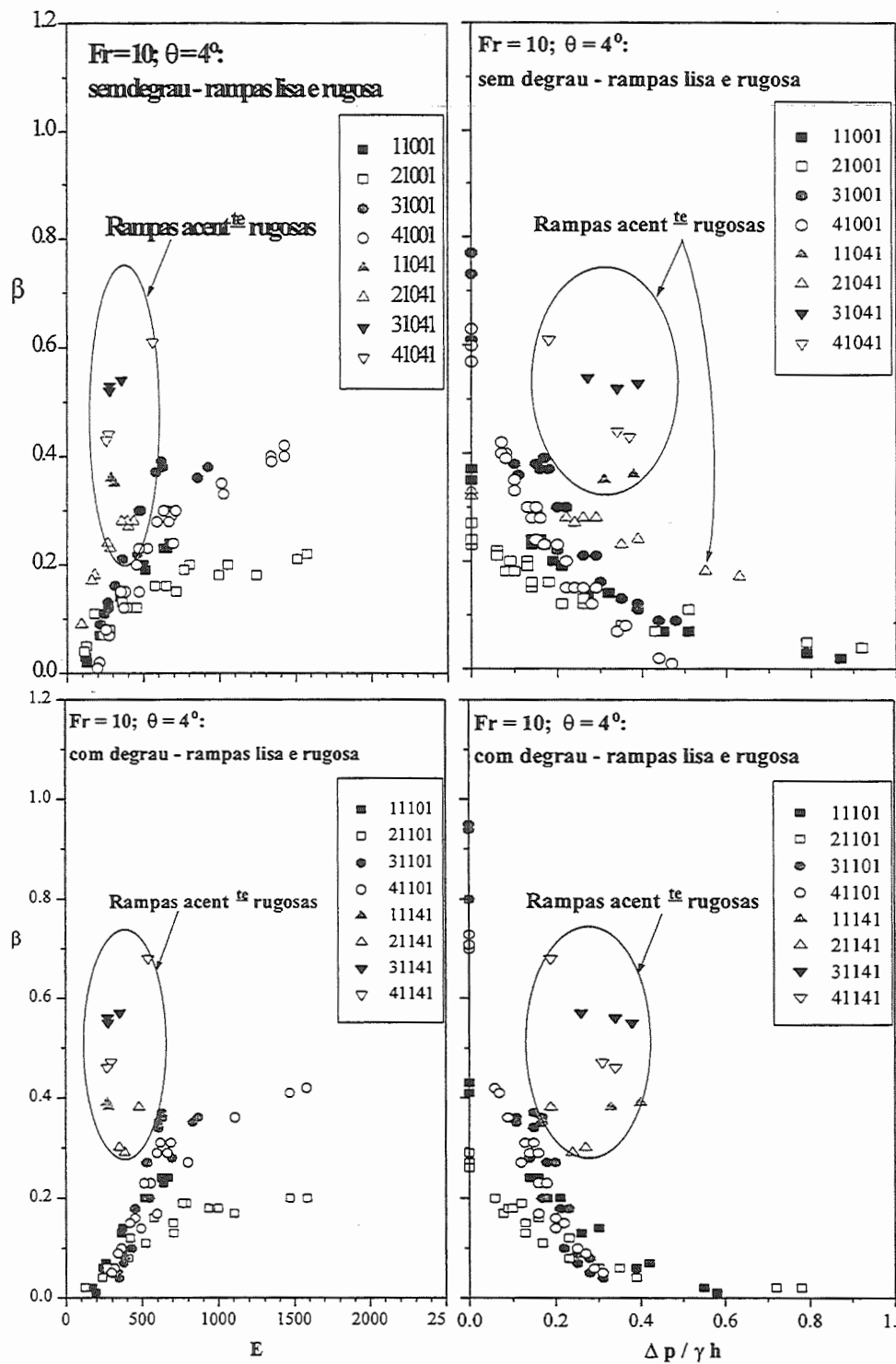


FIGURA A3.12b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho (Fr = 10).

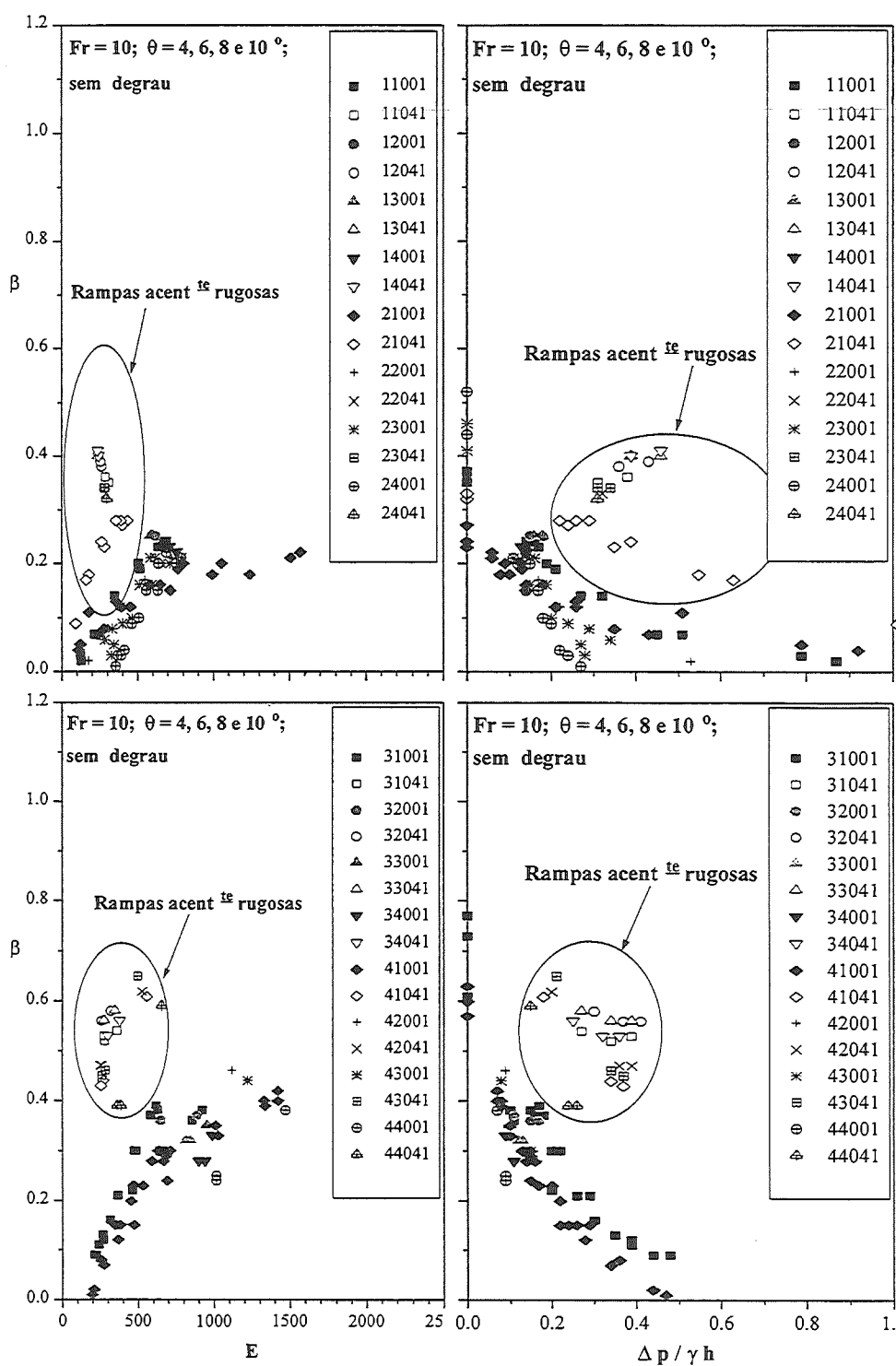


FIGURA A3.12c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 10$).

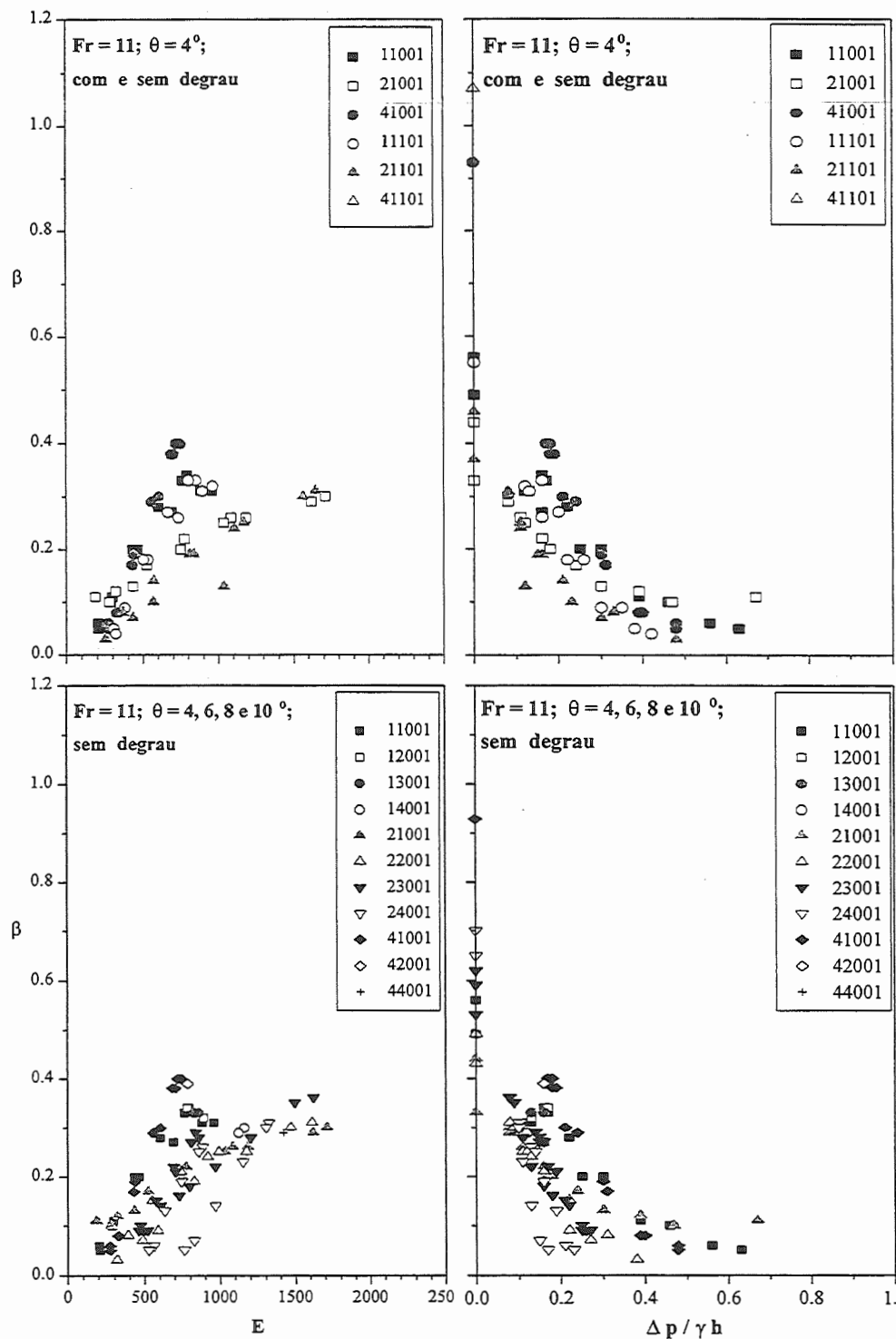


FIGURA A3.13a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 11$).

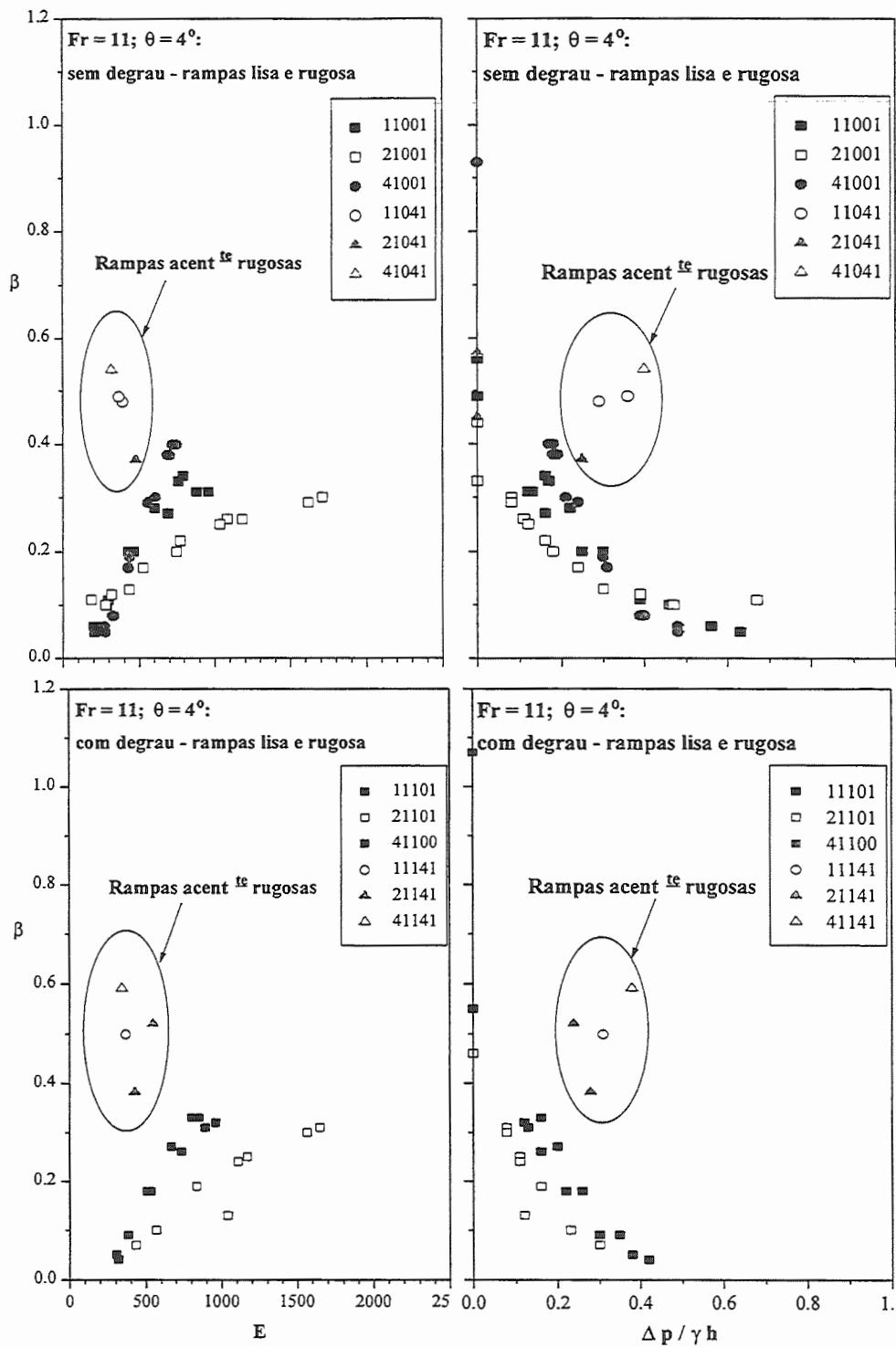


FIGURA A3.13b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 11$).

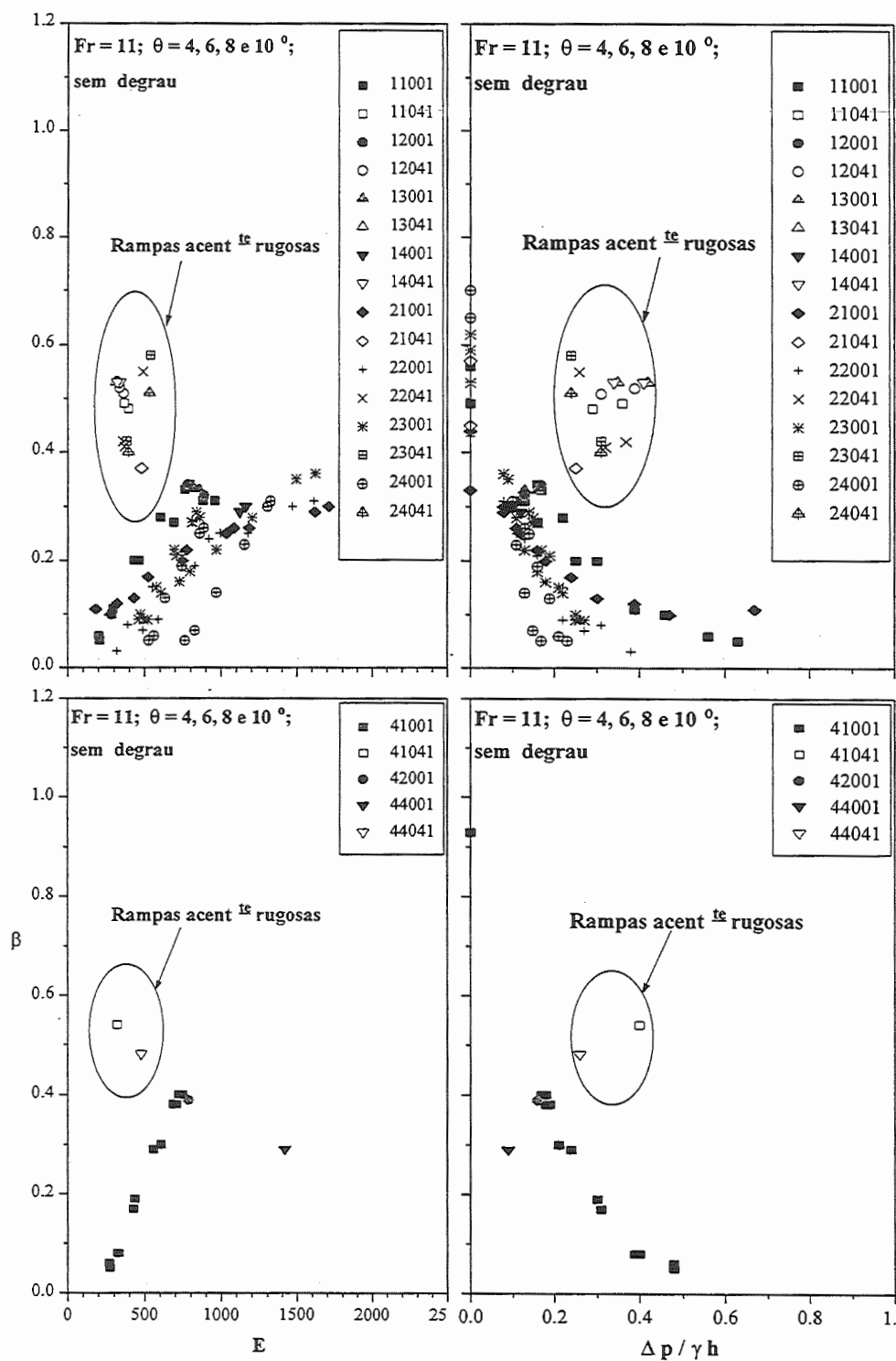


FIGURA A3.13c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 11$).

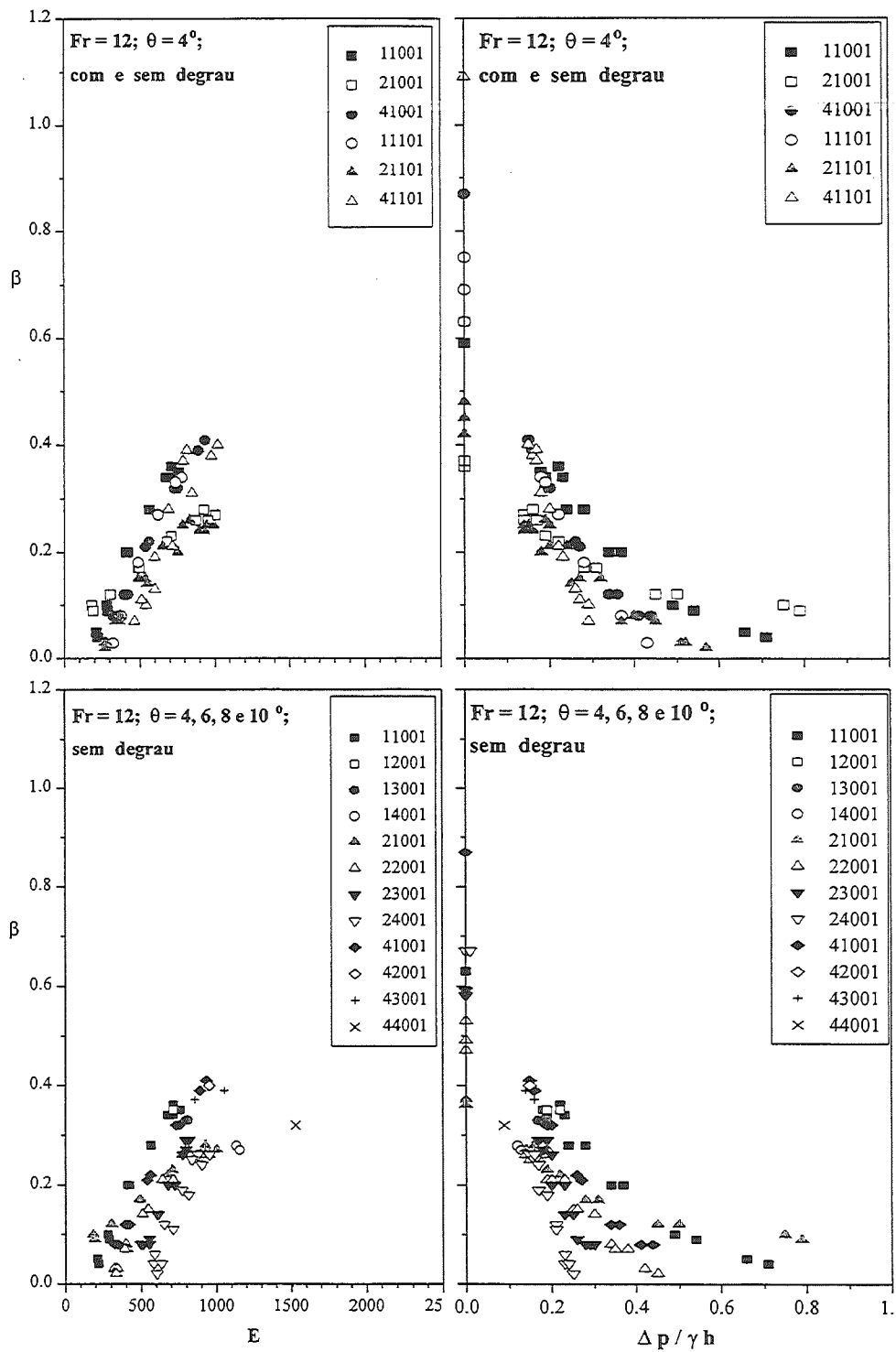


FIGURA A3.14a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 12$).

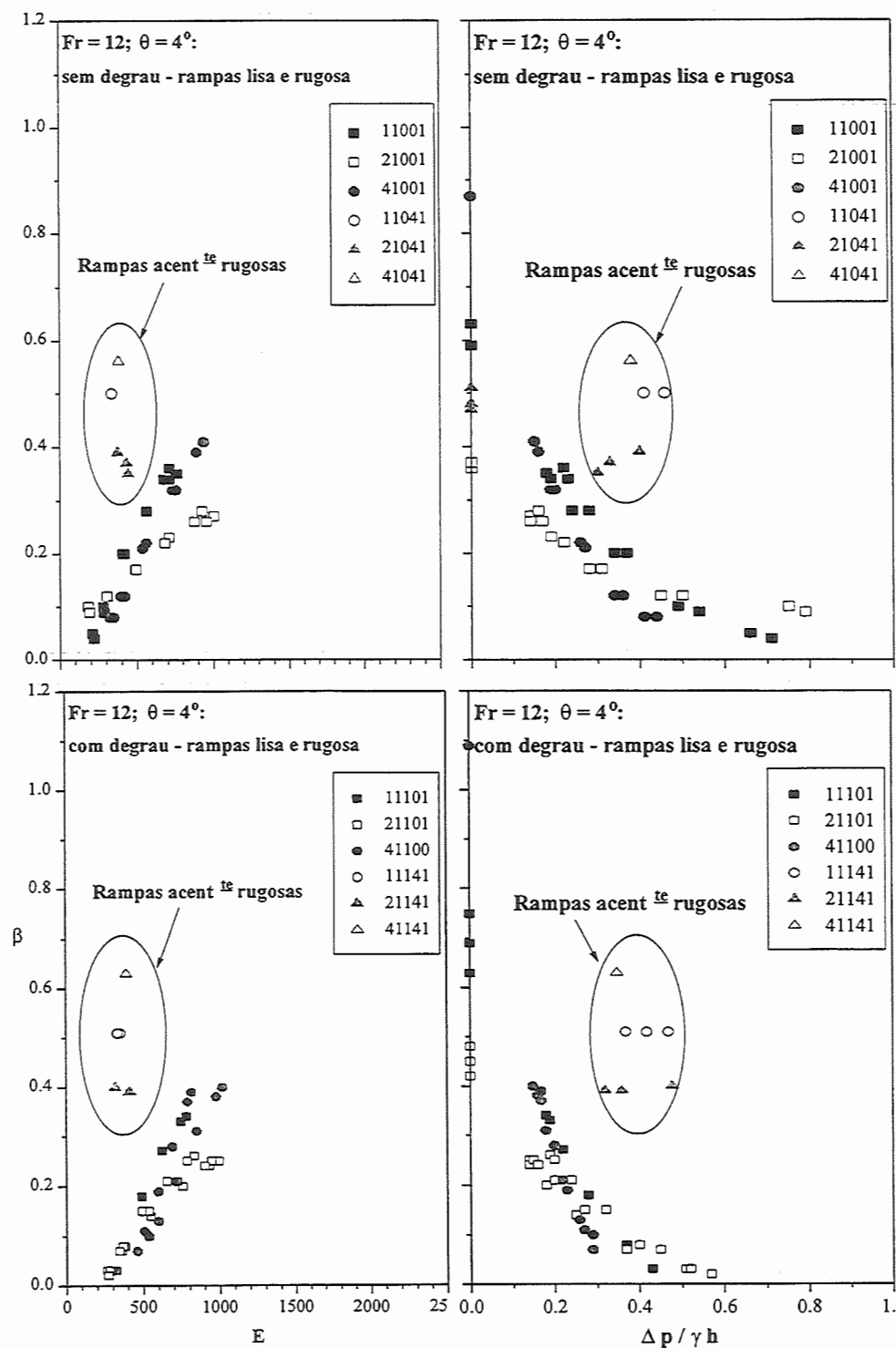


FIGURA A3.14b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 12$).

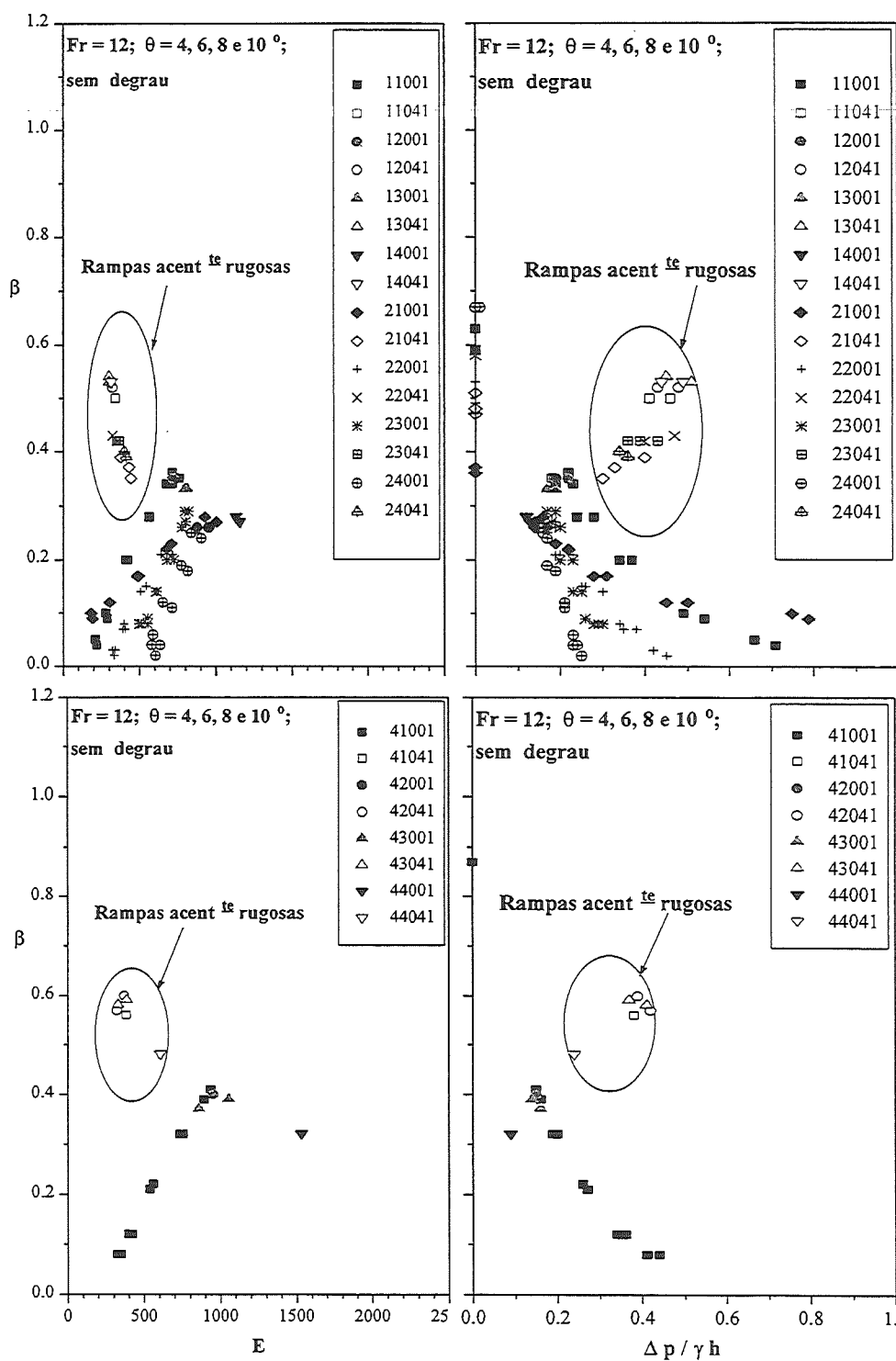


FIGURA A3.14c: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 12$).

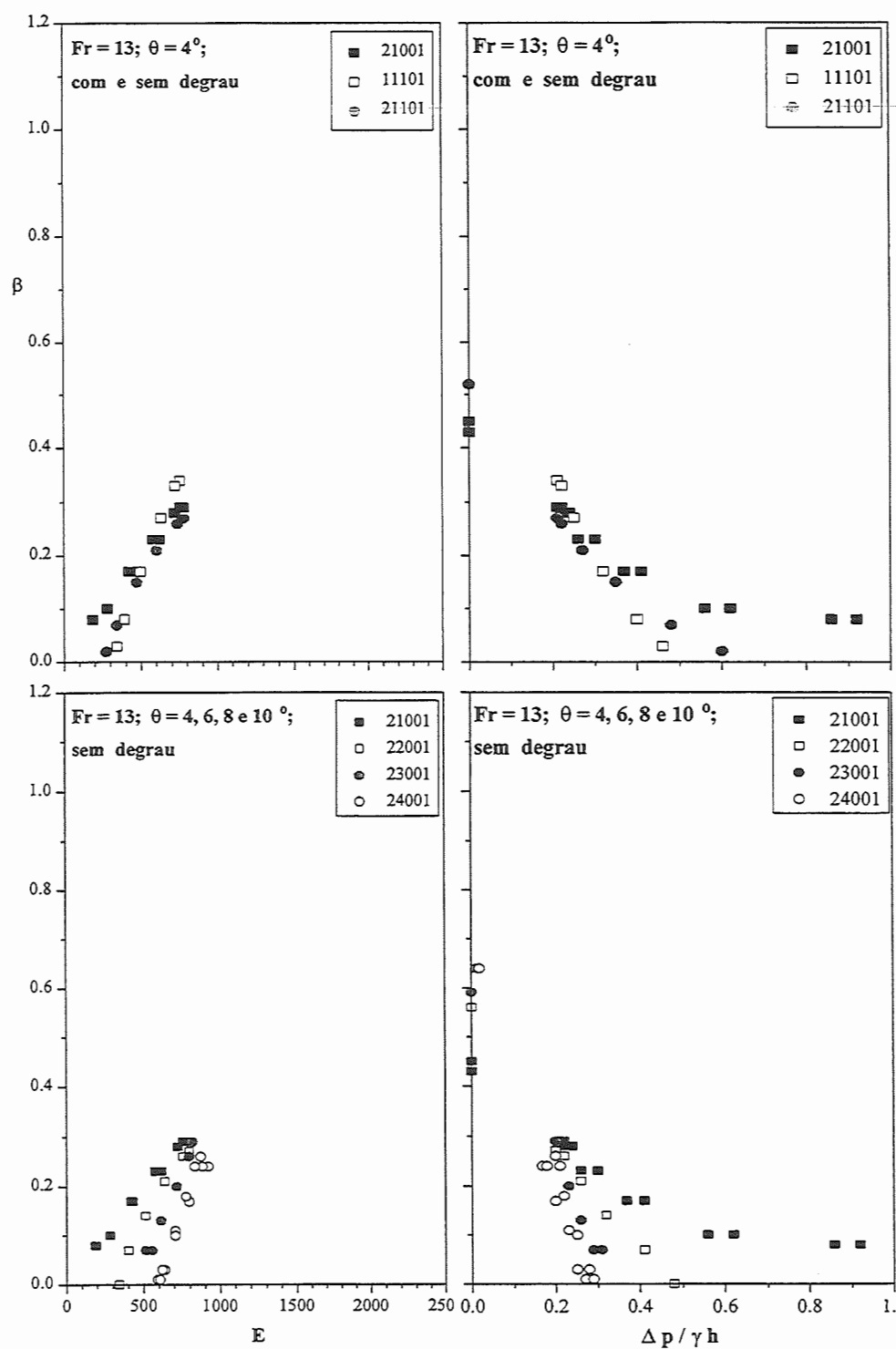


FIGURA A3.15a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 13$).

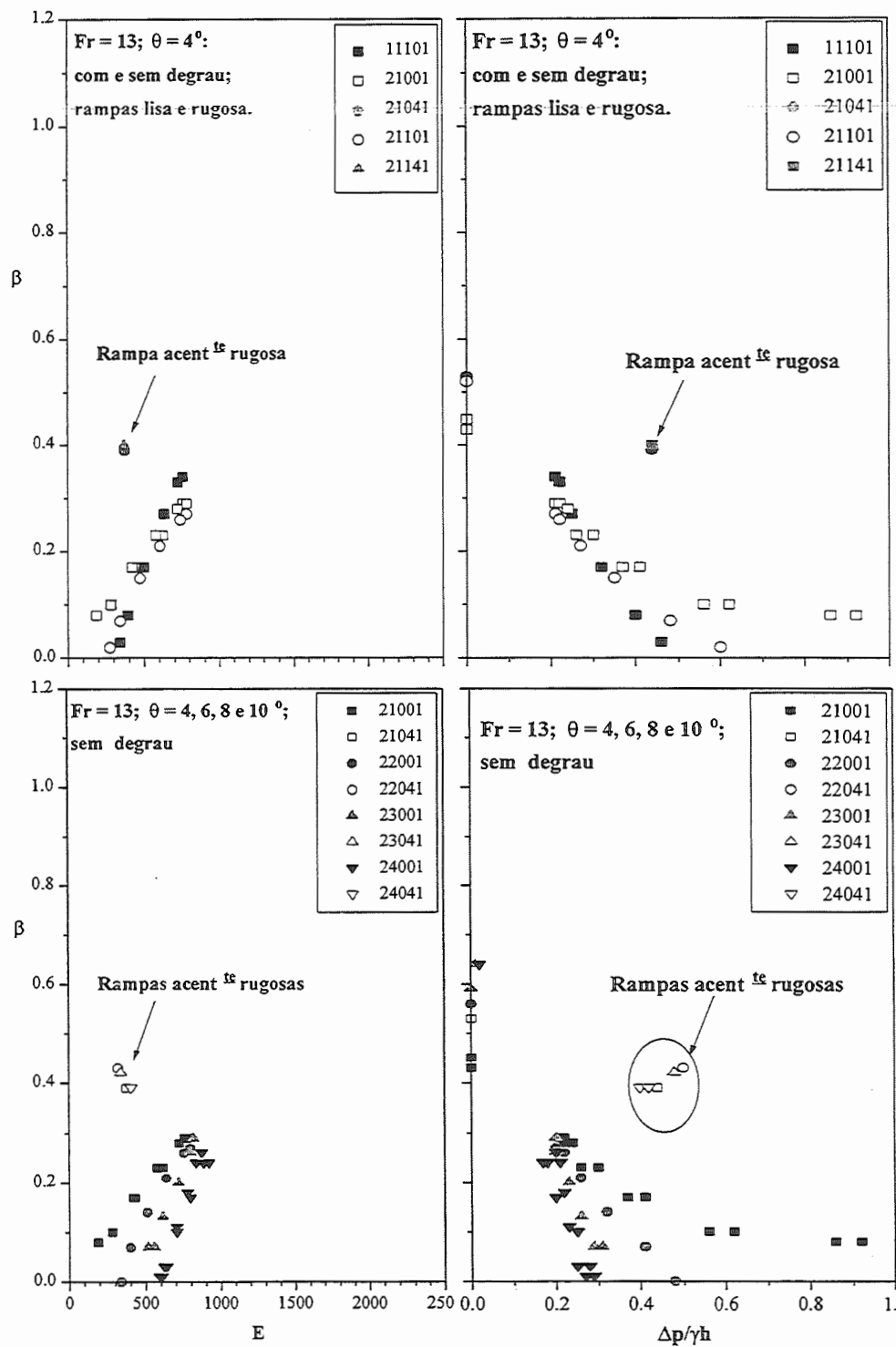


FIGURA A3.15b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 13$).

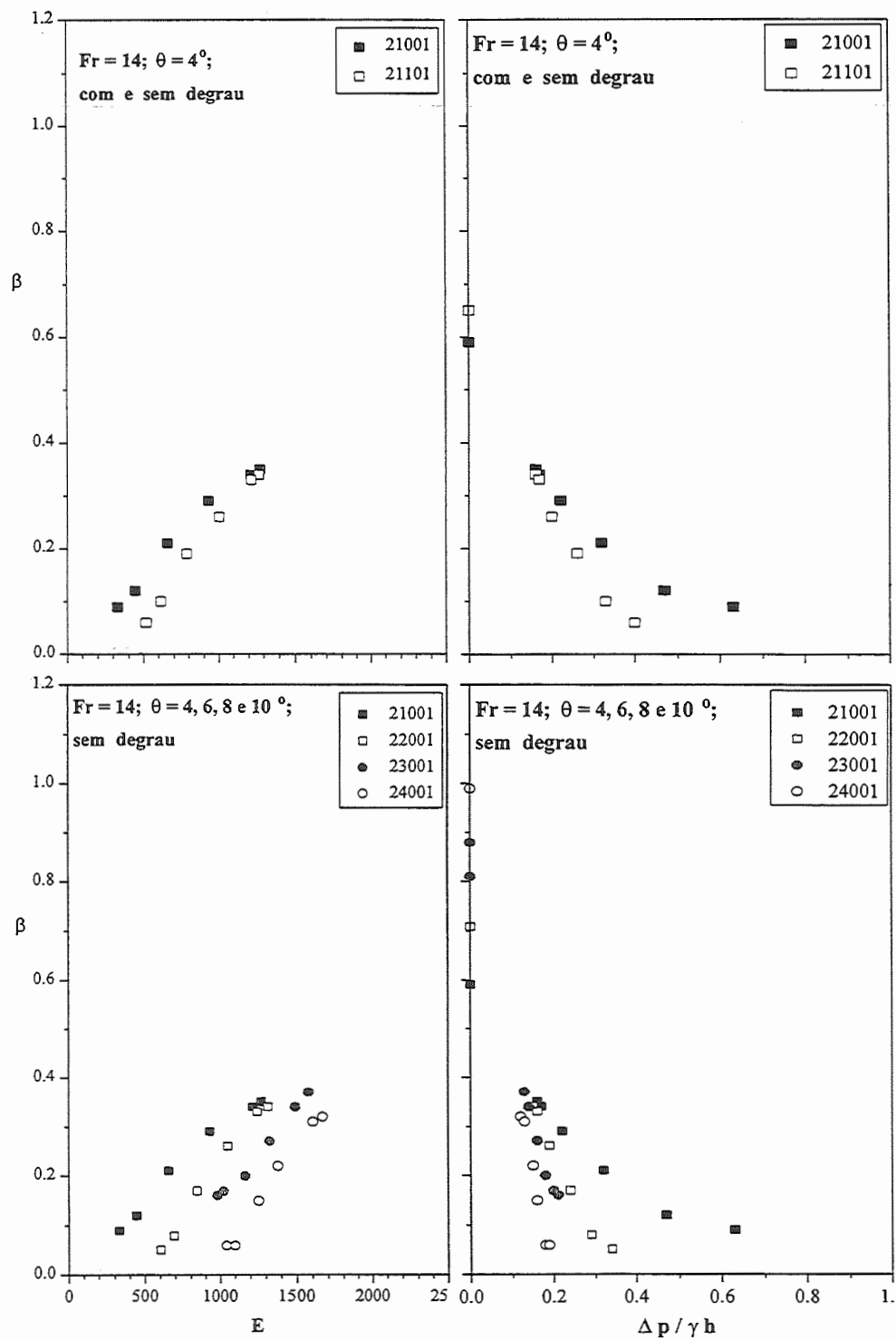


FIGURA A3.16a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 14$).

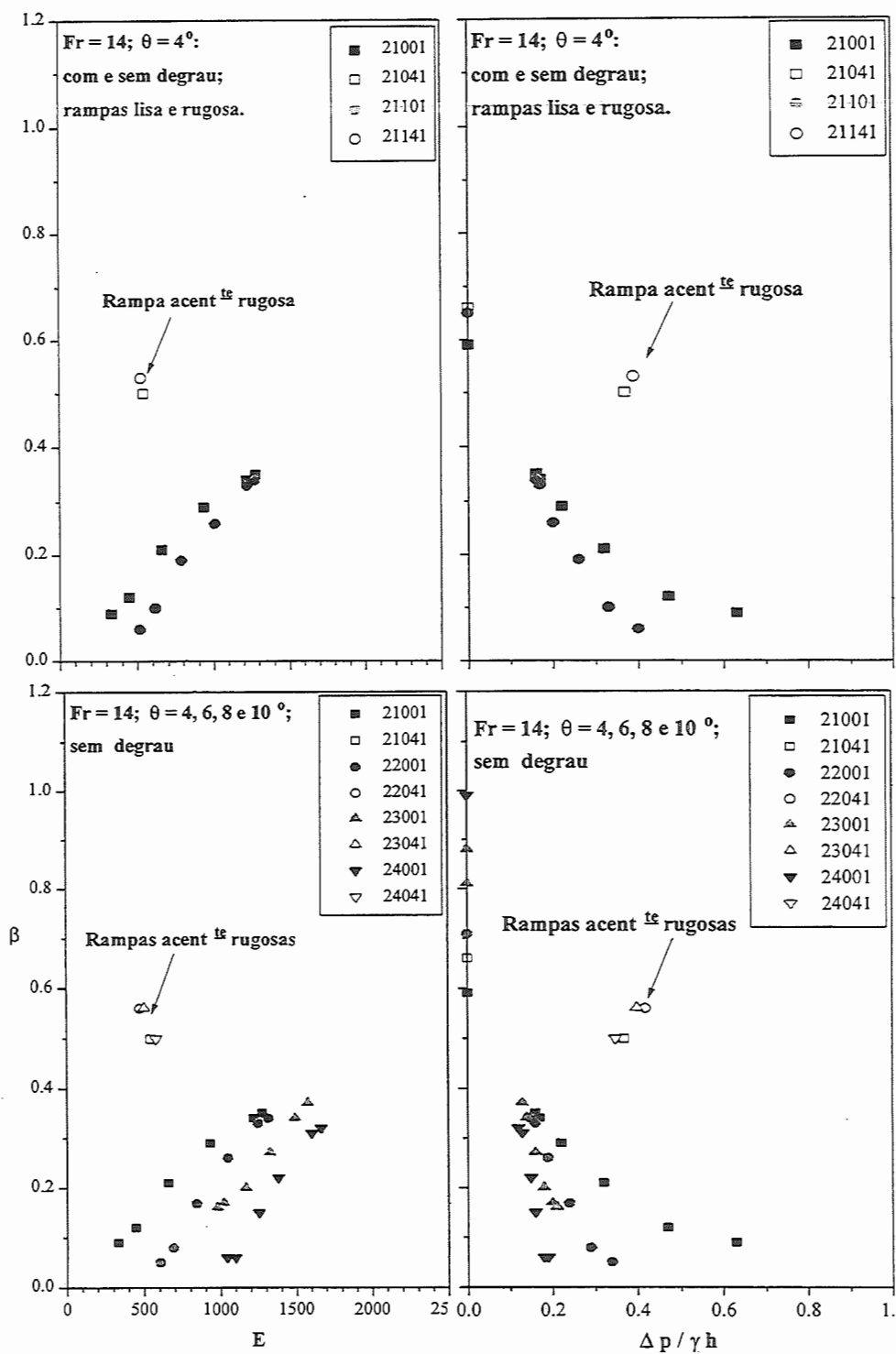


FIGURA A3.16b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 14$).

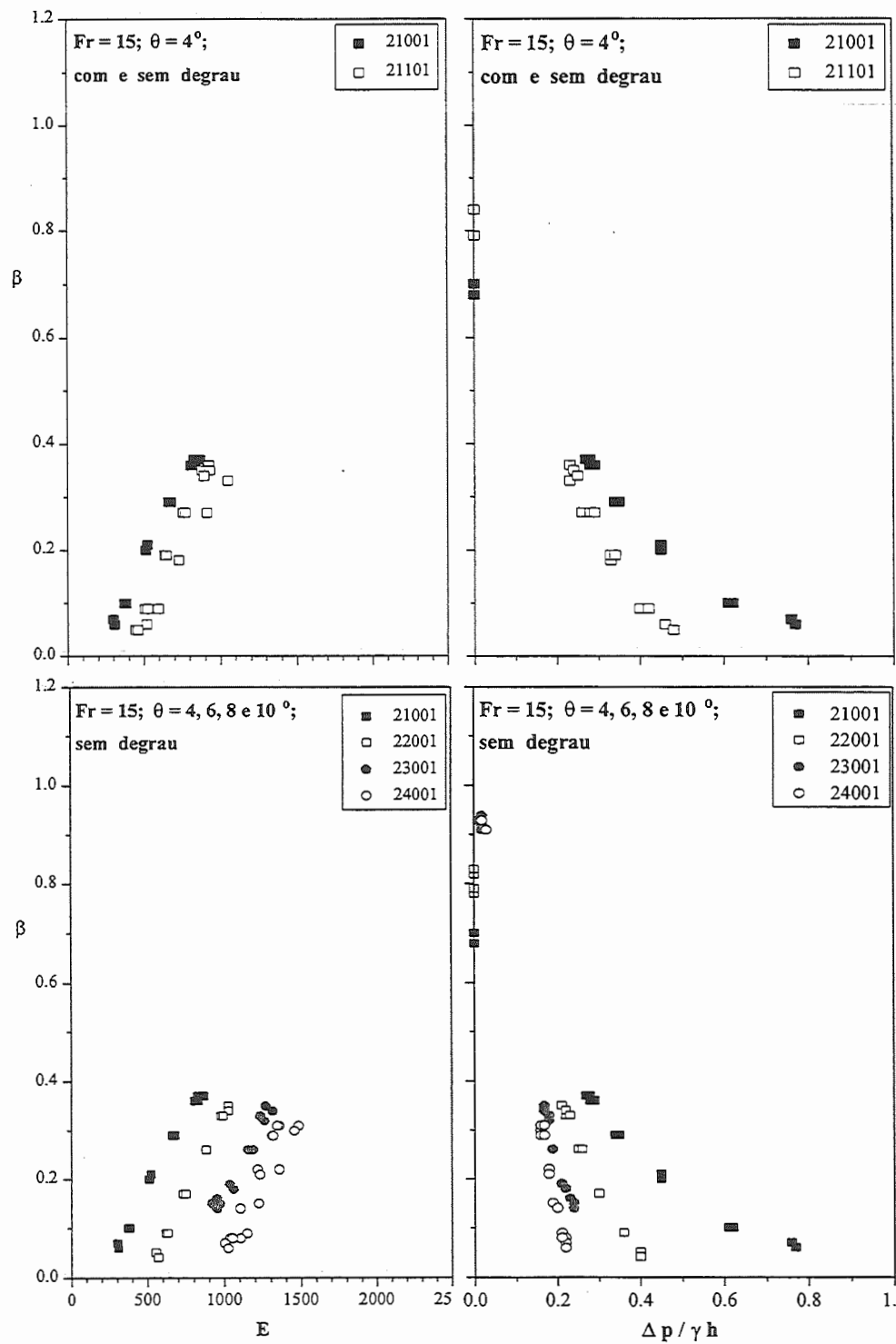


FIGURA A3.17a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 15$).

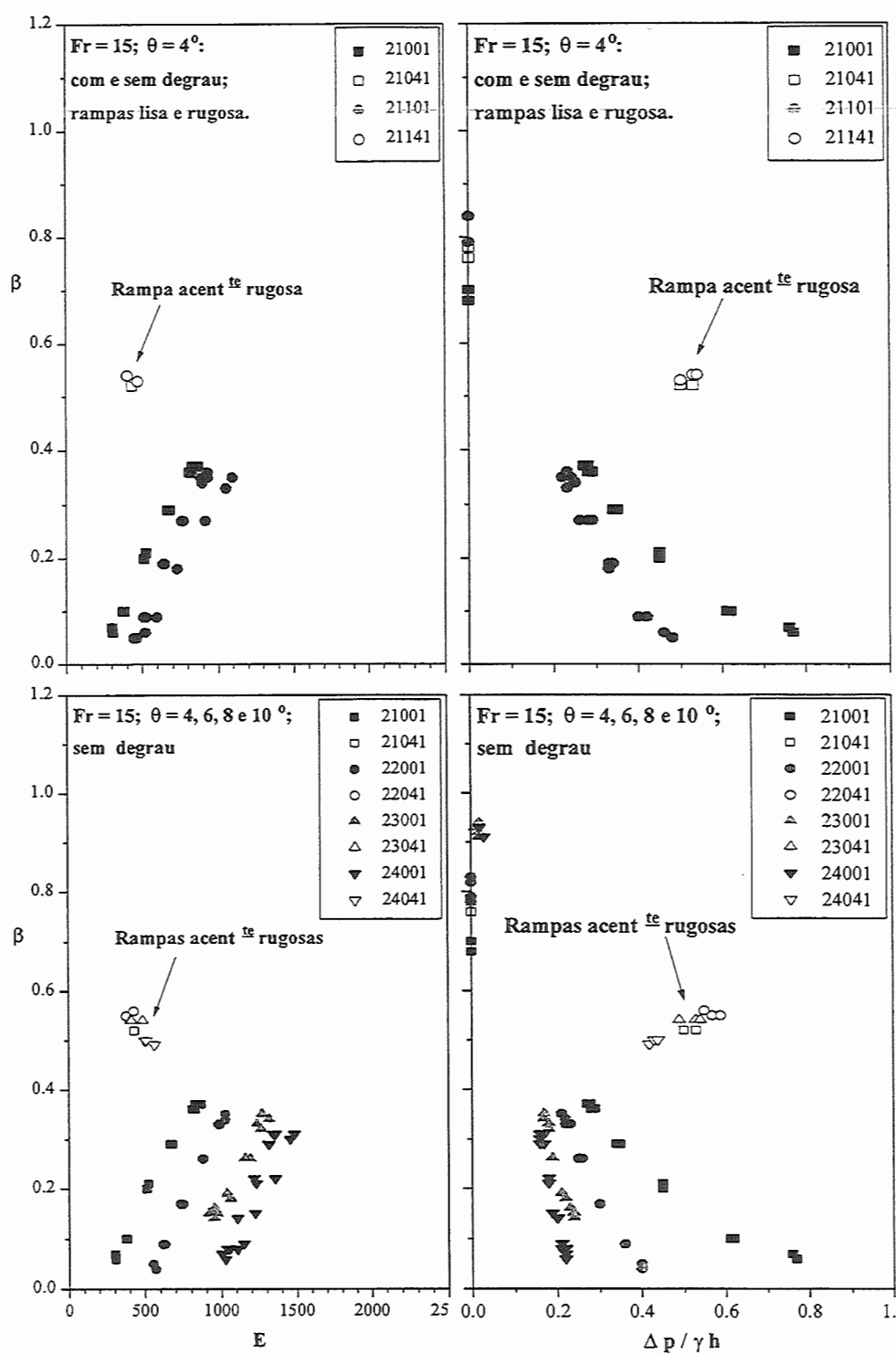


FIGURA A3.17b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 15$).

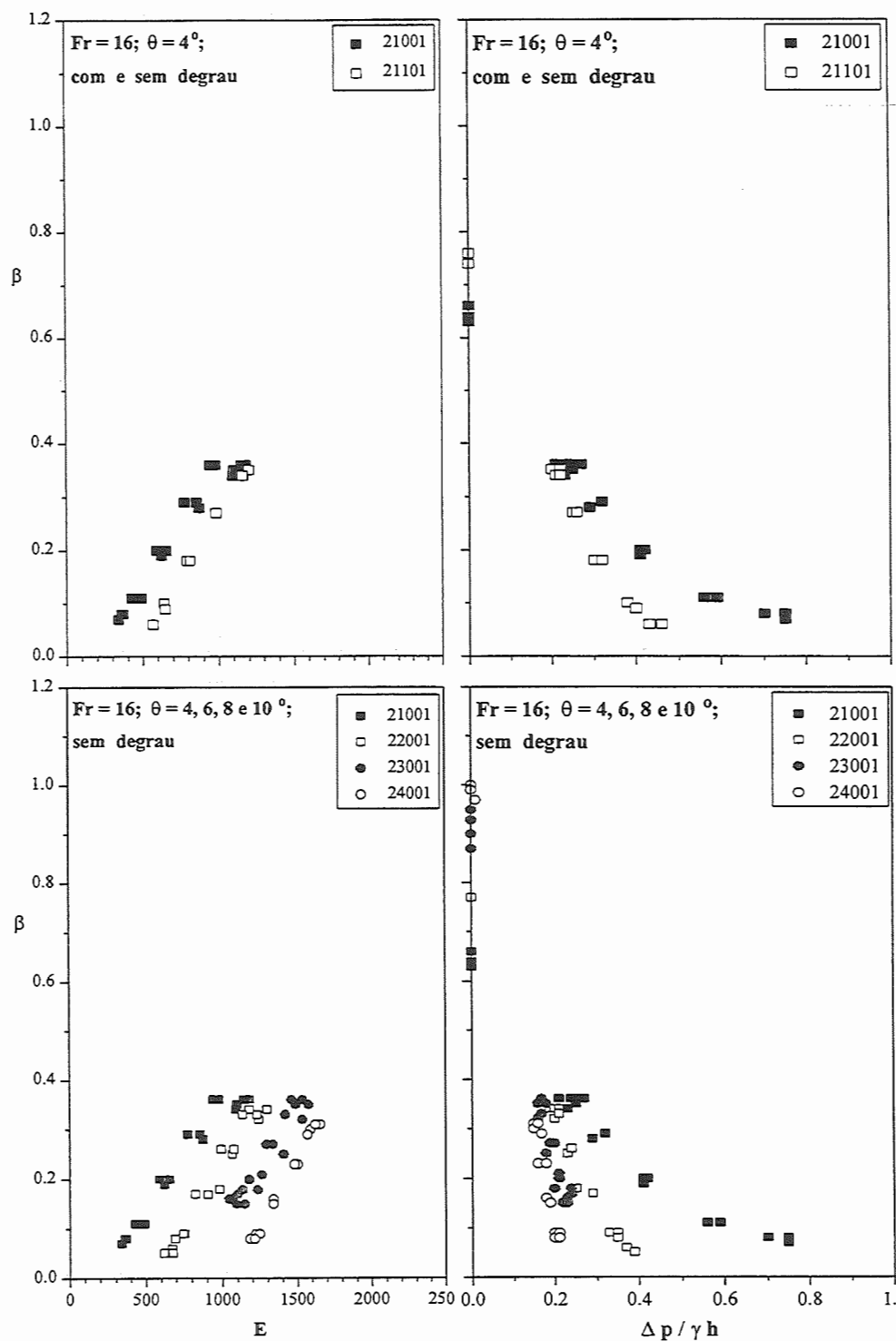


FIGURA A3.18a: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 16$).

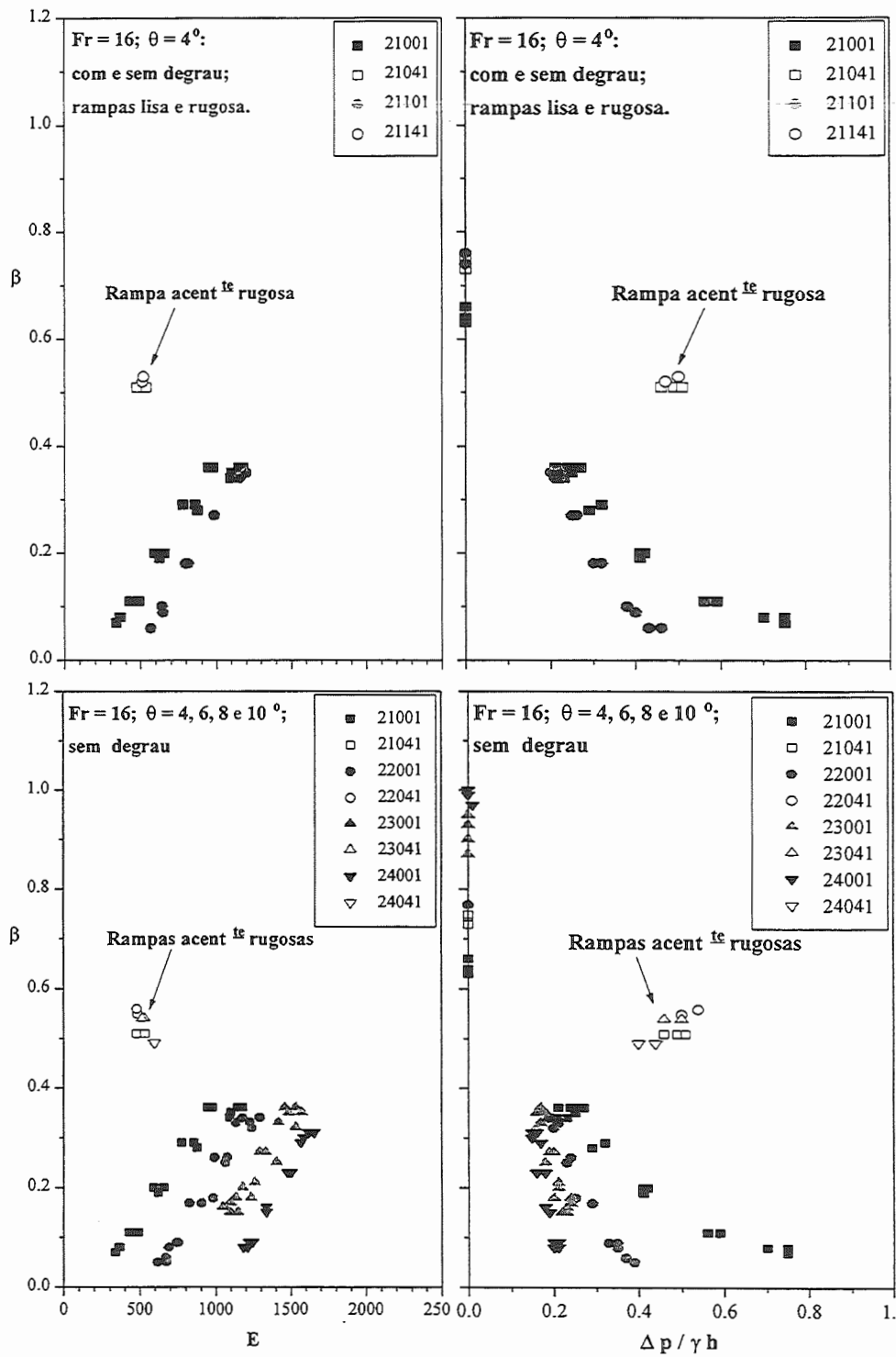


FIGURA A3.18b: Desempenho das diversas configurações ensaiadas neste trabalho ($Fr = 16$).

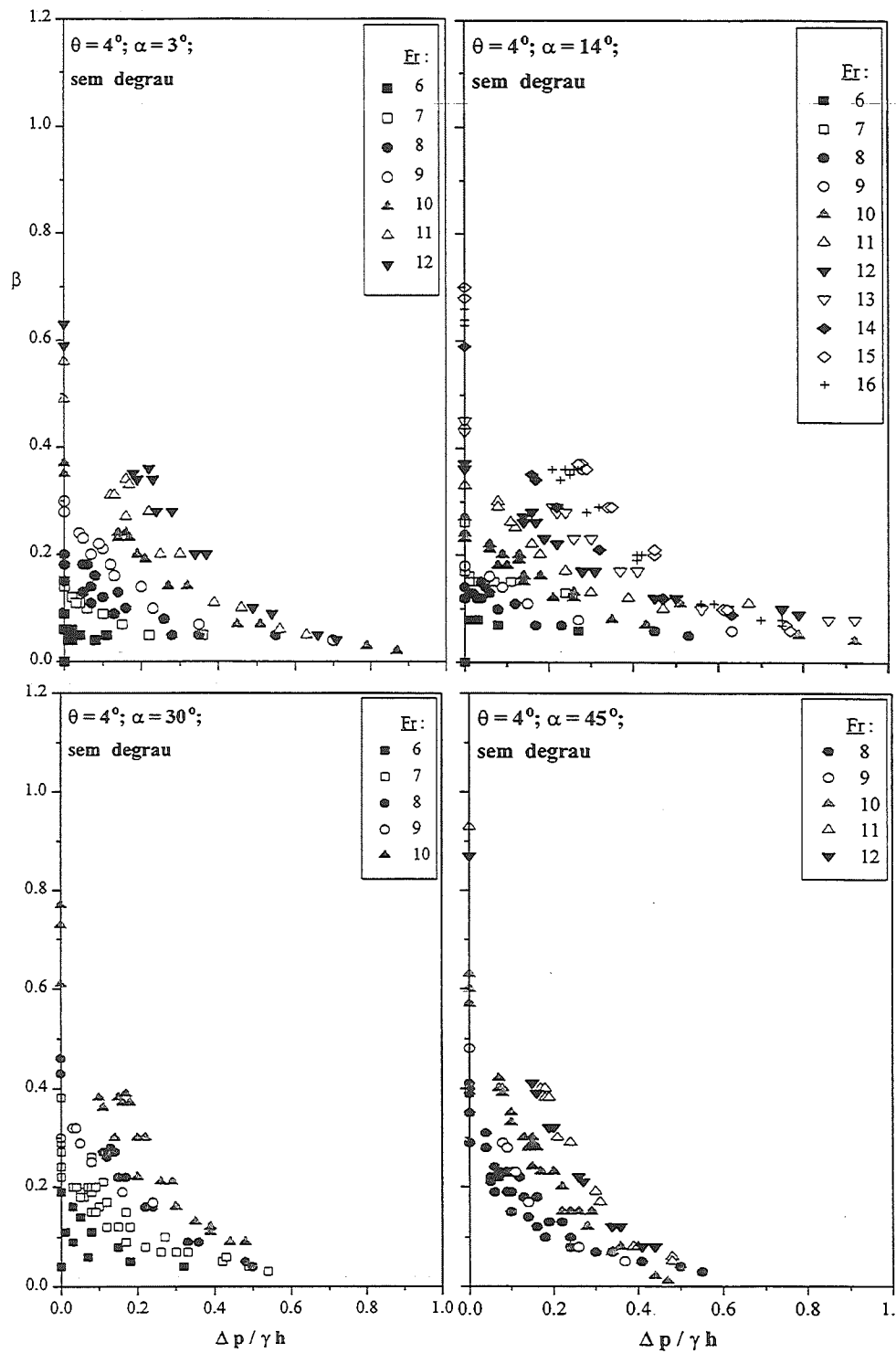


FIGURA A3.19a: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\theta=4^\circ$).

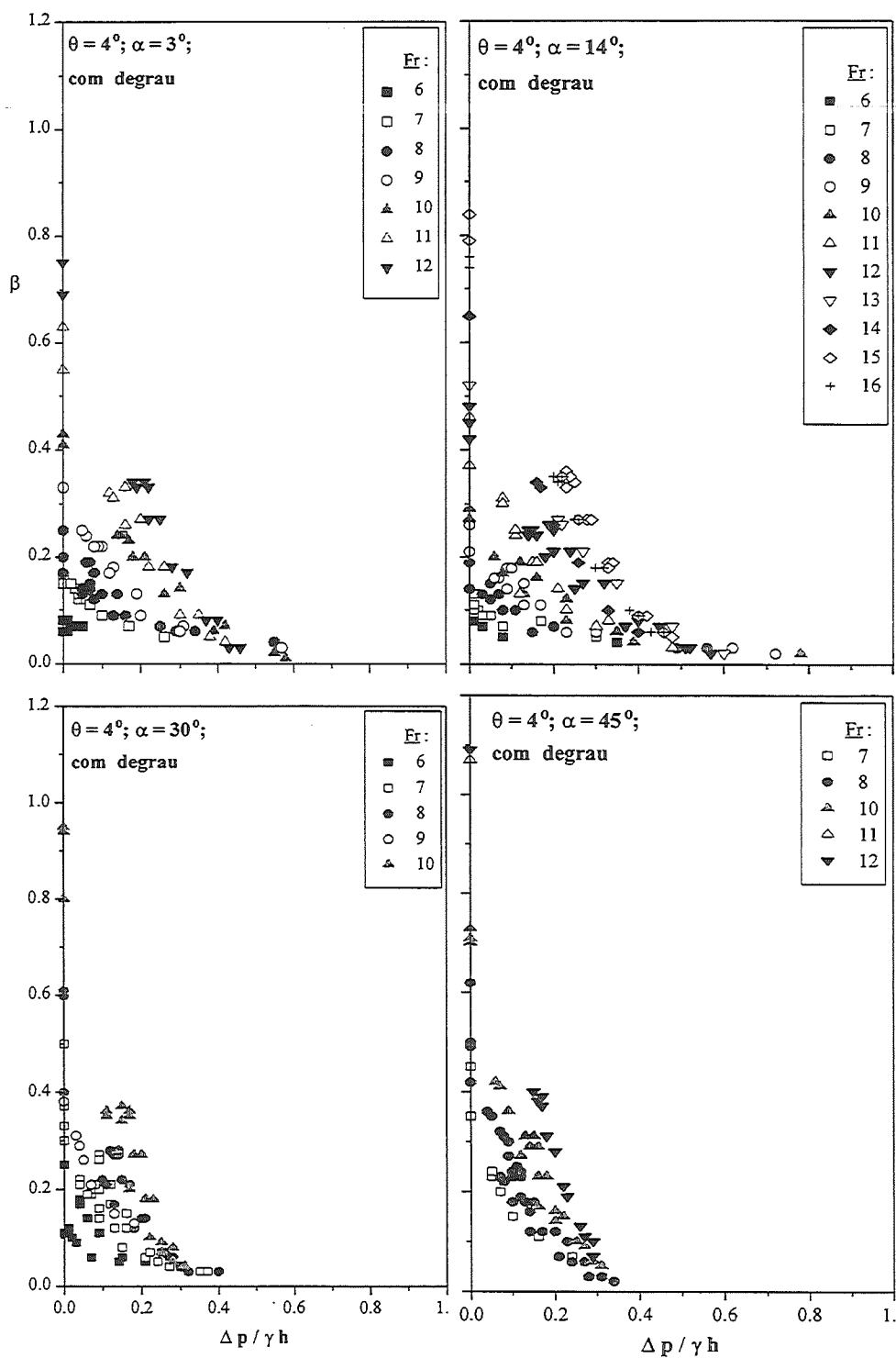


FIGURA A3.19b: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas (com degrau; $\theta=4^\circ$).

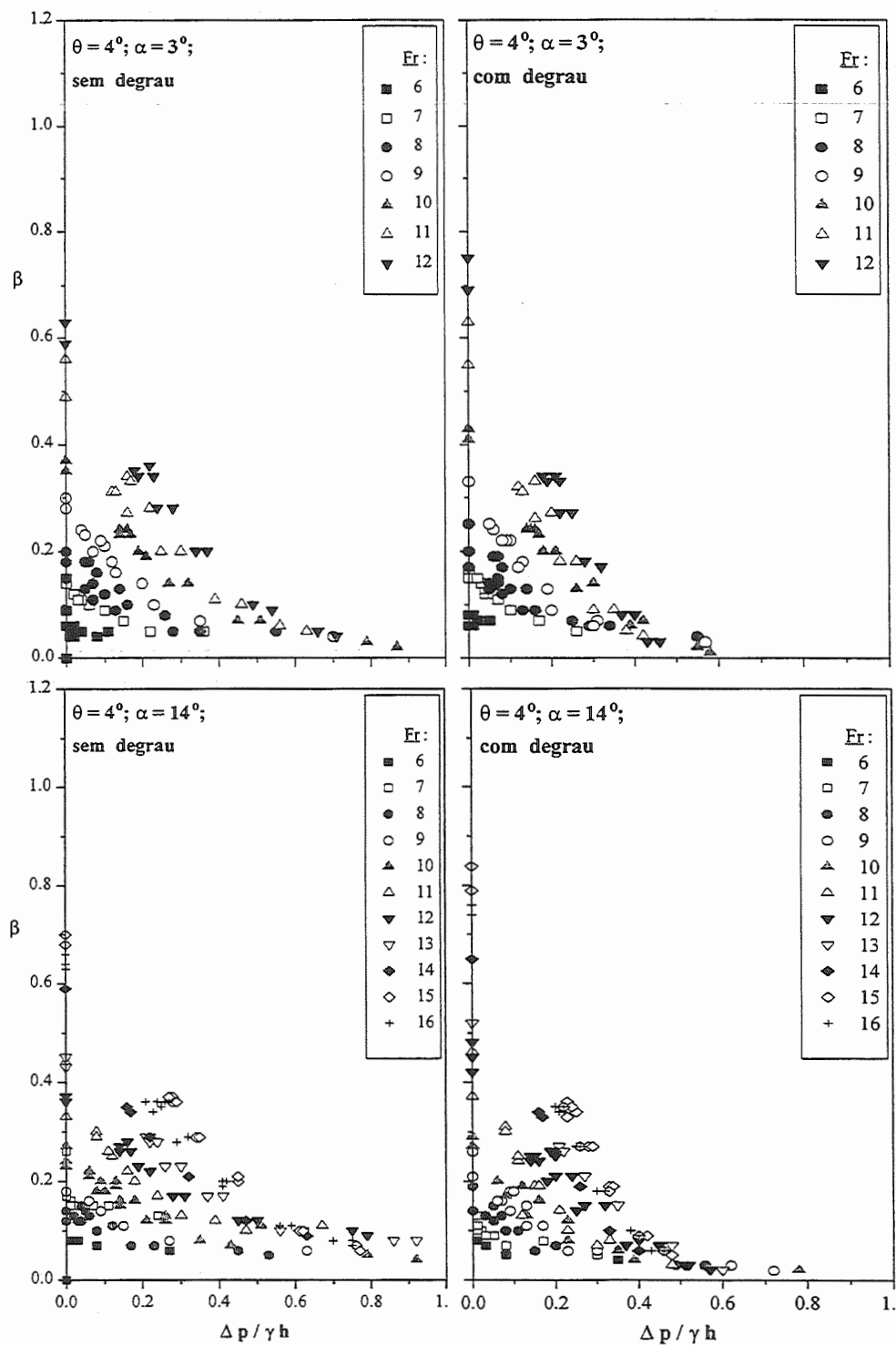


FIGURA A3.19c: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas ($\theta = 4^\circ$; $\alpha = 3^\circ$ e 14°).

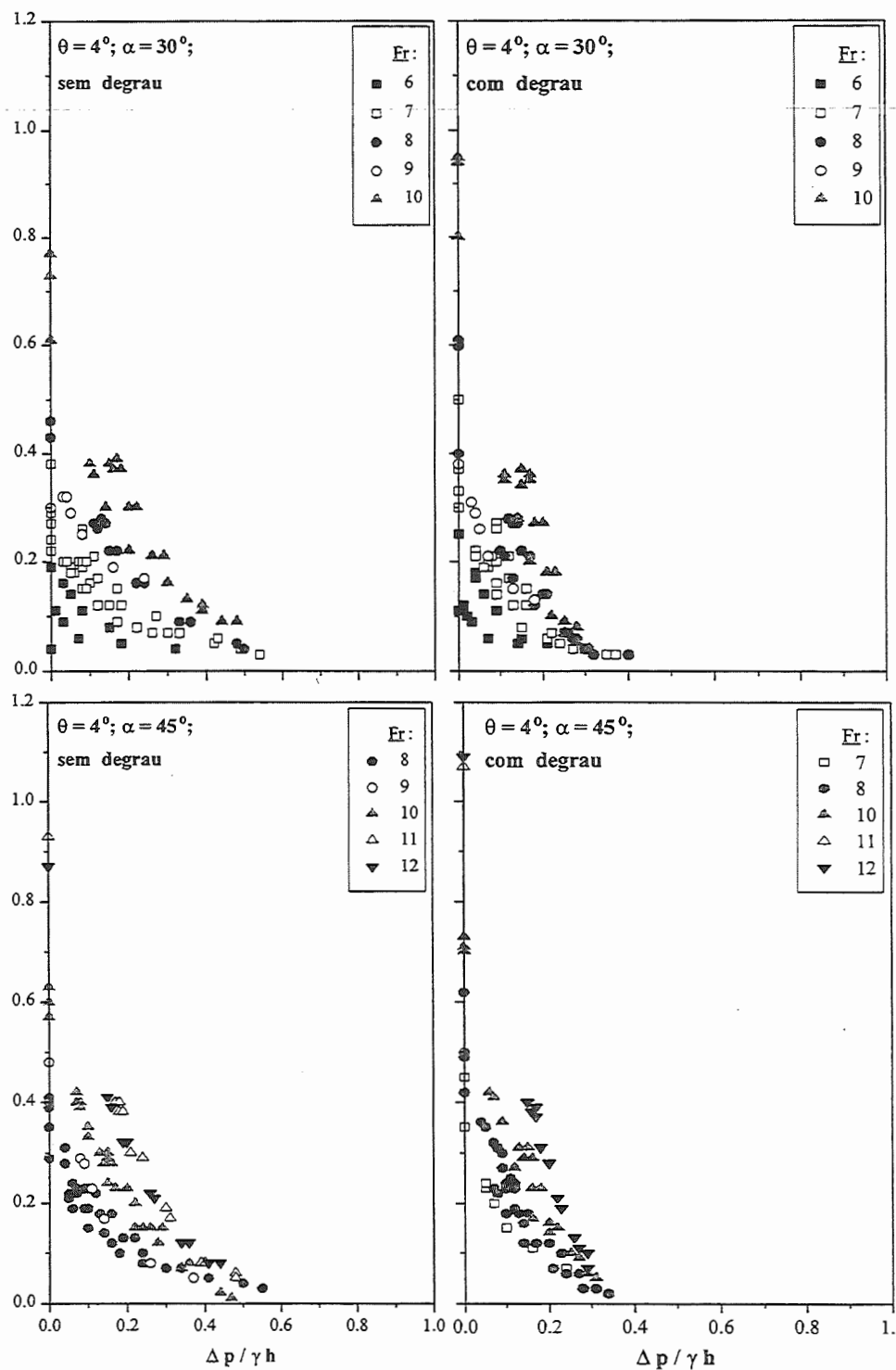


FIGURA A3.19d: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas ($\theta=4^\circ$; $\alpha=30^\circ$ e 45°)

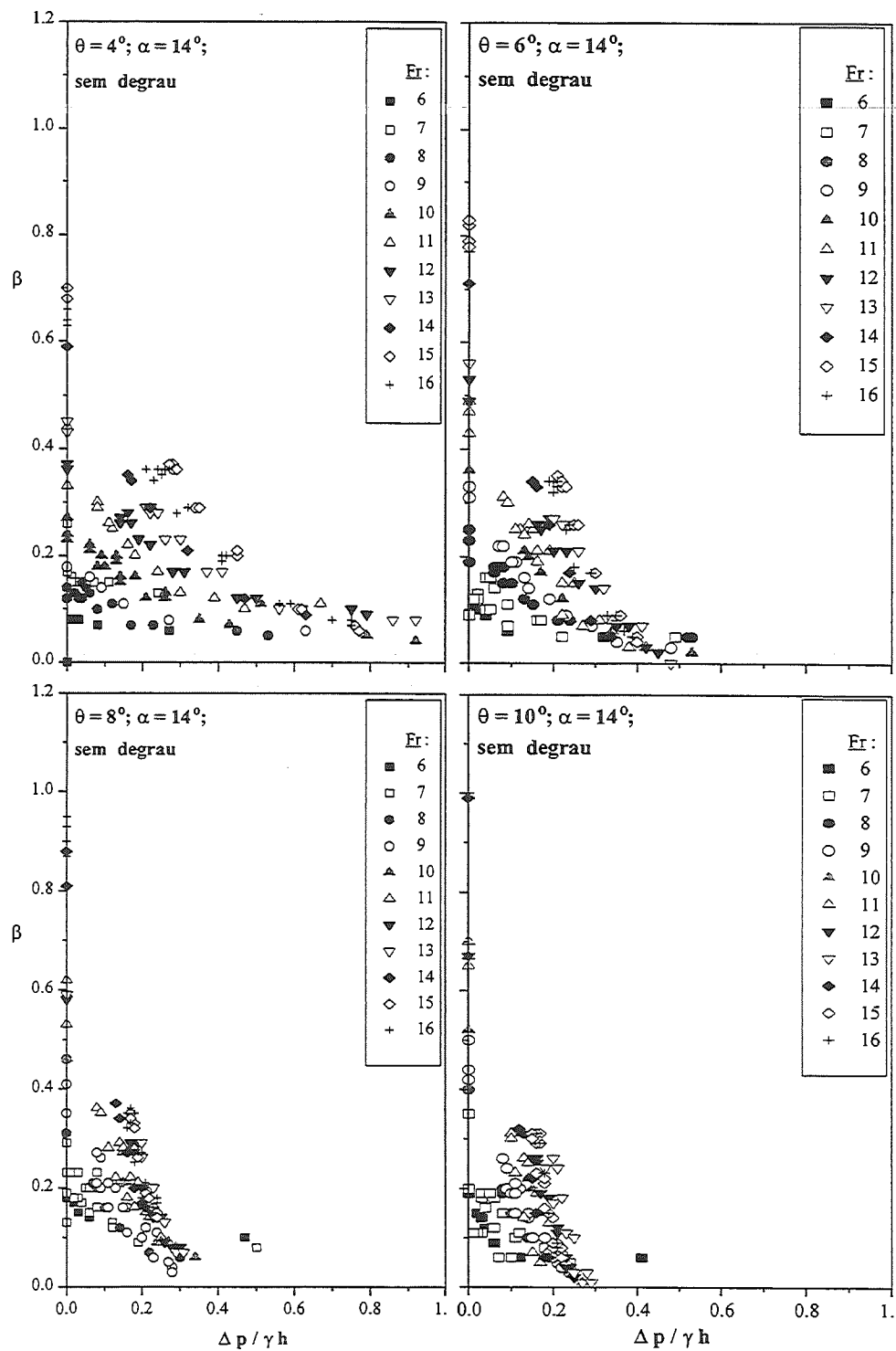


FIGURA A3.19e: Gráficos ($\beta \times \Delta p / \gamma h$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\alpha=14^\circ$).

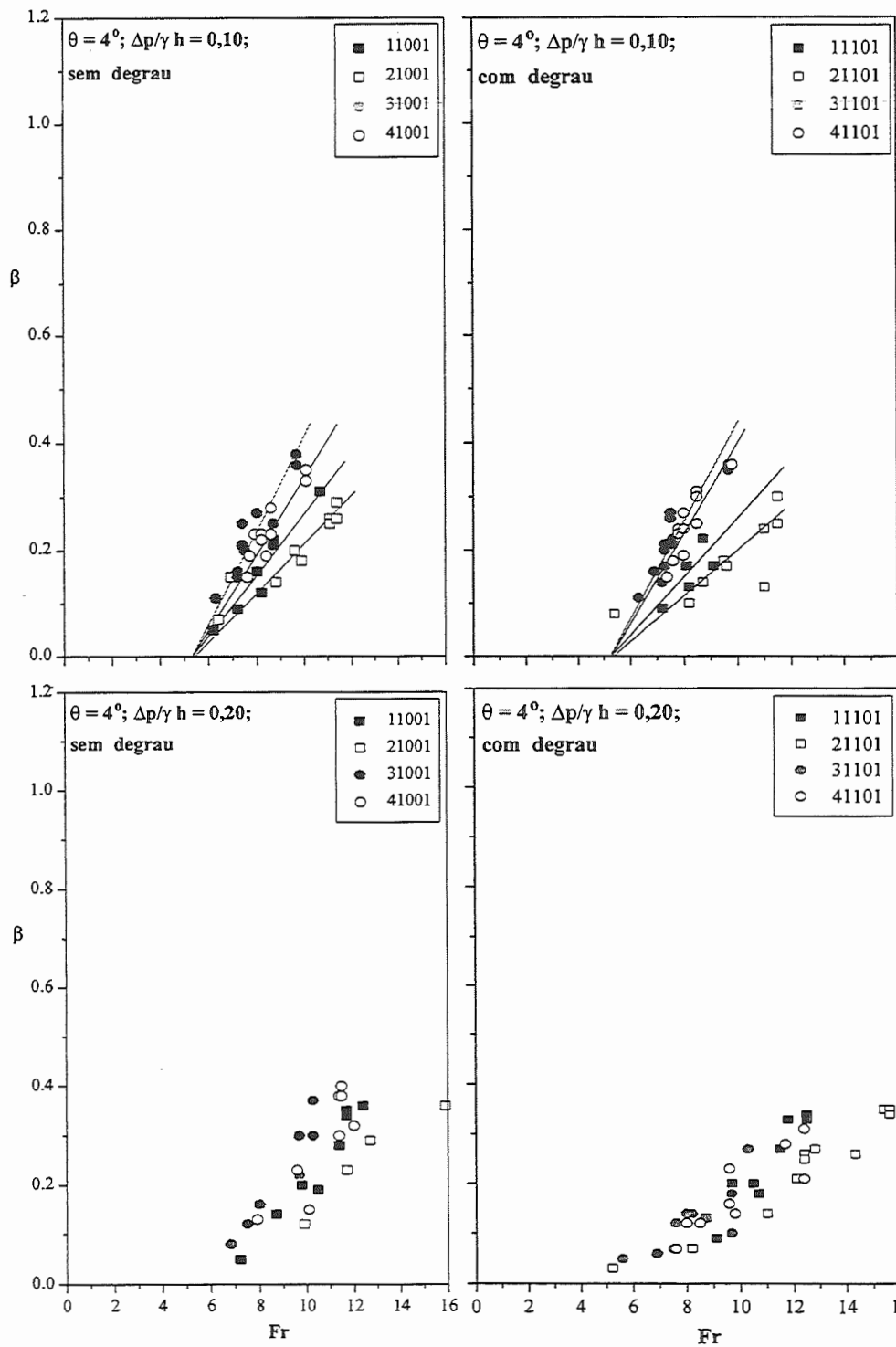


Figura A3.20a: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = \text{cte}$; $\theta = 4^\circ$).

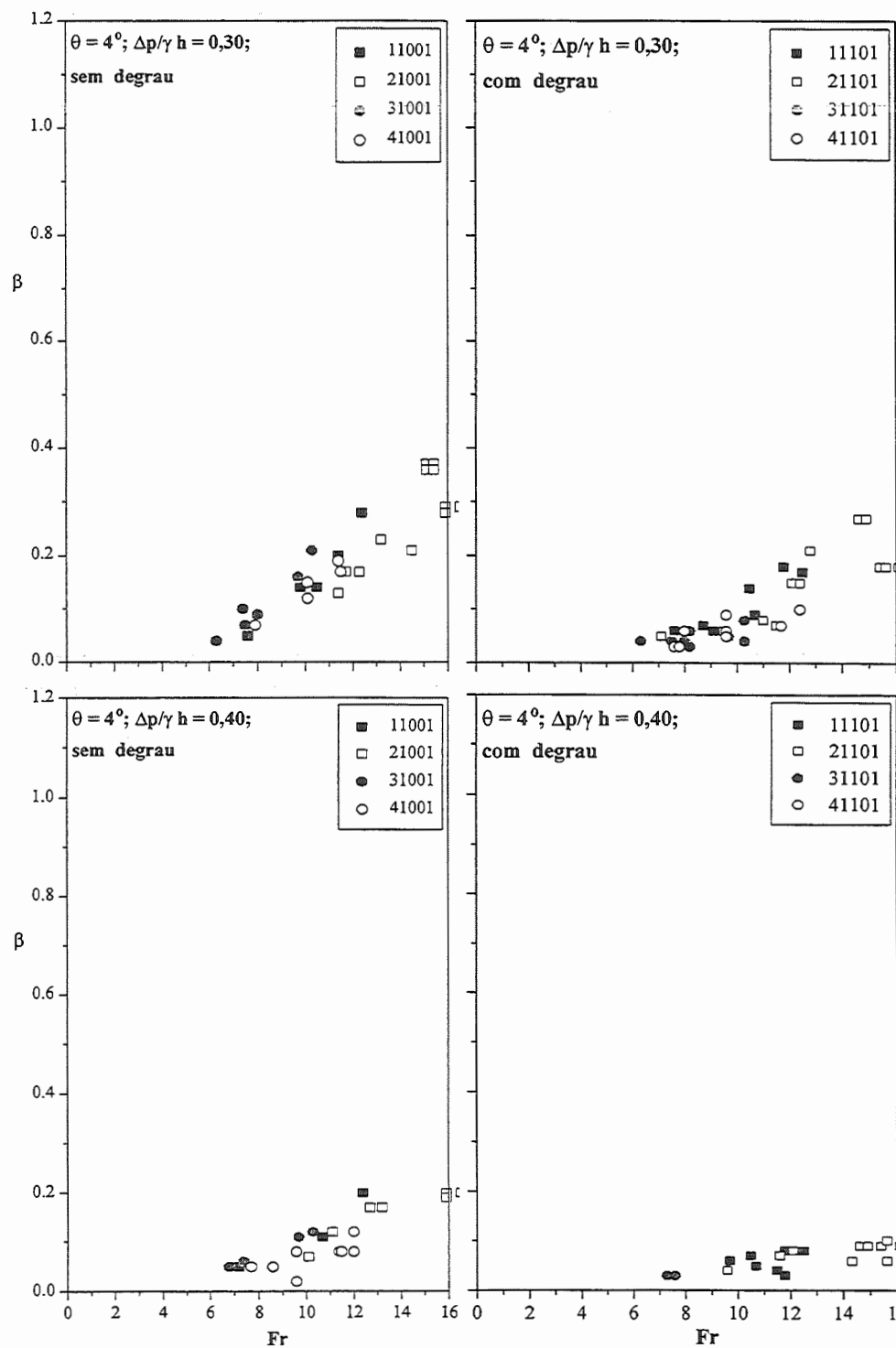


Figura A3.20b: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = cte$; $\theta = 4^\circ$).

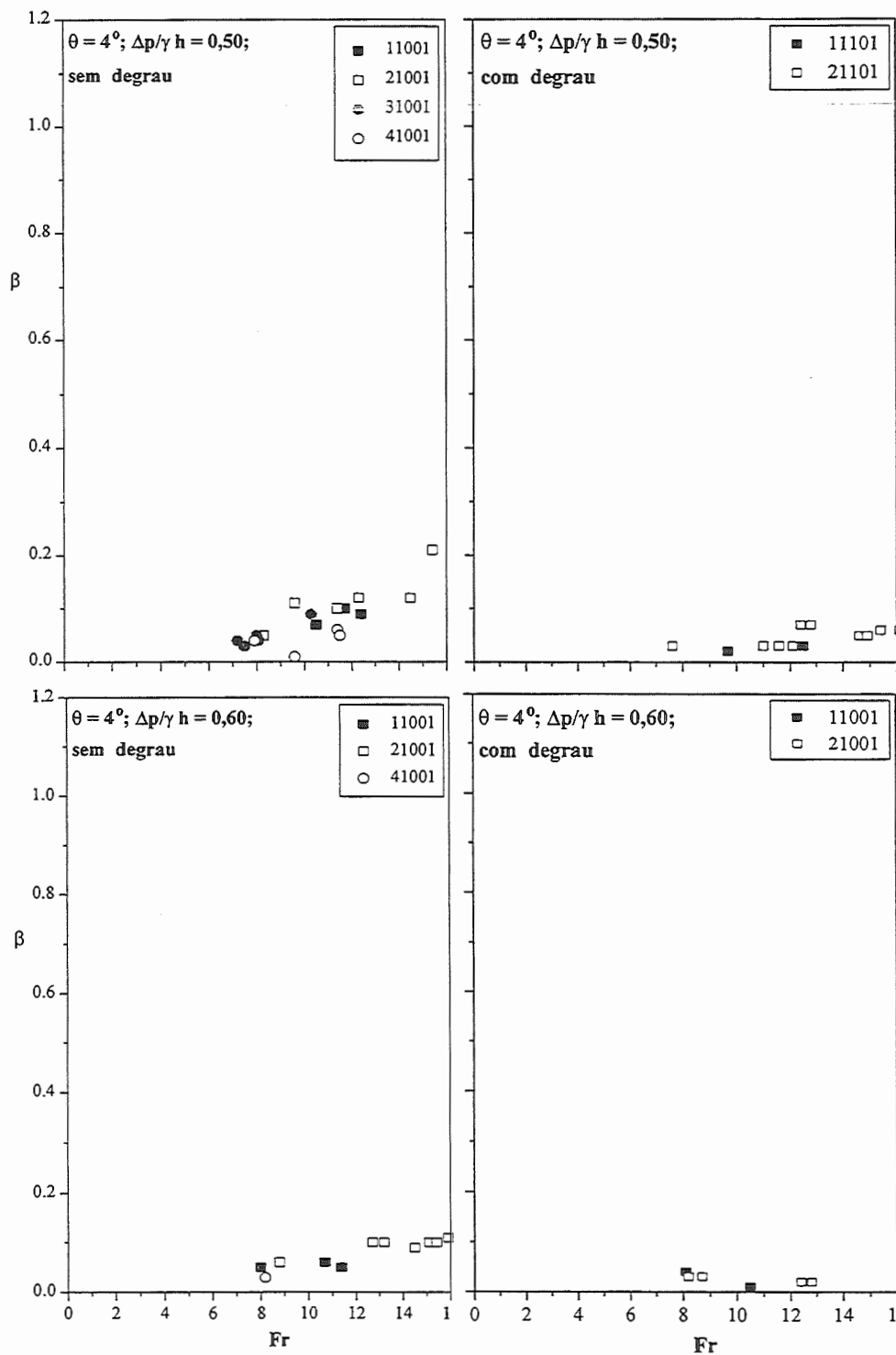


Figura A3.20c: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = \text{cte}$; $\theta = 4^\circ$).

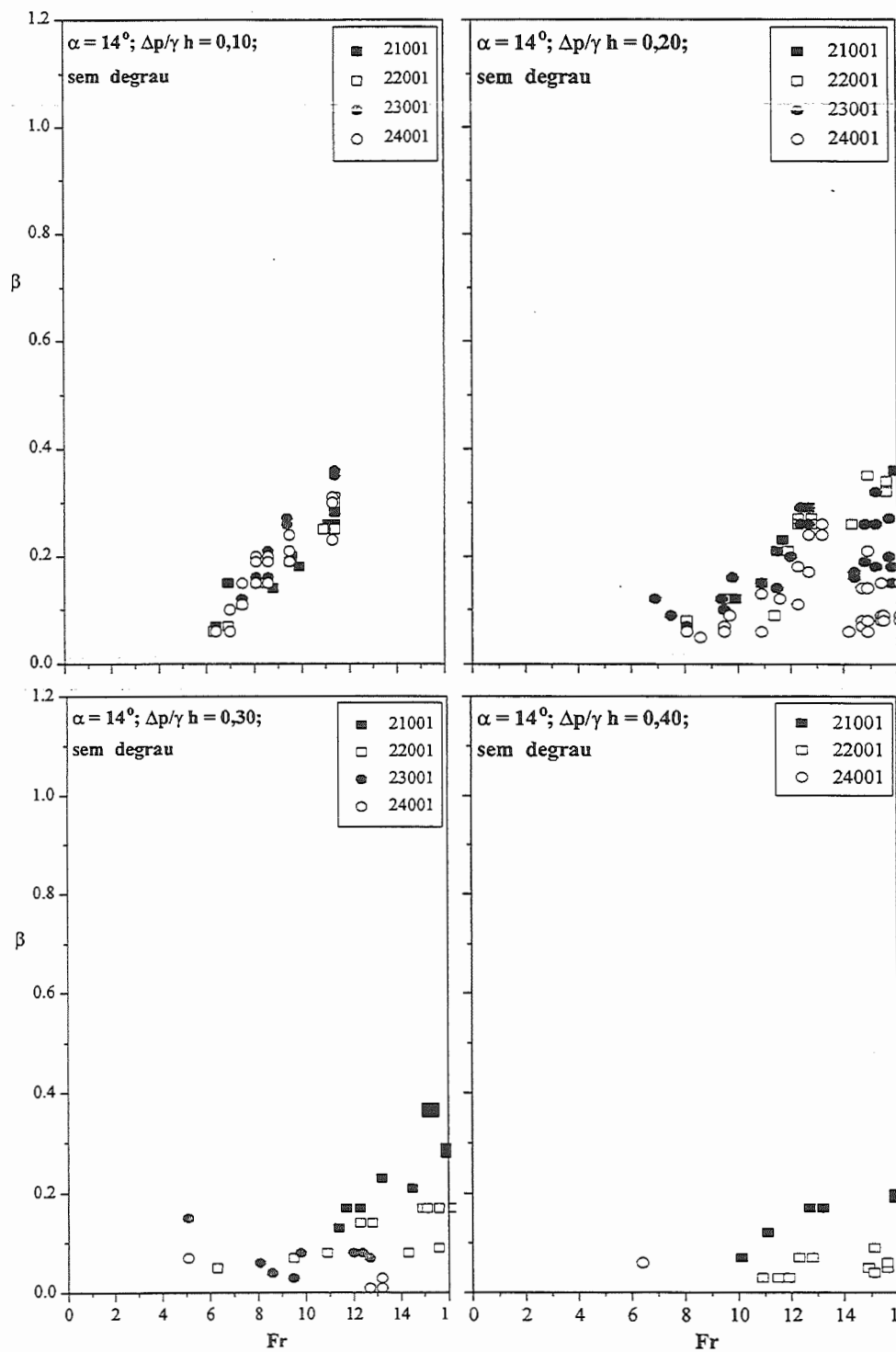


Figura A3.20d: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas ($\Delta p/\gamma h = cte$; $\alpha = 14^\circ$).

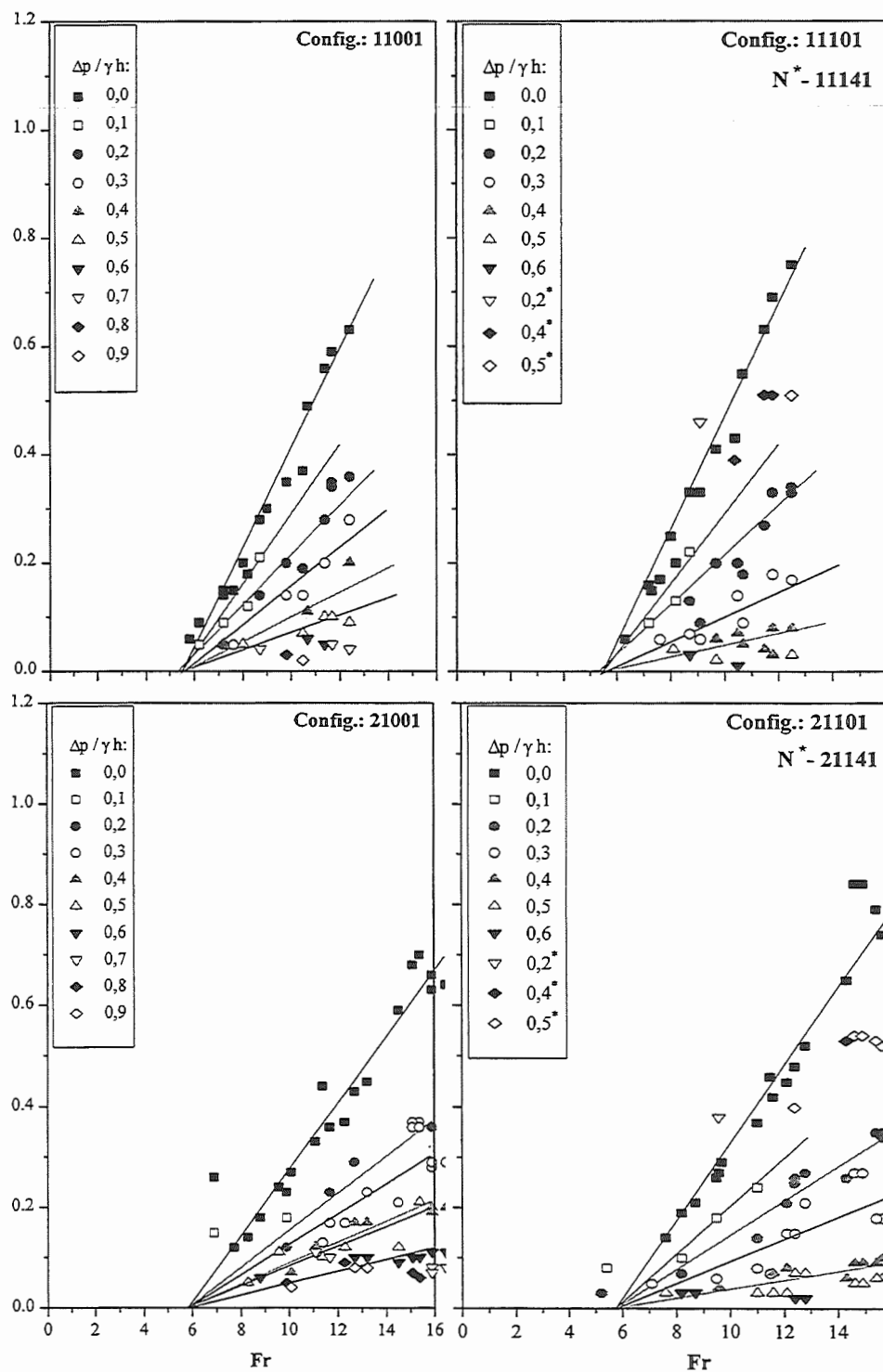


FIGURA A3.21a: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/ e c/ degrau; $\theta=40^\circ$).

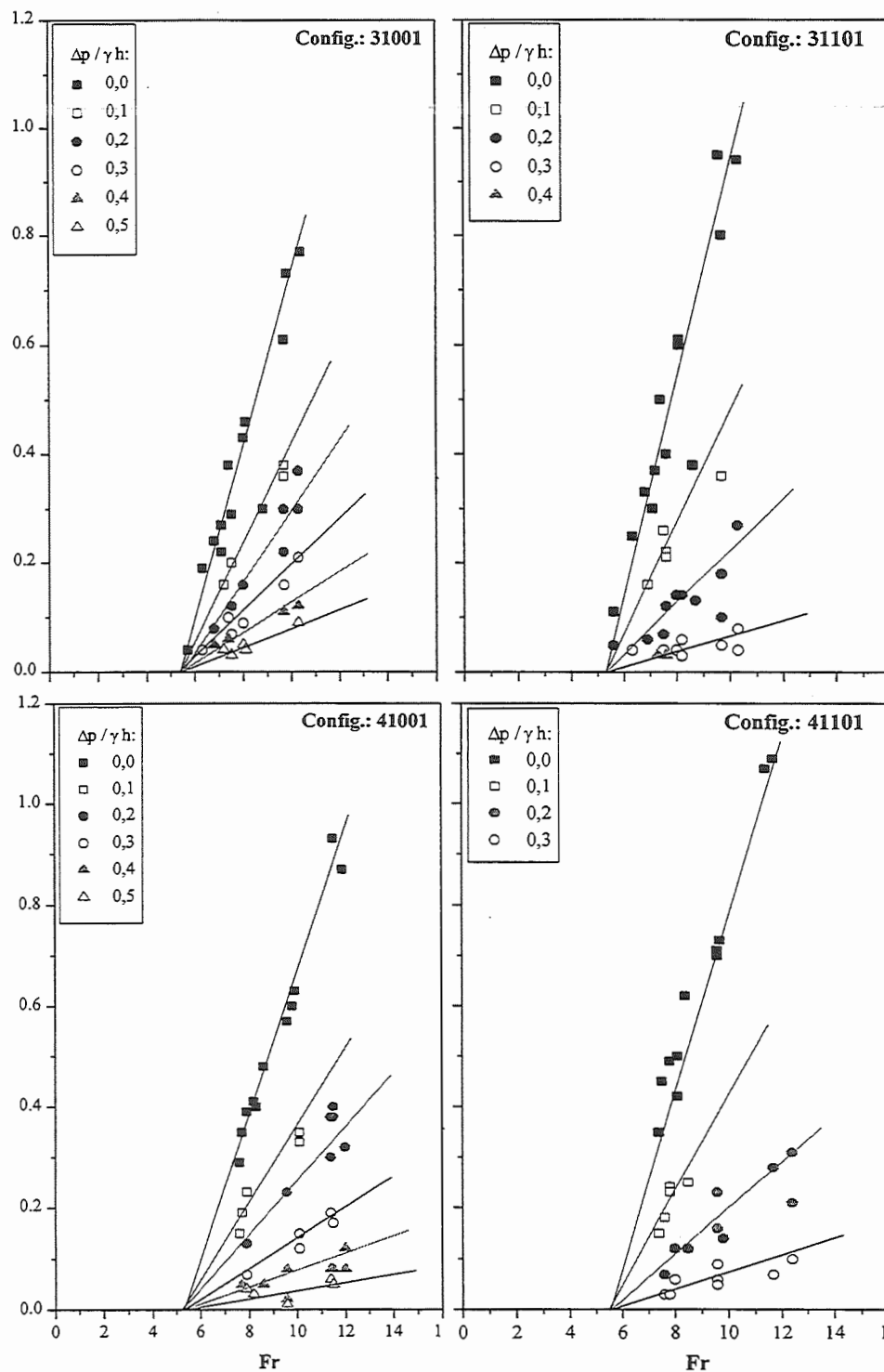


FIGURA A3.21b: Gráficos ($\beta \times Fr$) para as configurações ensaiadas (s/ e c/ degrau; $\theta=40^\circ$).

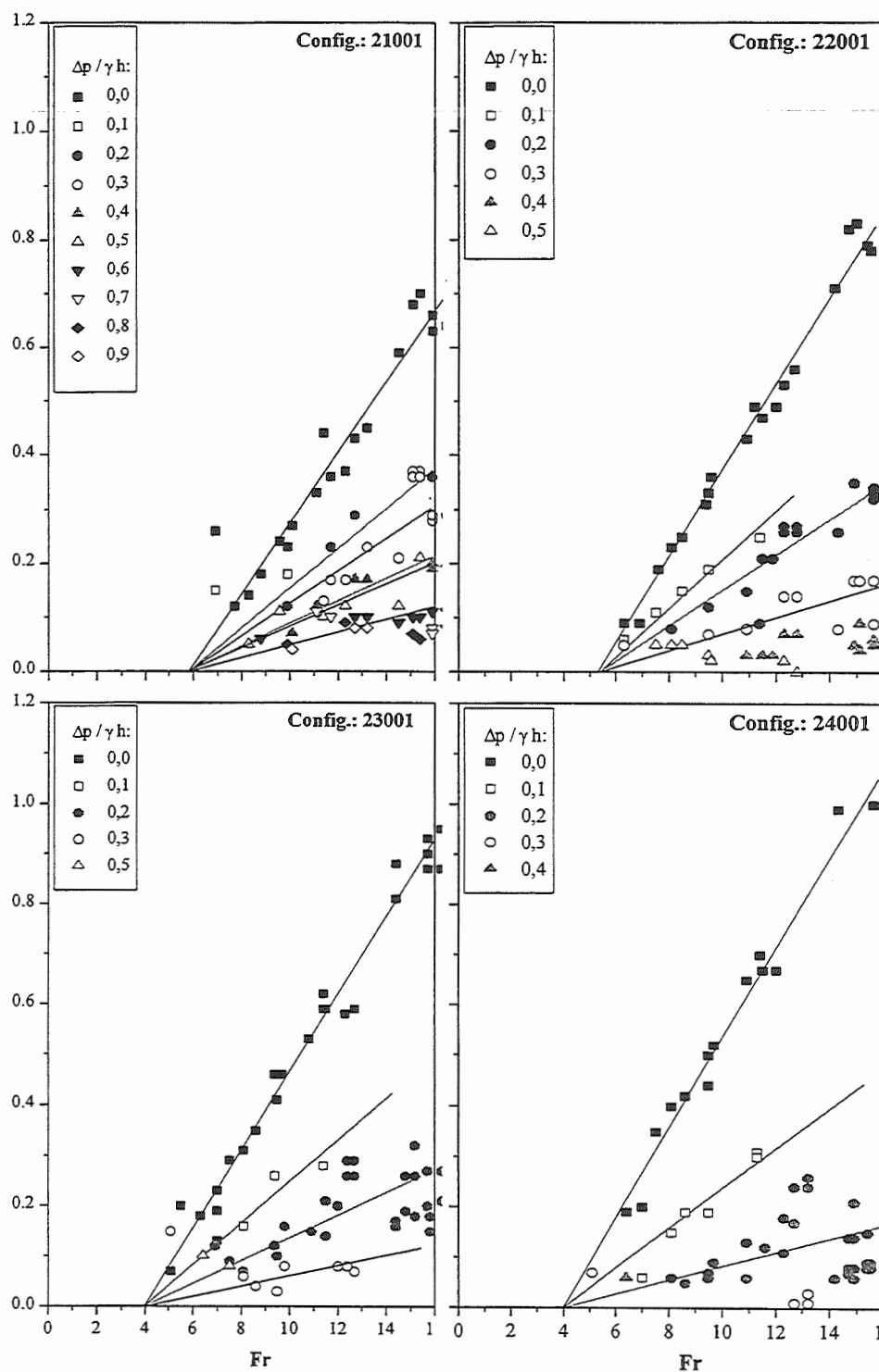


FIGURA A3.21c: Gráficos ($\beta x Fr$) para as configurações ensaiadas (sem degrau; $\alpha = 14^\circ$).

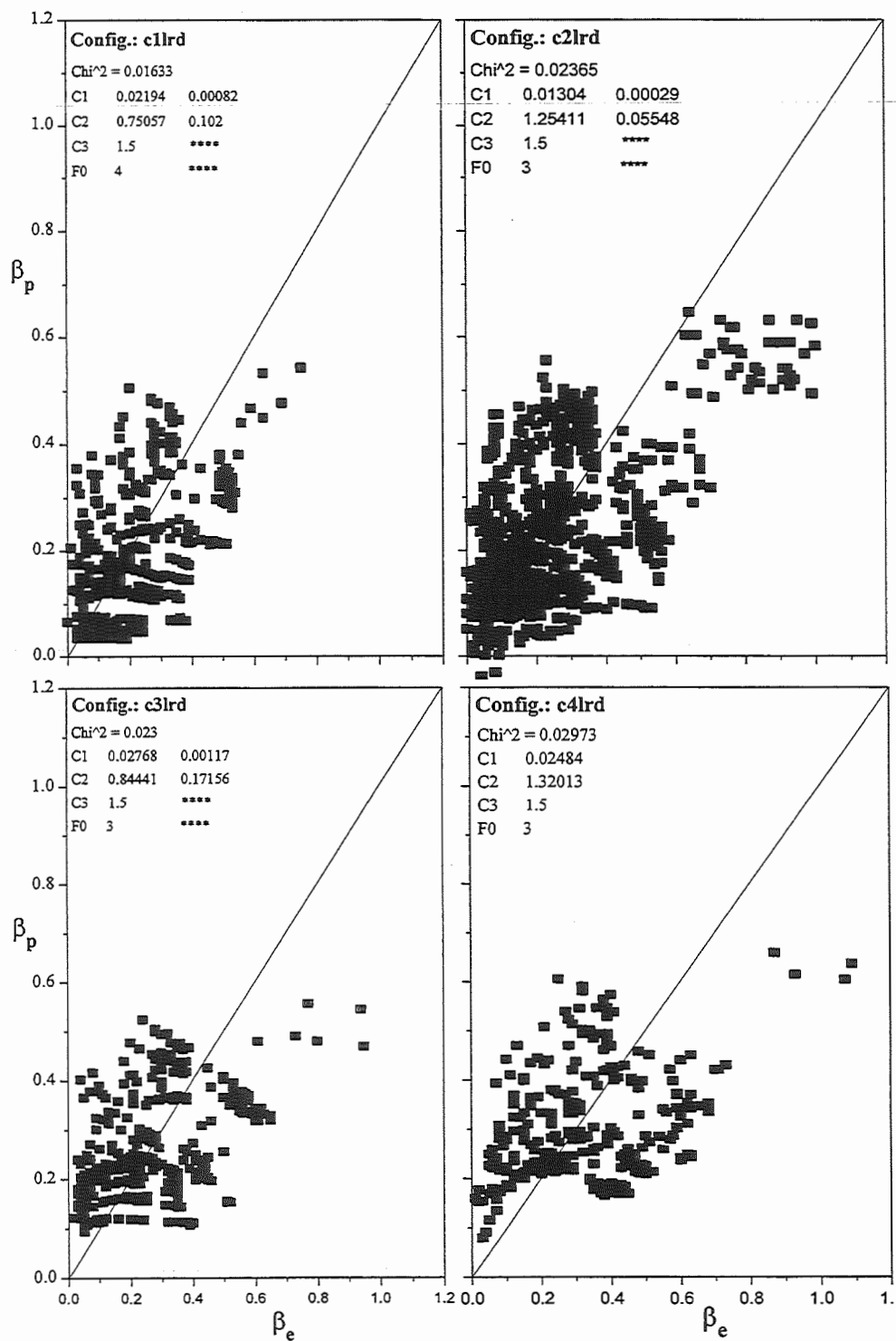


FIGURA A3.22a: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as configurações ensaiadas, rampas lisas e acentuadamente rugosas, s/ e c/ degrau; modelo proposto por KOSCHITZKY-KOBUS (1988).

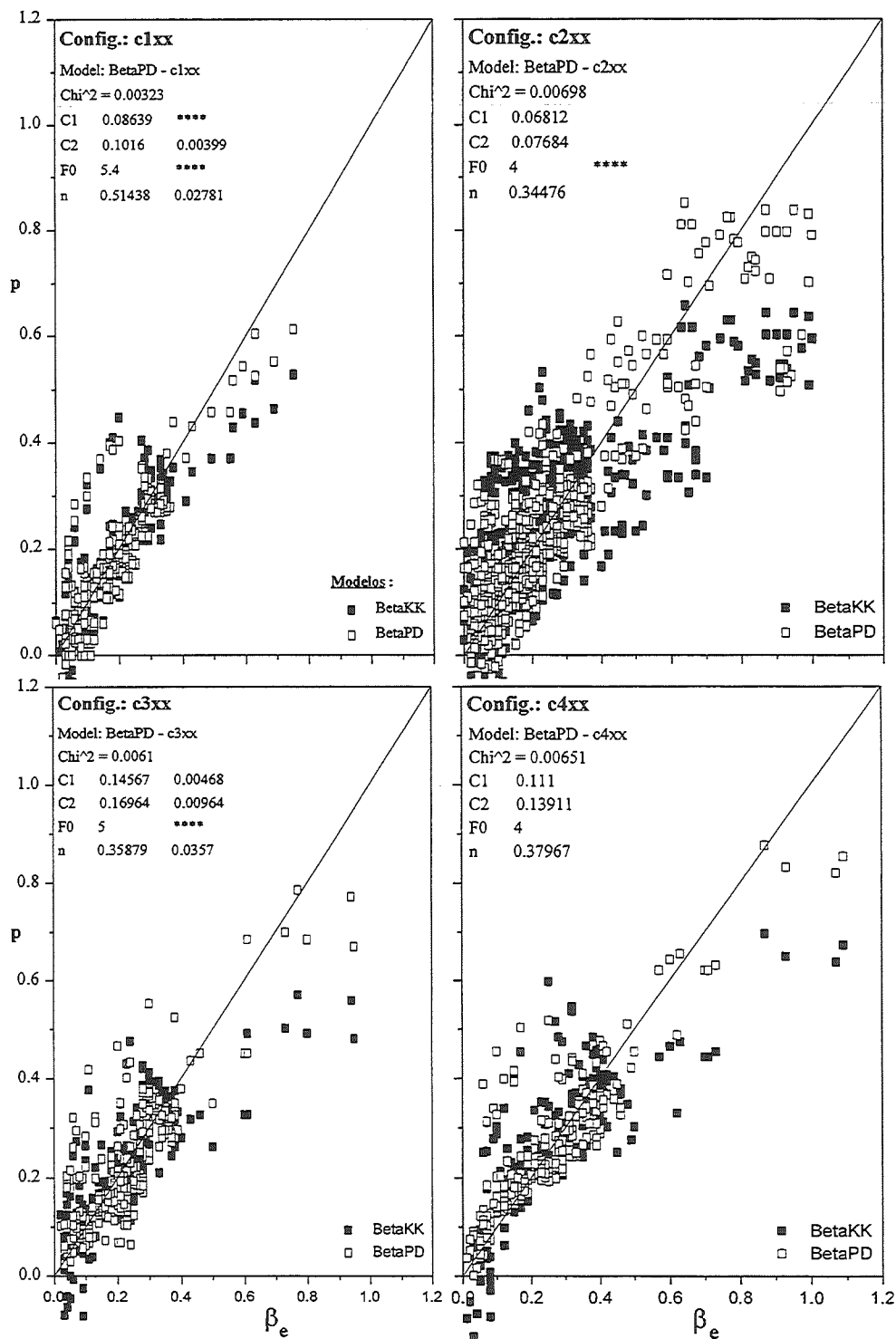


FIGURA A3.22b: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com as rampas lisas, s/ e c/ degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

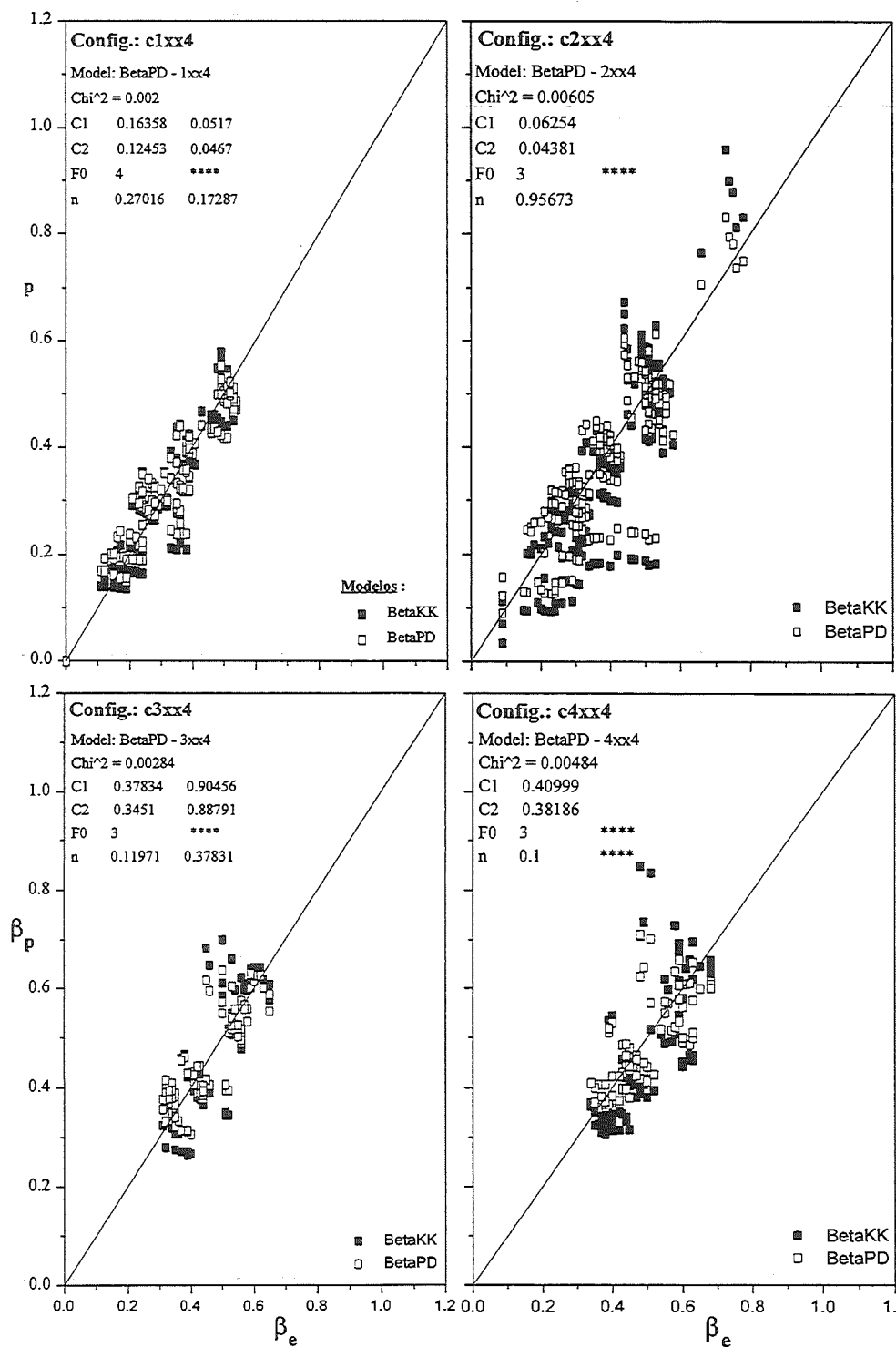


FIGURA A3.22c: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, rampas rugosas, s/ e c/ degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

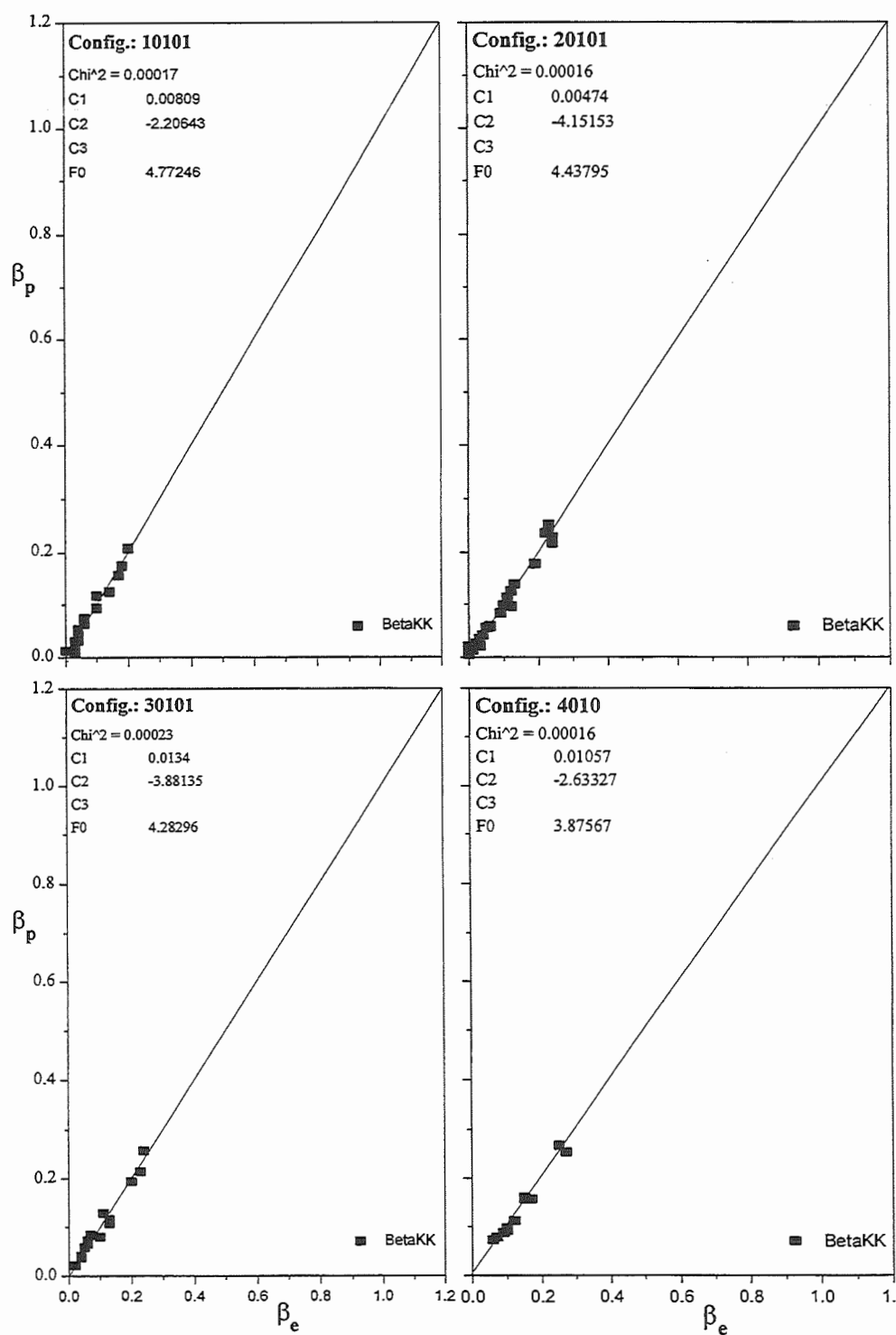


FIGURA A3.22d: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, sem rampa, com degrau; modelo tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988).

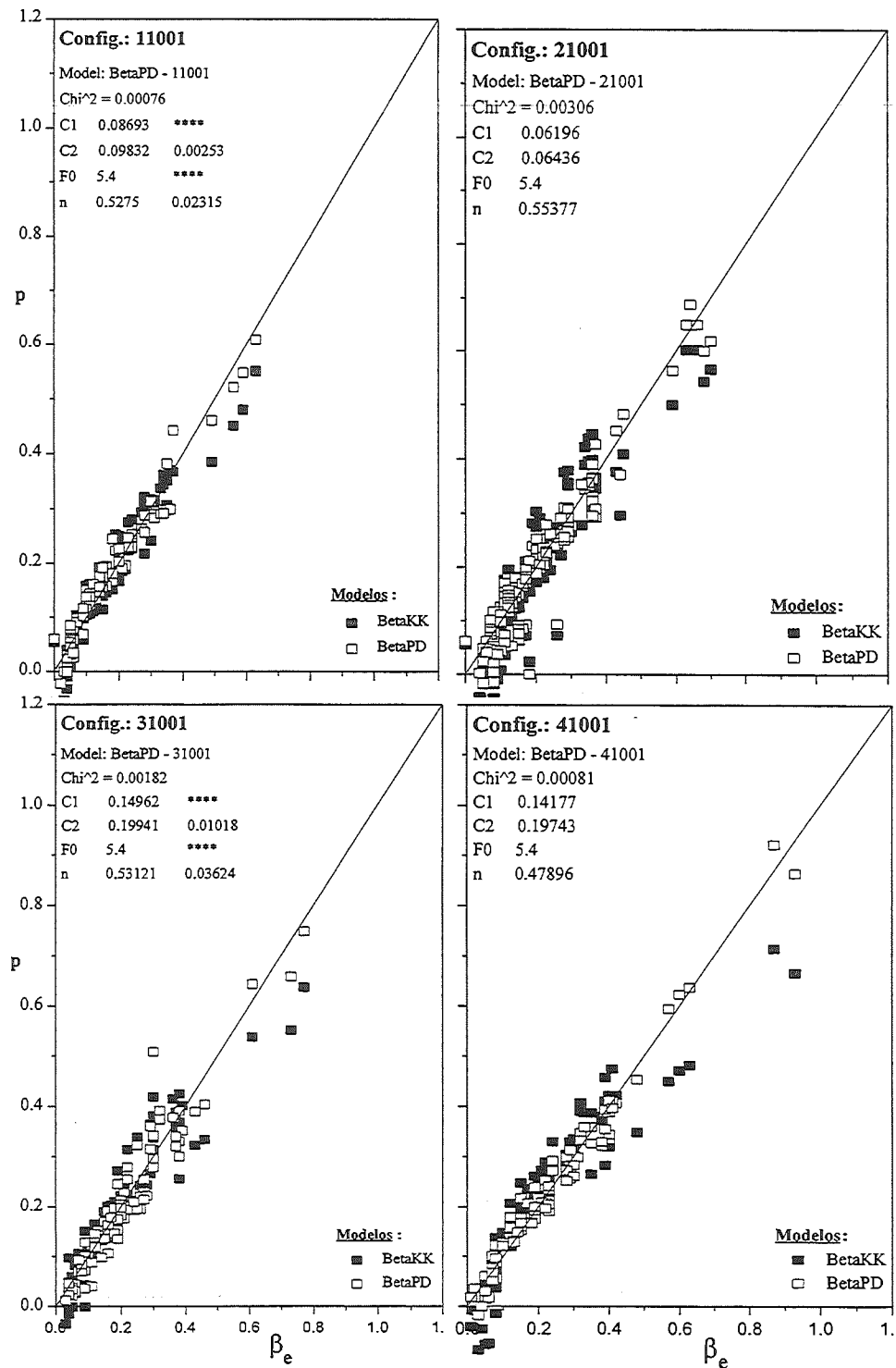


FIGURA A3.22e: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

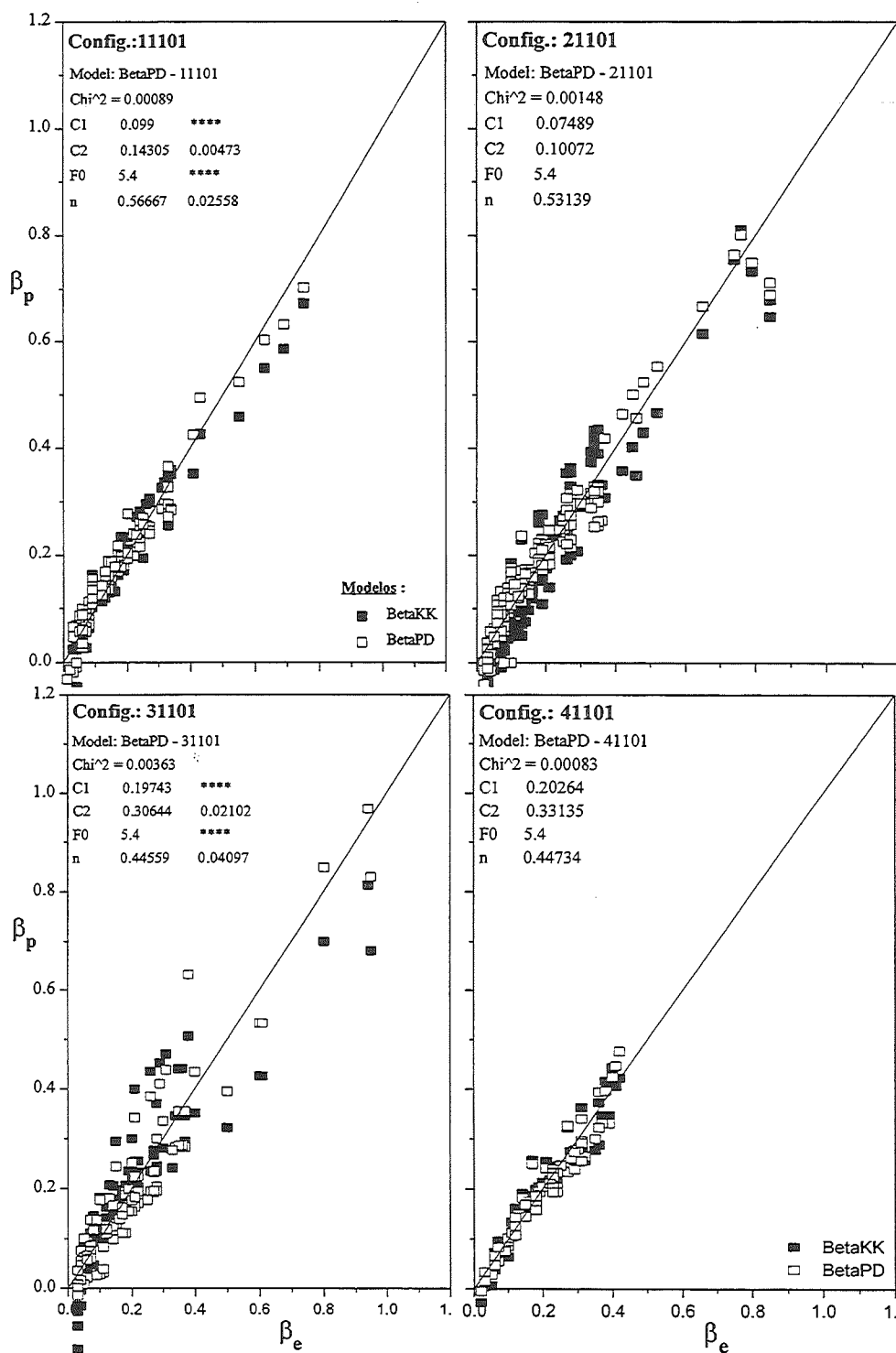


FIGURA A3.22f: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para as inclinações α ensaiadas, com a rampa lisa de $\theta = 4^\circ$, com degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

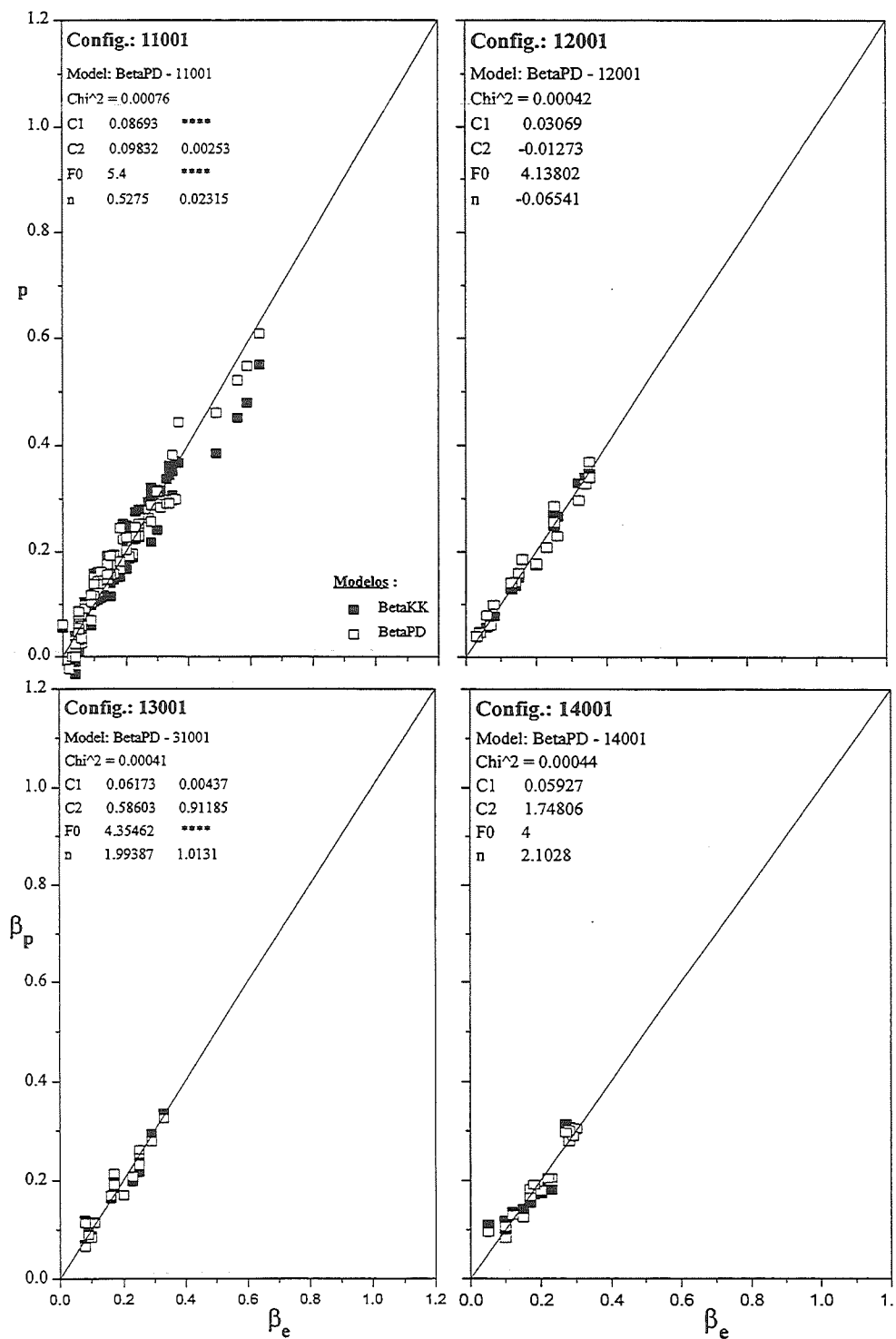


FIGURA A3.22g: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 3^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

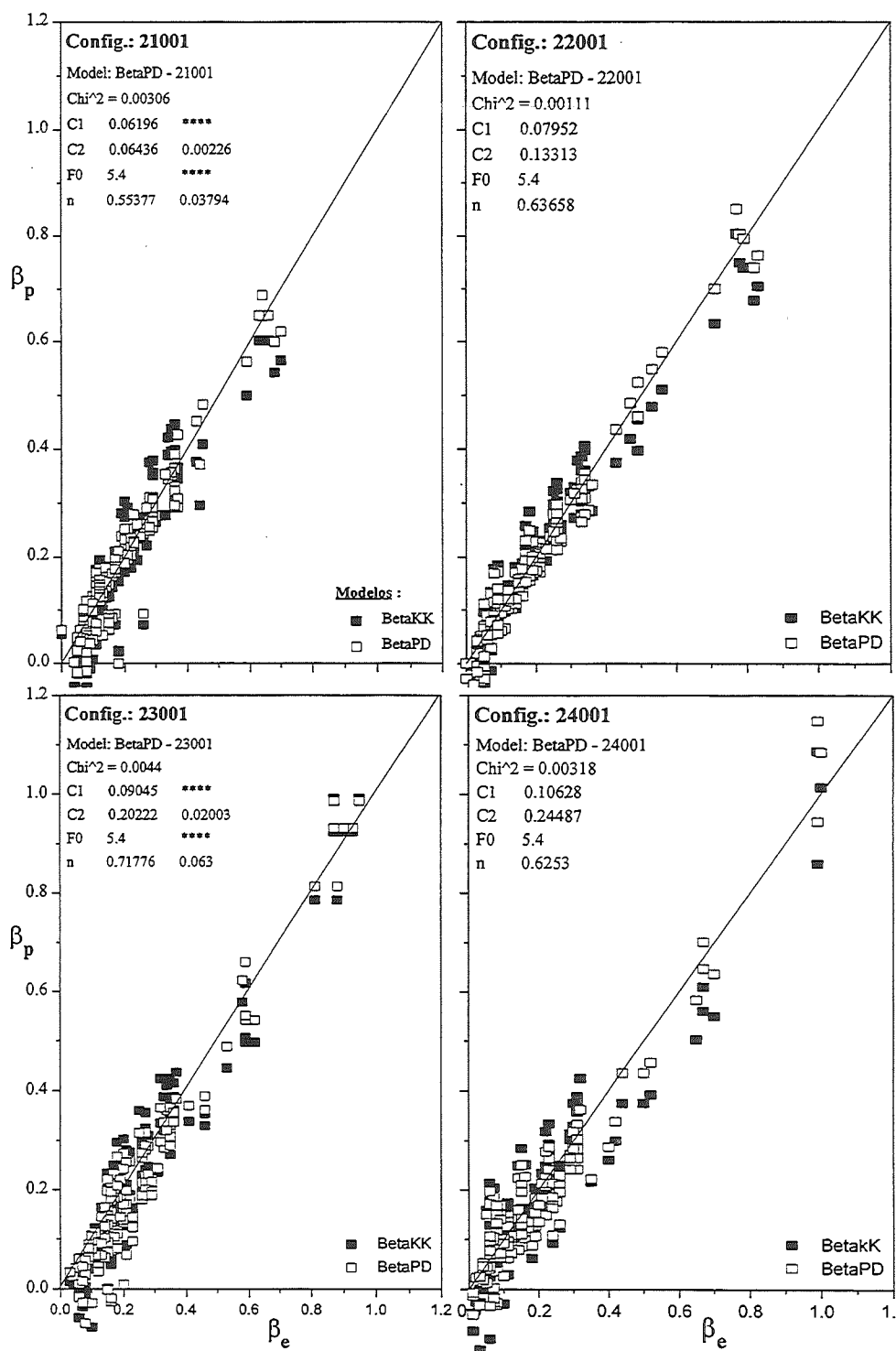


FIGURA A3.22h: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 14^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

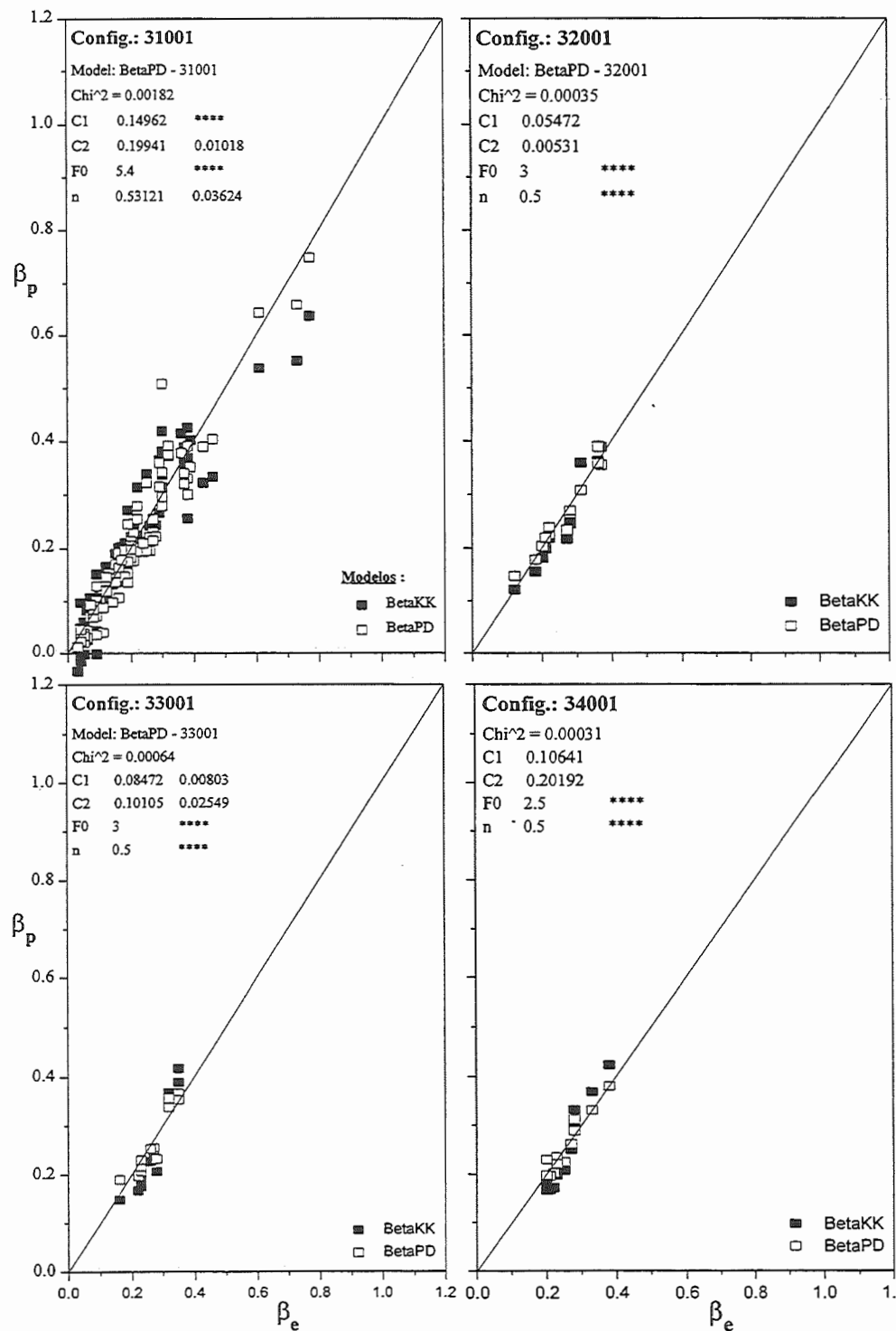


FIGURA A3.22i: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 30^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

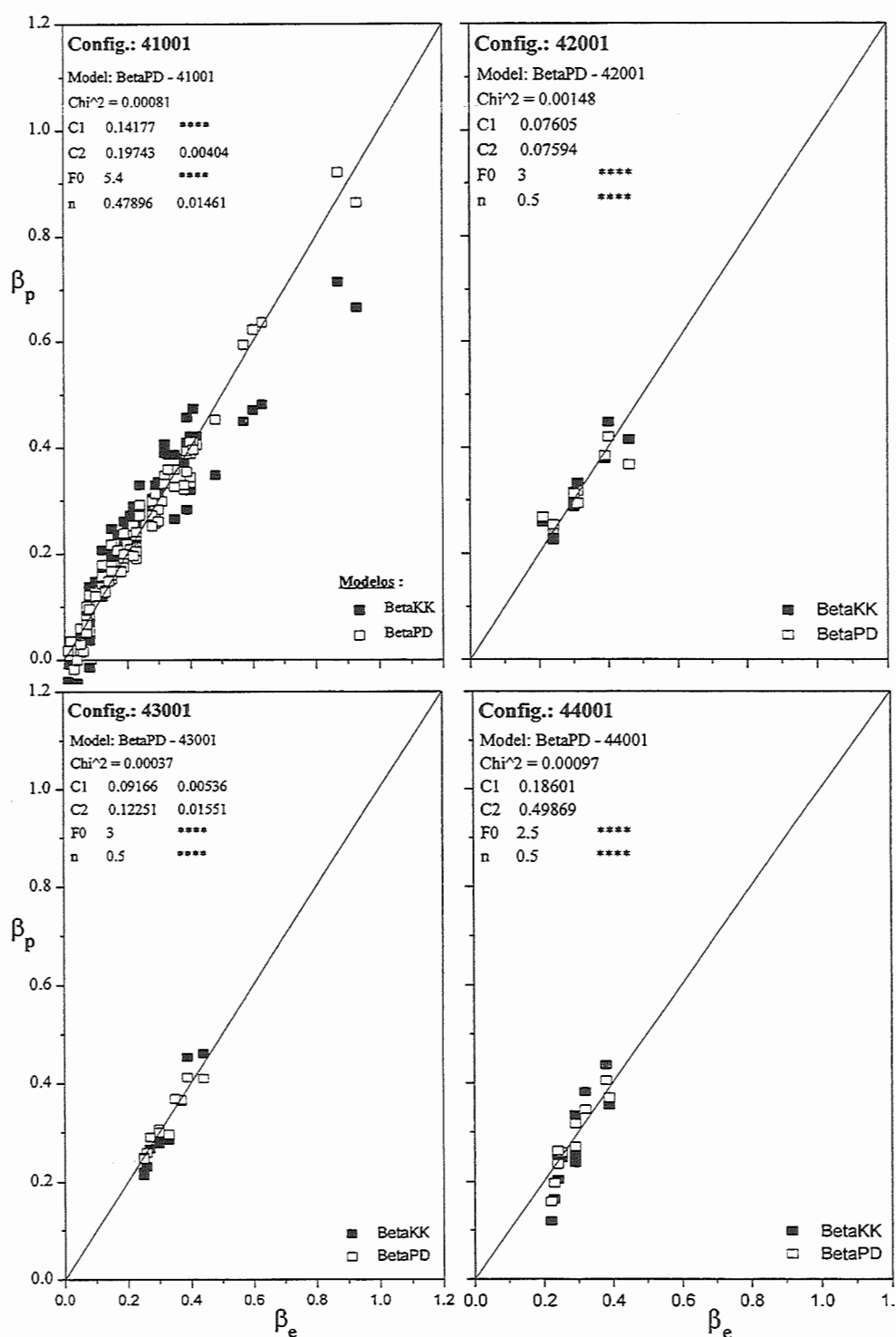


FIGURA A3.22j: Gráficos ($\beta_p \times \beta_e$) para a inclinação $\alpha = 45^\circ$, com rampas lisas, sem degrau; modelos tipo o de KOSCHITZKY & KOBUS (1988) e do presente trabalho.

ANEXO 04

PLANILHA DE DADOS LEVANTADOS

Qw- 1000- 1- 1000

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
10101	0,1371	90	0,000	0,42	112	5,8	0,0038	0,03	0,00	3,8	0,007	467	0,00	0,27
10101	0,1472	90	0,000	0,42	112	6,3	0,0038	0,03	0,00	3,8	0,007	502	0,00	0,27
10101	0,1050	90	0,000	0,42	81	7,3	0,0038	0,04	0,00	5,2	0,007	495	0,00	0,37
10101	0,1715	90	0,000	0,52	113	7,2	0,0052	0,03	0,00	4,6	0,007	645	0,00	0,27
10101	0,1806	90	0,000	0,52	113	7,6	0,0065	0,04	0,00	4,6	0,008	679	0,00	0,27
10101	0,0678	90	0,000	0,52	52	9,1	0,0038	0,06	0,01	10,0	0,006	554	0,00	0,58
10101	0,1205	90	0,000	0,52	83	8,0	0,0052	0,04	0,01	6,3	0,007	617	0,00	0,36
10101	0,1954	90	0,001	0,62	113	8,2	0,0087	0,04	0,01	5,5	0,008	802	0,00	0,27
10101	0,1321	90	0,001	0,57	84	8,7	0,0085	0,06	0,01	6,8	0,010	699	0,00	0,36
10101	0,1480	90	0,002	0,62	84	9,7	0,0145	0,10	0,03	7,4	0,013	817	0,00	0,36
10101	0,0845	90	0,002	0,62	54	10,7	0,0120	0,14	0,03	11,5	0,012	726	0,00	0,56
10101	0,1590	90	0,003	0,72	84	10,4	0,0166	0,10	0,04	8,6	0,012	946	0,00	0,36
10101	0,0930	90	0,003	0,62	55	11,5	0,0161	0,17	0,05	11,3	0,015	784	0,00	0,55
10101	0,0981	90	0,004	0,62	56	11,8	0,0177	0,18	0,07	11,1	0,016	813	0,00	0,54
10101	0,1036	90	0,005	0,72	56	12,5	0,0206	0,20	0,09	12,9	0,015	925	0,00	0,54
11000	0,1369	90	0,000	0,82	112	5,8	0,0077	0,06	0,00	7,3	0,008	652	0,23	0,00
11000	0,1467	90	0,000	0,92	112	6,2	0,0130	0,09	0,00	8,2	0,011	740	0,23	0,00
11000	0,1715	90	0,000	1,12	113	7,2	0,0241	0,14	0,00	9,9	0,014	947	0,23	0,00
11000	0,1043	90	0,000	0,92	81	7,2	0,0153	0,15	0,00	11,4	0,013	728	0,32	0,00
11000	0,1810	90	0,000	1,27	113	7,6	0,0272	0,15	0,00	11,2	0,013	1064	0,23	0,00
11000	0,1199	90	0,000	1,22	83	8,0	0,0238	0,20	0,00	14,7	0,013	940	0,31	0,00
11000	0,1962	90	0,000	1,42	113	8,2	0,0352	0,18	0,00	12,6	0,014	1219	0,23	0,00

Velocidade do escoamento

*Comprimento do tubo
altura do líquido d'água do reservatório*

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11000	0,1323	90	0,000	1,37	84	8,7	0,0376	0,28	0,00	16,3	0,017	1086	0,31	0,00
11000	0,0670	90	0,000	1,02	52	9,0	0,0199	0,30	0,00	19,6	0,015	767	0,50	0,00
11000	0,1490	90	0,000	1,62	84	9,8	0,0528	0,35	0,00	19,3	0,018	1331	0,31	0,00
11000	0,1595	90	0,000	1,77	84	10,5	0,0585	0,37	0,00	21,1	0,017	1489	0,31	0,00
11000	0,0839	90	0,000	1,47	54	10,7	0,0413	0,49	0,00	27,2	0,018	1110	0,48	0,00
11000	0,0924	90	0,000	1,62	55	11,4	0,0517	0,56	0,00	29,5	0,019	1260	0,47	0,00
11000	0,0972	90	0,000	1,72	56	11,7	0,0574	0,59	0,00	30,7	0,019	1342	0,46	0,00
11000	0,1032	90	0,000	2,07	56	12,4	0,0648	0,63	0,00	37,0	0,017	1563	0,46	0,00
11001	0,0428	90	0,000	0,52	50	6,1	0,0000	0,00	0,00	10,4	0,000	363	0,52	0,00
11001	0,0776	90	0,000	0,62	78	5,7	0,0050	0,06	0,00	7,9	0,008	462	0,33	0,00
11001	0,1274	90	0,000	0,82	112	5,4	0,0047	0,04	0,00	7,3	0,005	607	0,23	0,00
11001	0,1369	90	0,001	0,82	112	5,8	0,0063	0,05	0,01	7,3	0,006	652	0,23	0,00
11001	0,1369	75	0,001	0,82	112	5,8	0,0063	0,05	0,01	7,3	0,006	652	0,23	0,00
11001	0,1369	60	0,001	0,82	112	5,8	0,0061	0,04	0,01	7,3	0,006	652	0,23	0,00
11001	0,1467	90	0,001	0,92	112	6,2	0,0091	0,06	0,01	8,2	0,008	740	0,23	0,00
11001	0,1467	75	0,001	0,92	112	6,2	0,0087	0,06	0,01	8,2	0,007	740	0,23	0,00
11001	0,1467	60	0,002	0,92	112	6,2	0,0084	0,06	0,02	8,2	0,007	740	0,23	0,00
11001	0,1043	90	0,002	0,92	81	7,2	0,0130	0,12	0,02	11,4	0,011	728	0,32	0,00
11001	0,1369	45	0,002	0,72	112	5,8	0,0057	0,04	0,02	6,4	0,006	611	0,23	0,00
11001	0,1043	75	0,002	0,92	81	7,2	0,0124	0,12	0,02	11,4	0,010	728	0,32	0,00
11001	0,1715	90	0,004	1,12	113	7,2	0,0190	0,11	0,03	9,9	0,011	947	0,23	0,00
11001	0,1043	60	0,003	0,92	81	7,2	0,0115	0,11	0,03	11,4	0,010	728	0,32	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11001	0,1467	45	0,004	0,82	112	6,2	0,0079	0,05	0,04	7,3	0,007	699	0,23	0,00
11001	0,1715	75	0,004	1,12	113	7,2	0,0188	0,11	0,04	9,9	0,011	947	0,23	0,00
11001	0,0670	90	0,002	0,92	52	9,0	0,0161	0,24	0,04	17,7	0,014	728	0,50	0,00
11001	0,1810	90	0,005	1,22	113	7,6	0,0235	0,13	0,05	10,8	0,012	1042	0,23	0,00
11001	0,1810	75	0,006	1,22	113	7,6	0,0227	0,13	0,05	10,8	0,012	1042	0,23	0,00
11001	0,0670	75	0,003	0,92	52	9,0	0,0153	0,23	0,05	17,7	0,013	728	0,50	0,00
11001	0,1199	90	0,004	1,12	83	8,0	0,0216	0,18	0,05	13,5	0,013	901	0,31	0,00
11001	0,1715	60	0,006	1,12	113	7,2	0,0180	0,10	0,06	9,9	0,011	947	0,23	0,00
11001	0,1199	75	0,005	1,12	83	8,0	0,0213	0,18	0,06	13,5	0,013	901	0,31	0,00
11001	0,1043	45	0,005	0,92	81	7,2	0,0105	0,10	0,06	11,4	0,009	728	0,32	0,00
11001	0,1962	90	0,007	1,37	113	8,2	0,0281	0,14	0,07	12,1	0,012	1197	0,23	0,00
11001	0,0670	60	0,004	0,92	52	9,0	0,0137	0,20	0,07	17,7	0,012	728	0,50	0,00
11001	0,1810	60	0,008	1,22	113	7,6	0,0206	0,11	0,07	10,8	0,011	1042	0,23	0,00
11001	0,1962	75	0,008	1,37	113	8,2	0,0268	0,14	0,07	12,1	0,011	1197	0,23	0,00
11001	0,1369	30	0,009	0,72	112	5,8	0,0052	0,04	0,08	6,4	0,006	611	0,23	0,00
11001	0,1199	60	0,007	1,12	83	8,0	0,0193	0,16	0,08	13,5	0,012	901	0,31	0,00
11001	0,1323	90	0,007	1,22	84	8,7	0,0285	0,22	0,09	14,5	0,015	1025	0,31	0,00
11001	0,1715	45	0,011	1,02	113	7,2	0,0149	0,09	0,10	9,0	0,010	903	0,23	0,00
11001	0,1323	75	0,008	1,22	84	8,7	0,0278	0,21	0,10	14,5	0,014	1025	0,31	0,00
11001	0,1962	60	0,011	1,32	113	8,2	0,0241	0,12	0,10	11,7	0,011	1175	0,23	0,00
11001	0,1467	30	0,012	0,82	112	6,2	0,0067	0,05	0,11	7,3	0,006	699	0,23	0,00
11001	0,0839	90	0,006	1,22	54	10,7	0,0261	0,31	0,12	22,6	0,014	1011	0,48	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11001	0,1323	60	0,010	1,22	84	8,7	0,0243	0,18	0,12	14,5	0,013	1025	0,31	0,00
11001	0,0670	45	0,007	0,92	52	9,0	0,0108	0,16	0,13	17,7	0,009	728	0,50	0,00
11001	0,1810	45	0,014	1,12	113	7,6	0,0164	0,09	0,13	9,9	0,009	999	0,23	0,00
11001	0,0839	75	0,007	1,22	54	10,7	0,0257	0,31	0,13	22,6	0,014	1011	0,48	0,00
11001	0,1199	45	0,011	1,02	83	8,0	0,0151	0,13	0,14	12,3	0,010	860	0,31	0,00
11001	0,1490	90	0,012	1,42	84	9,8	0,0352	0,24	0,14	16,9	0,014	1246	0,31	0,00
11001	0,1490	75	0,012	1,42	84	9,8	0,0340	0,23	0,14	16,9	0,014	1246	0,31	0,00
11001	0,1043	30	0,012	0,82	81	7,2	0,0076	0,07	0,15	10,1	0,007	687	0,32	0,00
11001	0,1962	45	0,018	1,22	113	8,2	0,0187	0,10	0,16	10,8	0,009	1130	0,23	0,00
11001	0,1595	90	0,014	1,57	84	10,5	0,0379	0,24	0,16	18,7	0,013	1402	0,31	0,00
11001	0,0839	60	0,009	1,22	54	10,7	0,0226	0,27	0,16	22,6	0,012	1011	0,48	0,00
11001	0,0924	90	0,009	1,52	55	11,4	0,0310	0,34	0,16	27,6	0,012	1221	0,47	0,00
11001	0,0924	75	0,009	1,52	55	11,4	0,0305	0,33	0,17	27,6	0,012	1221	0,47	0,00
11001	0,1595	75	0,015	1,57	84	10,5	0,0371	0,23	0,17	18,7	0,012	1402	0,31	0,00
11001	0,0972	90	0,010	1,52	56	11,7	0,0336	0,35	0,18	27,1	0,013	1261	0,46	0,00
11001	0,1490	60	0,016	1,42	84	9,8	0,0293	0,20	0,19	16,9	0,012	1246	0,31	0,00
11001	0,0972	75	0,011	1,52	56	11,7	0,0328	0,34	0,19	27,1	0,012	1261	0,46	0,00
11001	0,1323	45	0,017	1,12	84	8,7	0,0181	0,14	0,20	13,3	0,010	982	0,31	0,00
11001	0,1595	60	0,018	1,52	84	10,5	0,0310	0,19	0,21	18,1	0,011	1380	0,31	0,00
11001	0,1715	30	0,025	0,92	113	7,2	0,0085	0,05	0,22	8,1	0,006	858	0,23	0,00
11001	0,1032	90	0,012	1,57	56	12,4	0,0367	0,36	0,22	28,0	0,013	1361	0,46	0,00
11001	0,0924	60	0,012	1,32	55	11,4	0,0254	0,28	0,22	24,0	0,011	1137	0,47	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11001	0,0670	30	0,012	0,82	52	9,0	0,0069	0,10	0,23	15,8	0,007	687	0,50	0,00
11001	0,1032	75	0,013	1,57	56	12,4	0,0352	0,34	0,23	28,0	0,012	1361	0,46	0,00
11001	0,0972	60	0,014	1,42	56	11,7	0,0272	0,28	0,24	25,4	0,011	1219	0,46	0,00
11001	0,0839	45	0,013	1,12	54	10,7	0,0164	0,20	0,25	20,7	0,009	969	0,48	0,00
11001	0,1199	30	0,022	0,92	83	8,0	0,0093	0,08	0,26	11,1	0,007	816	0,31	0,00
11001	0,1490	45	0,023	1,32	84	9,8	0,0211	0,14	0,27	15,7	0,009	1201	0,31	0,00
11001	0,1032	60	0,015	1,52	56	12,4	0,0293	0,28	0,28	27,1	0,010	1339	0,46	0,00
11001	0,1810	30	0,032	1,02	113	7,6	0,0094	0,05	0,28	9,0	0,006	953	0,23	0,00
11001	0,0924	45	0,017	1,22	55	11,4	0,0185	0,20	0,30	22,2	0,009	1093	0,47	0,00
11001	0,1595	45	0,027	1,42	84	10,5	0,0226	0,14	0,32	16,9	0,008	1334	0,31	0,00
11001	0,0972	45	0,019	1,32	56	11,7	0,0191	0,20	0,34	23,6	0,008	1175	0,46	0,00
11001	0,1323	30	0,029	1,02	84	8,7	0,0097	0,07	0,35	12,1	0,006	937	0,31	0,00
11001	0,1962	30	0,040	1,12	113	8,2	0,0100	0,05	0,35	9,9	0,005	1083	0,23	0,00
11001	0,1043	15	0,029	0,72	81	7,2	0,0052	0,05	0,36	8,9	0,006	644	0,32	0,00
11001	0,1032	45	0,021	1,47	56	12,4	0,0201	0,20	0,37	26,3	0,007	1317	0,46	0,00
11001	0,0839	30	0,021	1,02	54	10,7	0,0088	0,11	0,39	18,9	0,006	925	0,48	0,00
11001	0,1490	30	0,037	1,12	84	9,8	0,0105	0,07	0,45	13,3	0,005	1106	0,31	0,00
11001	0,0924	30	0,025	1,12	55	11,4	0,0097	0,10	0,46	20,4	0,005	1048	0,47	0,00
11001	0,0972	30	0,027	1,12	56	11,7	0,0098	0,10	0,49	20,0	0,005	1083	0,46	0,00
11001	0,1595	30	0,043	1,22	84	10,5	0,0110	0,07	0,51	14,5	0,005	1236	0,31	0,00
11001	0,1032	30	0,030	1,22	56	12,4	0,0098	0,09	0,54	21,8	0,004	1200	0,46	0,00
11001	0,1199	15	0,046	0,77	83	8,0	0,0061	0,05	0,55	9,3	0,005	747	0,31	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11001	0,0839	15	0,030	0,92	54	10,7	0,0047	0,06	0,56	17,0	0,003	878	0,48	0,00
11001	0,0924	15	0,035	0,97	55	11,4	0,0044	0,05	0,63	17,6	0,003	975	0,47	0,00
11001	0,0972	15	0,037	1,02	56	11,7	0,0047	0,05	0,66	18,2	0,003	1033	0,46	0,00
11001	0,1323	15	0,059	0,82	84	8,7	0,0050	0,04	0,70	9,8	0,004	840	0,31	0,00
11001	0,1032	15	0,040	1,12	56	12,4	0,0038	0,04	0,71	20,0	0,002	1150	0,46	0,00
11001	0,1490	15	0,066	0,92	84	9,8	0,0042	0,03	0,79	11,0	0,003	1003	0,31	0,00
11001	0,1595	15	0,073	0,92	84	10,5	0,0035	0,02	0,87	11,0	0,002	1073	0,31	0,00
11041	0,1268	90	0,002	0,62	112	5,4	0,0144	0,11	0,02	5,5	0,020	525	0,23	0,00
11041	0,1369	90	0,004	0,62	112	5,8	0,0191	0,14	0,04	5,5	0,025	567	0,23	0,00
11041	0,1467	90	0,006	0,72	112	6,2	0,0242	0,16	0,06	6,4	0,026	655	0,23	0,00
11041	0,1043	90	0,008	0,72	81	7,2	0,0267	0,26	0,10	8,9	0,029	644	0,32	0,00
11041	0,1715	90	0,013	0,92	113	7,2	0,0367	0,21	0,11	8,1	0,026	858	0,23	0,00
11041	0,1810	90	0,016	1,02	113	7,6	0,0408	0,23	0,14	9,0	0,025	953	0,23	0,00
11041	0,1199	90	0,013	0,92	83	8,0	0,0366	0,31	0,16	11,1	0,028	816	0,31	0,00
11041	0,0674	90	0,009	0,87	52	9,1	0,0289	0,43	0,17	16,7	0,026	713	0,50	0,00
11041	0,1962	90	0,022	1,12	113	8,2	0,0481	0,24	0,20	9,9	0,025	1083	0,23	0,00
11041	0,1323	90	0,018	1,02	84	8,7	0,0437	0,33	0,22	12,1	0,027	937	0,31	0,00
11041	0,0839	90	0,016	1,02	54	10,7	0,0406	0,48	0,29	18,9	0,026	925	0,48	0,00
11041	0,1490	90	0,026	1,17	84	9,8	0,0523	0,35	0,31	13,9	0,025	1131	0,31	0,00
11041	0,0924	90	0,020	1,47	55	11,4	0,0457	0,49	0,36	26,7	0,018	1200	0,47	0,00
11041	0,1595	90	0,032	1,47	84	10,5	0,0580	0,36	0,38	17,5	0,021	1357	0,31	0,00
11041	0,0972	90	0,023	1,57	56	11,7	0,0486	0,50	0,41	28,0	0,018	1282	0,46	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11041	0,1032	90	0,026	1,67	56	12,4	0,0515	0,50	0,46	29,8	0,017	1404	0,46	0,00
11100	0,1472	90	0,000	1,02	112	6,3	0,0094	0,06	0,00	9,1	0,007	782	0,23	0,27
11100	0,1715	90	0,000	1,32	113	7,2	0,0269	0,16	0,00	11,7	0,013	1028	0,23	0,27
11100	0,1050	90	0,000	1,12	81	7,3	0,0162	0,15	0,00	13,8	0,011	808	0,32	0,37
11100	0,1806	90	0,000	1,42	113	7,6	0,0301	0,17	0,00	12,6	0,013	1122	0,23	0,27
11100	0,1205	90	0,000	1,32	83	8,0	0,0304	0,25	0,00	15,9	0,016	983	0,31	0,36
11100	0,1954	90	0,000	1,62	113	8,2	0,0384	0,20	0,00	14,3	0,014	1297	0,23	0,27
11100	0,1321	90	0,000	1,52	84	8,7	0,0432	0,33	0,00	18,1	0,018	1142	0,31	0,36
11100	0,0679	90	0,000	1,12	52	9,1	0,0225	0,33	0,00	21,5	0,015	814	0,50	0,58
11100	0,1480	90	0,000	1,82	84	9,7	0,0613	0,41	0,00	21,7	0,019	1400	0,31	0,36
11100	0,1590	90	0,000	2,02	84	10,4	0,0677	0,43	0,00	24,0	0,018	1585	0,31	0,36
11100	0,0845	90	0,000	1,57	54	10,7	0,0465	0,55	0,00	29,1	0,019	1155	0,48	0,56
11100	0,0930	90	0,000	1,82	55	11,5	0,0584	0,63	0,00	33,1	0,019	1344	0,47	0,55
11100	0,0981	90	0,000	2,02	56	11,8	0,0682	0,69	0,00	36,1	0,019	1467	0,46	0,54
11100	0,1036	90	0,000	2,12	56	12,5	0,0777	0,75	0,00	37,9	0,020	1588	0,46	0,54
11101	0,0776	90	0,000	0,72	78	5,7	0,0047	0,06	0,00	9,2	0,007	497	0,33	0,38
11101	0,0436	90	0,000	1,22	50	6,2	0,0035	0,08	0,00	24,4	0,003	567	0,52	0,60
11101	0,1277	90	0,000	0,82	112	5,4	0,0055	0,04	0,00	7,3	0,006	608	0,23	0,27
11101	0,1365	90	0,001	0,92	112	5,8	0,0085	0,06	0,01	8,2	0,008	689	0,23	0,27
11101	0,1365	75	0,001	0,92	112	5,8	0,0084	0,06	0,01	8,2	0,007	689	0,23	0,27
11101	0,1461	90	0,001	1,02	112	6,2	0,0118	0,08	0,01	9,1	0,009	777	0,23	0,27
11101	0,1461	75	0,002	1,02	112	6,2	0,0115	0,08	0,01	9,1	0,009	777	0,23	0,27

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11101	0,1365	60	0,002	0,92	112	5,8	0,0079	0,06	0,01	8,2	0,007	689	0,23	0,27
11101	0,1461	60	0,002	1,02	112	6,2	0,0107	0,07	0,02	9,1	0,008	777	0,23	0,27
11101	0,1050	90	0,002	1,12	81	7,3	0,0153	0,15	0,02	13,8	0,011	808	0,32	0,37
11101	0,1050	75	0,002	1,07	81	7,3	0,0151	0,14	0,03	13,2	0,011	790	0,32	0,37
11101	0,1714	90	0,004	1,27	113	7,2	0,0221	0,13	0,04	11,2	0,011	1007	0,23	0,27
11101	0,1050	60	0,003	1,02	81	7,3	0,0138	0,13	0,04	12,6	0,010	771	0,32	0,37
11101	0,1714	75	0,005	1,22	113	7,2	0,0210	0,12	0,04	10,8	0,011	987	0,23	0,27
11101	0,1804	90	0,006	1,42	113	7,6	0,0249	0,14	0,05	12,6	0,011	1121	0,23	0,27
11101	0,1461	45	0,006	1,02	112	6,2	0,0100	0,07	0,05	9,1	0,008	777	0,23	0,27
11101	0,0679	90	0,003	1,12	52	9,1	0,0173	0,25	0,05	21,5	0,012	814	0,50	0,58
11101	0,1804	75	0,006	1,37	113	7,6	0,0239	0,13	0,05	12,1	0,011	1101	0,23	0,27
11101	0,0679	75	0,003	1,12	52	9,1	0,0164	0,24	0,06	21,5	0,011	814	0,50	0,58
11101	0,1211	90	0,005	1,27	83	8,1	0,0234	0,19	0,06	15,3	0,013	969	0,31	0,36
11101	0,1714	60	0,007	1,22	113	7,2	0,0198	0,12	0,06	10,8	0,011	987	0,23	0,27
11101	0,1211	75	0,005	1,22	83	8,1	0,0232	0,19	0,07	14,7	0,013	949	0,31	0,36
11101	0,1959	90	0,008	1,52	113	8,2	0,0290	0,15	0,07	13,5	0,011	1260	0,23	0,27
11101	0,1959	75	0,008	1,52	113	8,2	0,0278	0,14	0,07	13,5	0,011	1260	0,23	0,27
11101	0,1050	45	0,006	1,02	81	7,3	0,0111	0,11	0,07	12,6	0,008	771	0,32	0,37
11101	0,0679	60	0,004	1,12	52	9,1	0,0150	0,22	0,08	21,5	0,010	814	0,50	0,58
11101	0,1804	60	0,009	1,32	113	7,6	0,0218	0,12	0,08	11,7	0,010	1081	0,23	0,27
11101	0,1211	60	0,007	1,22	83	8,1	0,0205	0,17	0,08	14,7	0,011	949	0,31	0,36
11101	0,1330	90	0,008	1,42	84	8,7	0,0297	0,22	0,09	16,9	0,013	1111	0,31	0,36

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11101	0,1959	60	0,011	1,52	113	8,2	0,0253	0,13	0,10	13,5	0,010	1260	0,23	0,27
11101	0,1330	75	0,008	1,42	84	8,7	0,0286	0,22	0,10	16,9	0,013	1111	0,31	0,36
11101	0,1714	45	0,012	1,22	113	7,2	0,0158	0,09	0,10	10,8	0,009	987	0,23	0,27
11101	0,0679	45	0,006	1,02	52	9,1	0,0116	0,17	0,12	19,6	0,009	777	0,50	0,58
11101	0,0845	90	0,006	1,42	54	10,7	0,0269	0,32	0,12	26,3	0,012	1098	0,48	0,56
11101	0,1330	60	0,011	1,37	84	8,7	0,0246	0,18	0,13	16,3	0,011	1092	0,31	0,36
11101	0,0845	75	0,007	1,42	54	10,7	0,0264	0,31	0,13	26,3	0,012	1098	0,48	0,56
11101	0,1804	45	0,015	1,32	113	7,6	0,0167	0,09	0,13	11,7	0,008	1081	0,23	0,27
11101	0,1211	45	0,011	1,22	83	8,1	0,0156	0,13	0,14	14,7	0,009	949	0,31	0,36
11101	0,1487	90	0,012	1,62	84	9,7	0,0359	0,24	0,14	19,3	0,013	1327	0,31	0,36
11101	0,1487	75	0,013	1,62	84	9,7	0,0352	0,24	0,15	19,3	0,012	1327	0,31	0,36
11101	0,0929	90	0,009	1,57	55	11,5	0,0310	0,33	0,16	28,5	0,012	1247	0,47	0,55
11101	0,0845	60	0,008	1,42	54	10,7	0,0218	0,26	0,16	26,3	0,010	1098	0,48	0,56
11101	0,1959	45	0,018	1,42	113	8,2	0,0185	0,09	0,16	12,6	0,008	1217	0,23	0,27
11101	0,1599	90	0,014	1,77	84	10,5	0,0392	0,24	0,16	21,1	0,012	1492	0,31	0,36
11101	0,0929	75	0,009	1,57	55	11,5	0,0302	0,33	0,16	28,5	0,011	1247	0,47	0,55
11101	0,1599	75	0,014	1,72	84	10,5	0,0373	0,23	0,17	20,5	0,011	1471	0,31	0,36
11101	0,1050	30	0,014	0,92	81	7,3	0,0073	0,07	0,17	11,4	0,006	732	0,32	0,37
11101	0,0978	90	0,010	1,67	56	11,8	0,0331	0,34	0,18	29,8	0,011	1330	0,46	0,54
11101	0,1487	60	0,015	1,57	84	9,7	0,0293	0,20	0,18	18,7	0,011	1307	0,31	0,36
11101	0,1330	45	0,016	1,32	84	8,7	0,0177	0,13	0,19	15,7	0,008	1071	0,31	0,36
11101	0,0978	75	0,010	1,67	56	11,8	0,0320	0,33	0,19	29,8	0,011	1330	0,46	0,54

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11101	0,0929	60	0,011	1,52	55	11,5	0,0250	0,27	0,20	27,6	0,010	1227	0,47	0,55
11101	0,0679	30	0,010	1,02	52	9,1	0,0059	0,09	0,20	19,6	0,004	777	0,50	0,58
11101	0,1038	90	0,012	1,87	56	12,5	0,0355	0,34	0,21	33,4	0,010	1494	0,46	0,54
11101	0,1599	60	0,018	1,72	84	10,5	0,0316	0,20	0,21	20,5	0,010	1471	0,31	0,36
11101	0,1038	75	0,012	1,82	56	12,5	0,0341	0,33	0,22	32,5	0,010	1474	0,46	0,54
11101	0,0845	45	0,012	1,32	54	10,7	0,0153	0,18	0,22	24,4	0,007	1059	0,48	0,56
11101	0,0978	60	0,012	1,62	56	11,8	0,0268	0,27	0,22	28,9	0,009	1310	0,46	0,54
11101	0,1211	30	0,020	1,12	83	8,1	0,0084	0,07	0,25	13,5	0,005	910	0,31	0,36
11101	0,1038	60	0,014	1,72	56	12,5	0,0281	0,27	0,25	30,7	0,009	1433	0,46	0,54
11101	0,1714	30	0,029	1,12	113	7,2	0,0087	0,05	0,26	9,9	0,005	946	0,23	0,27
11101	0,1487	45	0,022	1,42	84	9,7	0,0195	0,13	0,26	16,9	0,008	1243	0,31	0,36
11101	0,0929	45	0,014	1,47	55	11,5	0,0167	0,18	0,26	26,7	0,007	1207	0,47	0,55
11101	0,0978	45	0,016	1,52	56	11,8	0,0177	0,18	0,28	27,1	0,007	1269	0,46	0,54
11101	0,1804	30	0,033	1,17	113	7,6	0,0102	0,06	0,29	10,4	0,005	1017	0,23	0,27
11101	0,1599	45	0,025	1,57	84	10,5	0,0217	0,14	0,30	18,7	0,007	1405	0,31	0,36
11101	0,0679	15	0,016	0,92	52	9,1	0,0042	0,06	0,30	17,7	0,003	737	0,50	0,58
11101	0,0845	30	0,016	1,22	54	10,7	0,0074	0,09	0,30	22,6	0,004	1018	0,48	0,56
11101	0,1330	30	0,026	1,17	84	8,7	0,0088	0,07	0,31	13,9	0,005	1009	0,31	0,36
11101	0,1038	45	0,018	1,62	56	12,5	0,0180	0,17	0,32	28,9	0,006	1391	0,46	0,54
11101	0,1959	30	0,038	1,27	113	8,2	0,0112	0,06	0,34	11,2	0,005	1151	0,23	0,27
11101	0,0929	30	0,019	1,37	55	11,5	0,0081	0,09	0,35	24,9	0,003	1165	0,47	0,55
11101	0,0978	30	0,021	1,47	56	11,8	0,0082	0,08	0,37	26,3	0,003	1248	0,46	0,54

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11101	0,0845	15	0,020	1,12	54	10,7	0,0042	0,05	0,38	20,7	0,002	975	0,48	0,56
11101	0,1487	30	0,033	1,32	84	9,7	0,0085	0,06	0,39	15,7	0,004	1198	0,31	0,36
11101	0,1038	30	0,022	1,52	56	12,5	0,0084	0,08	0,40	27,1	0,003	1347	0,46	0,54
11101	0,0929	15	0,023	1,32	55	11,5	0,0038	0,04	0,42	24,0	0,002	1143	0,47	0,55
11101	0,1599	30	0,036	1,42	84	10,5	0,0108	0,07	0,42	16,9	0,004	1337	0,31	0,36
11101	0,0978	15	0,024	1,37	56	11,8	0,0031	0,03	0,43	24,5	0,001	1205	0,46	0,54
11101	0,1038	15	0,026	1,52	56	12,5	0,0027	0,03	0,46	27,1	0,001	1347	0,46	0,54
11101	0,1487	15	0,046	1,17	84	9,7	0,0031	0,02	0,55	13,9	0,002	1128	0,31	0,36
11101	0,1211	15	0,046	0,92	83	8,1	0,0047	0,04	0,55	11,1	0,004	824	0,31	0,36
11101	0,1330	15	0,048	1,02	84	8,7	0,0042	0,03	0,57	12,1	0,003	942	0,31	0,36
11101	0,1599	15	0,049	1,32	84	10,5	0,0016	0,01	0,58	15,7	0,001	1289	0,31	0,36
11141	0,0768	90	0,001	0,62	78	5,6	0,0088	0,12	0,02	7,9	0,014	457	0,33	0,38
11141	0,1273	90	0,002	0,72	112	5,4	0,0151	0,12	0,02	6,4	0,018	568	0,23	0,27
11141	0,0436	90	0,001	0,52	50	6,2	0,0107	0,24	0,03	10,4	0,024	370	0,52	0,60
11141	0,1365	90	0,004	0,82	112	5,8	0,0200	0,15	0,04	7,3	0,020	650	0,23	0,27
11141	0,1472	90	0,006	0,92	112	6,3	0,0254	0,17	0,06	8,2	0,021	743	0,23	0,27
11141	0,1050	90	0,009	0,87	81	7,3	0,0292	0,28	0,11	10,7	0,026	712	0,32	0,37
11141	0,1715	90	0,014	1,07	113	7,2	0,0395	0,23	0,13	9,5	0,024	925	0,23	0,27
11141	0,1806	90	0,018	1,12	113	7,6	0,0442	0,24	0,16	9,9	0,025	997	0,23	0,27
11141	0,1205	90	0,015	1,02	83	8,0	0,0398	0,33	0,18	12,3	0,027	864	0,31	0,36
11141	0,0679	90	0,009	0,92	52	9,1	0,0312	0,46	0,18	17,7	0,026	737	0,50	0,58
11141	0,1954	90	0,024	1,27	113	8,2	0,0514	0,26	0,22	11,2	0,023	1148	0,23	0,27

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
11141	0,1321	90	0,020	1,12	84	8,7	0,0469	0,35	0,24	13,3	0,027	980	0,31	0,36
11141	0,0845	90	0,017	1,47	54	10,7	0,0424	0,50	0,31	27,2	0,018	1117	0,48	0,56
11141	0,1480	90	0,028	1,47	84	9,7	0,0555	0,38	0,33	17,5	0,021	1259	0,31	0,36
11141	0,0930	90	0,021	1,52	55	11,5	0,0472	0,51	0,37	27,6	0,018	1228	0,47	0,55
11141	0,1590	90	0,034	1,52	84	10,4	0,0612	0,39	0,40	18,1	0,021	1375	0,31	0,36
11141	0,0981	90	0,023	1,57	56	11,8	0,0502	0,51	0,42	28,0	0,018	1294	0,46	0,54
11141	0,1036	90	0,026	1,67	56	12,5	0,0529	0,51	0,47	29,8	0,017	1409	0,46	0,54
12001	0,0428	90	0,000	0,52	50	6,1	0,0031	0,07	0,00	10,4	0,007	363	0,62	0,00
12001	0,0767	90	0,000	0,62	78	5,6	0,0027	0,04	0,00	7,9	0,004	456	0,40	0,00
12001	0,1272	90	0,001	0,82	112	5,4	0,0038	0,03	0,00	7,3	0,004	606	0,28	0,00
12001	0,1369	90	0,001	0,92	112	5,8	0,0078	0,06	0,01	8,2	0,007	691	0,28	0,00
12001	0,1467	90	0,002	1,02	112	6,2	0,0114	0,08	0,01	9,1	0,009	780	0,28	0,00
12001	0,1043	90	0,002	1,02	81	7,2	0,0150	0,14	0,03	12,6	0,011	767	0,38	0,00
12001	0,1715	90	0,005	1,22	113	7,2	0,0231	0,13	0,05	10,8	0,012	988	0,27	0,00
12001	0,0674	90	0,003	1,02	52	9,1	0,0177	0,26	0,05	19,6	0,013	772	0,60	0,00
12001	0,1810	90	0,007	1,32	113	7,6	0,0270	0,15	0,06	11,7	0,013	1084	0,27	0,00
12001	0,1199	90	0,005	1,22	83	8,0	0,0241	0,20	0,07	14,7	0,014	940	0,37	0,00
12001	0,1962	90	0,009	1,52	113	8,2	0,0305	0,16	0,08	13,5	0,012	1261	0,27	0,00
12001	0,1323	90	0,009	1,42	84	8,7	0,0305	0,23	0,10	16,9	0,014	1106	0,37	0,00
12001	0,0839	90	0,007	1,42	54	10,7	0,0270	0,32	0,13	26,3	0,012	1091	0,57	0,00
12001	0,1490	90	0,013	1,62	84	9,8	0,0374	0,25	0,15	19,3	0,013	1331	0,37	0,00
12001	0,0924	90	0,009	1,52	55	11,4	0,0313	0,34	0,17	27,6	0,012	1221	0,56	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
12001	0,1595	90	0,015	1,72	84	10,5	0,0397	0,25	0,18	20,5	0,012	1468	0,37	0,00
12001	0,0972	90	0,011	1,62	56	11,7	0,0336	0,35	0,19	28,9	0,012	1302	0,55	0,00
12001	0,1032	90	0,012	1,87	56	12,4	0,0358	0,35	0,22	33,4	0,010	1485	0,55	0,00
12041	0,0759	90	0,002	0,57	78	5,6	0,0115	0,15	0,02	7,3	0,021	433	0,40	0,00
12041	0,1267	90	0,004	0,77	112	5,4	0,0185	0,15	0,03	6,9	0,021	585	0,28	0,00
12041	0,1369	90	0,006	0,82	112	5,8	0,0231	0,17	0,05	7,3	0,023	652	0,28	0,00
12041	0,1467	90	0,008	0,92	112	6,2	0,0286	0,20	0,07	8,2	0,024	740	0,28	0,00
12041	0,1043	90	0,009	0,92	81	7,2	0,0315	0,30	0,11	11,4	0,027	728	0,38	0,00
12041	0,1715	90	0,016	1,12	113	7,2	0,0417	0,24	0,14	9,9	0,025	947	0,27	0,00
12041	0,1810	90	0,020	1,22	113	7,6	0,0466	0,26	0,18	10,8	0,024	1042	0,27	0,00
12041	0,0667	90	0,009	1,02	52	9,0	0,0309	0,46	0,18	19,6	0,024	764	0,60	0,00
12041	0,1199	90	0,016	1,12	83	8,0	0,0414	0,35	0,20	13,5	0,026	901	0,37	0,00
12041	0,1962	90	0,027	1,42	113	8,2	0,0538	0,27	0,24	12,6	0,022	1219	0,27	0,00
12041	0,1323	90	0,022	1,37	84	8,7	0,0486	0,37	0,26	16,3	0,023	1086	0,37	0,00
12041	0,0839	90	0,017	1,52	54	10,7	0,0424	0,51	0,31	28,1	0,018	1129	0,57	0,00
12041	0,1490	90	0,030	1,52	84	9,8	0,0570	0,38	0,36	18,1	0,021	1289	0,37	0,00
12041	0,0924	90	0,021	1,57	55	11,4	0,0481	0,52	0,39	28,5	0,018	1240	0,56	0,00
12041	0,1595	90	0,036	1,67	84	10,5	0,0627	0,39	0,43	19,9	0,020	1446	0,37	0,00
12041	0,0972	90	0,024	1,82	56	11,7	0,0509	0,52	0,43	32,5	0,016	1380	0,55	0,00
12041	0,1032	90	0,027	2,07	56	12,4	0,0539	0,52	0,48	37,0	0,014	1563	0,55	0,00
12101	0,0437	90	0,000	0,72	50	6,2	0,0027	0,06	0,00	14,4	0,004	437	0,62	0,60
12101	0,0774	90	0,000	0,82	78	5,7	0,0027	0,03	0,01	10,5	0,003	529	0,40	0,38

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
12101	0,1279	90	0,001	0,92	112	5,4	0,0063	0,05	0,01	8,2	0,006	645	0,28	0,27
12101	0,1365	90	0,001	1,02	112	5,8	0,0100	0,07	0,01	9,1	0,008	725	0,28	0,27
12101	0,1472	90	0,002	1,12	112	6,3	0,0134	0,09	0,02	10,0	0,009	819	0,28	0,27
12101	0,1050	90	0,003	1,12	81	7,3	0,0162	0,15	0,03	13,8	0,011	808	0,38	0,37
12101	0,1715	90	0,006	1,42	113	7,2	0,0239	0,14	0,05	12,6	0,011	1066	0,27	0,27
12101	0,1806	90	0,007	1,52	113	7,6	0,0267	0,15	0,06	13,5	0,011	1161	0,27	0,27
12101	0,0679	90	0,003	1,22	52	9,1	0,0178	0,26	0,06	23,5	0,011	849	0,60	0,58
12101	0,1205	90	0,006	1,42	83	8,0	0,0249	0,21	0,07	17,1	0,012	1020	0,37	0,36
12101	0,1954	90	0,009	1,72	113	8,2	0,0308	0,16	0,08	15,2	0,010	1336	0,27	0,27
12101	0,1321	90	0,009	1,52	84	8,7	0,0313	0,24	0,11	18,1	0,013	1142	0,37	0,36
12101	0,0845	90	0,007	1,52	54	10,7	0,0269	0,32	0,13	28,1	0,011	1136	0,57	0,56
12101	0,1480	90	0,013	1,77	84	9,7	0,0368	0,25	0,15	21,1	0,012	1381	0,37	0,36
12101	0,0930	90	0,009	1,72	55	11,5	0,0305	0,33	0,16	31,3	0,011	1307	0,56	0,55
12101	0,1590	90	0,015	1,97	84	10,4	0,0395	0,25	0,17	23,5	0,011	1565	0,37	0,36
12101	0,0981	90	0,010	1,87	56	11,8	0,0323	0,33	0,18	33,4	0,010	1412	0,55	0,54
12101	0,1036	90	0,010	2,07	56	12,5	0,0342	0,33	0,18	37,0	0,009	1569	0,55	0,54
12141	0,0779	90	0,002	0,72	78	5,7	0,0145	0,19	0,03	9,2	0,020	499	0,40	0,38
12141	0,1279	90	0,004	0,82	112	5,4	0,0189	0,15	0,03	7,3	0,020	609	0,28	0,27
12141	0,0435	90	0,002	0,57	50	6,2	0,0145	0,33	0,04	11,4	0,029	387	0,62	0,60
12141	0,1365	90	0,006	0,92	112	5,8	0,0241	0,18	0,05	8,2	0,022	689	0,28	0,27
12141	0,1472	90	0,008	1,02	112	6,3	0,0293	0,20	0,07	9,1	0,022	782	0,28	0,27
12141	0,1050	90	0,010	1,02	81	7,3	0,0331	0,32	0,13	12,6	0,025	771	0,38	0,37

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
12141	0,1715	90	0,017	1,27	113	7,2	0,0428	0,25	0,15	11,2	0,022	1008	0,27	0,27
12141	0,0679	90	0,009	1,02	52	9,1	0,0320	0,47	0,18	19,6	0,024	777	0,60	0,58
12141	0,1806	90	0,022	1,37	113	7,6	0,0488	0,27	0,20	12,1	0,022	1102	0,27	0,27
12141	0,1205	90	0,017	1,22	83	8,0	0,0429	0,36	0,21	14,7	0,024	945	0,37	0,36
12141	0,1954	90	0,028	1,52	113	8,2	0,0547	0,28	0,25	13,5	0,021	1256	0,27	0,27
12141	0,1321	90	0,023	1,37	84	8,7	0,0489	0,37	0,27	16,3	0,023	1084	0,37	0,36
12141	0,0845	90	0,016	1,52	54	10,7	0,0421	0,50	0,30	28,1	0,018	1136	0,57	0,56
12141	0,1480	90	0,030	1,52	84	9,7	0,0568	0,38	0,36	18,1	0,021	1280	0,37	0,36
12141	0,0930	90	0,021	1,57	55	11,5	0,0475	0,51	0,38	28,5	0,018	1248	0,56	0,55
12141	0,0981	90	0,023	1,82	56	11,8	0,0499	0,51	0,41	32,5	0,016	1393	0,55	0,54
12141	0,1590	90	0,036	1,72	84	10,4	0,0621	0,39	0,43	20,5	0,019	1462	0,37	0,36
12141	0,1036	90	0,026	2,02	56	12,5	0,0531	0,51	0,46	36,1	0,014	1550	0,55	0,54
13001	0,0780	90	0,000	0,82	78	5,7	0,0079	0,10	0,01	10,5	0,010	534	0,46	0,00
13001	0,0436	90	0,000	0,72	50	6,2	0,0035	0,08	0,01	14,4	0,006	436	0,72	0,00
13001	0,1269	90	0,001	1,02	112	5,4	0,0107	0,08	0,01	9,1	0,009	674	0,32	0,00
13001	0,1369	90	0,002	1,12	112	5,8	0,0123	0,09	0,01	10,0	0,009	762	0,32	0,00
13001	0,1467	90	0,003	1,22	112	6,2	0,0164	0,11	0,02	10,9	0,010	853	0,32	0,00
13001	0,1043	90	0,004	1,27	81	7,2	0,0204	0,20	0,05	15,7	0,012	855	0,44	0,00
13001	0,1715	90	0,007	1,57	113	7,2	0,0274	0,16	0,06	13,9	0,012	1121	0,32	0,00
13001	0,1810	90	0,007	1,72	113	7,6	0,0299	0,17	0,07	15,2	0,011	1238	0,32	0,00
13001	0,0674	90	0,004	1,32	52	9,1	0,0198	0,29	0,07	25,4	0,012	878	0,69	0,00
13001	0,1199	90	0,007	1,52	83	8,0	0,0274	0,23	0,09	18,3	0,012	1049	0,43	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
13001	0,1962	90	0,011	1,92	113	8,2	0,0343	0,17	0,10	17,0	0,010	1418	0,32	0,00
13001	0,1323	90	0,010	1,72	84	8,7	0,0328	0,25	0,12	20,5	0,012	1217	0,43	0,00
13001	0,0839	90	0,007	1,72	54	10,7	0,0276	0,33	0,13	31,9	0,010	1201	0,67	0,00
13001	0,0924	90	0,009	2,12	55	11,4	0,0304	0,33	0,16	38,5	0,009	1441	0,65	0,00
13001	0,1490	90	0,014	2,12	84	9,8	0,0379	0,25	0,16	25,2	0,010	1522	0,43	0,00
13001	0,0972	90	0,010	2,22	56	11,7	0,0318	0,33	0,17	39,6	0,008	1524	0,64	0,00
13001	0,1595	90	0,015	2,32	84	10,5	0,0406	0,25	0,18	27,6	0,009	1705	0,43	0,00
13001	0,1032	90	0,011	2,37	56	12,4	0,0337	0,33	0,19	42,3	0,008	1672	0,64	0,00
13041	0,0775	90	0,003	0,72	78	5,7	0,0176	0,23	0,04	9,2	0,025	497	0,46	0,00
13041	0,1271	90	0,005	0,92	112	5,4	0,0240	0,19	0,05	8,2	0,023	641	0,32	0,00
13041	0,1369	90	0,007	1,02	112	5,8	0,0281	0,21	0,06	9,1	0,023	727	0,32	0,00
13041	0,1467	90	0,010	1,12	112	6,2	0,0333	0,23	0,09	10,0	0,023	817	0,32	0,00
13041	0,1043	90	0,012	1,12	81	7,2	0,0361	0,35	0,15	13,8	0,025	803	0,44	0,00
13041	0,1715	90	0,020	1,37	113	7,2	0,0459	0,27	0,18	12,1	0,022	1047	0,32	0,00
13041	0,0676	90	0,011	1,17	52	9,1	0,0338	0,50	0,21	22,5	0,022	828	0,69	0,00
13041	0,1810	90	0,024	1,47	113	7,6	0,0502	0,28	0,21	13,0	0,021	1144	0,32	0,00
13041	0,1199	90	0,019	1,32	83	8,0	0,0450	0,37	0,23	15,9	0,024	978	0,43	0,00
13041	0,1962	90	0,031	1,62	113	8,2	0,0570	0,29	0,27	14,3	0,020	1302	0,32	0,00
13041	0,1323	90	0,025	1,52	84	8,7	0,0514	0,39	0,30	18,1	0,021	1144	0,43	0,00
13041	0,0839	90	0,019	1,52	54	10,7	0,0445	0,53	0,35	28,1	0,019	1129	0,67	0,00
13041	0,1490	90	0,033	1,72	84	9,8	0,0589	0,40	0,39	20,5	0,019	1371	0,43	0,00
13041	0,0924	90	0,023	1,97	55	11,4	0,0494	0,53	0,42	35,8	0,015	1390	0,65	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
13041	0,0972	90	0,025	2,12	56	11,7	0,0522	0,54	0,45	37,9	0,014	1489	0,64	0,00
13041	0,1595	90	0,038	2,12	84	10,5	0,0642	0,40	0,46	25,2	0,016	1630	0,43	0,00
13041	0,1032	90	0,029	2,32	56	12,4	0,0549	0,53	0,51	41,4	0,013	1654	0,64	0,00
13101	0,0438	90	0,000	0,82	50	6,3	0,0038	0,09	0,00	16,4	0,005	468	0,72	0,60
13101	0,0776	90	0,000	1,02	78	5,7	0,0082	0,11	0,01	13,1	0,008	592	0,46	0,38
13101	0,1270	90	0,001	1,22	112	5,4	0,0115	0,09	0,01	10,9	0,008	738	0,32	0,27
13101	0,1365	90	0,001	1,32	112	5,8	0,0133	0,10	0,01	11,8	0,008	825	0,32	0,27
13101	0,1472	90	0,002	1,42	112	6,3	0,0160	0,11	0,02	12,7	0,009	923	0,32	0,27
13101	0,1050	90	0,004	1,52	81	7,3	0,0204	0,19	0,05	18,8	0,010	941	0,44	0,37
13101	0,1715	90	0,007	1,82	113	7,2	0,0281	0,16	0,06	16,1	0,010	1207	0,32	0,27
13101	0,0679	90	0,004	1,52	52	9,1	0,0196	0,29	0,07	29,2	0,010	948	0,69	0,58
13101	0,1806	90	0,009	1,97	113	7,6	0,0308	0,17	0,08	17,4	0,010	1322	0,32	0,27
13101	0,1205	90	0,007	1,82	83	8,0	0,0278	0,23	0,09	21,9	0,011	1154	0,43	0,36
13101	0,1954	90	0,010	2,22	113	8,2	0,0328	0,17	0,09	19,6	0,009	1518	0,32	0,27
13101	0,1321	90	0,010	2,02	84	8,7	0,0318	0,24	0,11	24,0	0,010	1317	0,43	0,36
13101	0,0845	90	0,006	2,02	54	10,7	0,0257	0,30	0,12	37,4	0,008	1310	0,67	0,56
13101	0,0930	90	0,008	2,32	55	11,5	0,0283	0,30	0,14	42,2	0,007	1517	0,65	0,55
13101	0,0981	90	0,008	2,47	56	11,8	0,0293	0,30	0,15	44,1	0,007	1622	0,64	0,54
13101	0,1480	90	0,013	2,37	84	9,7	0,0365	0,25	0,15	28,2	0,009	1598	0,43	0,36
13101	0,1036	90	0,009	2,67	56	12,5	0,0304	0,29	0,16	47,7	0,006	1782	0,64	0,54
13101	0,1590	90	0,014	2,62	84	10,4	0,0381	0,24	0,16	31,2	0,008	1805	0,43	0,36
13141	0,0771	90	0,002	0,77	78	5,7	0,0154	0,20	0,03	9,9	0,020	511	0,46	0,38

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
13141	0,1270	90	0,004	0,97	112	5,4	0,0215	0,17	0,04	8,7	0,020	658	0,32	0,27
13141	0,0438	90	0,002	0,62	50	6,3	0,0156	0,36	0,04	12,4	0,029	407	0,72	0,60
13141	0,1365	90	0,006	1,02	112	5,8	0,0262	0,19	0,06	9,1	0,021	725	0,32	0,27
13141	0,1472	90	0,009	1,12	112	6,3	0,0318	0,22	0,08	10,0	0,022	819	0,32	0,27
13141	0,1050	90	0,011	1,12	81	7,3	0,0341	0,32	0,14	13,8	0,024	808	0,44	0,37
13141	0,1715	90	0,018	1,37	113	7,2	0,0441	0,26	0,16	12,1	0,021	1047	0,32	0,27
13141	0,1806	90	0,022	1,47	113	7,6	0,0486	0,27	0,20	13,0	0,021	1142	0,32	0,27
13141	0,0679	90	0,010	1,12	52	9,1	0,0330	0,49	0,20	21,5	0,023	814	0,69	0,58
13141	0,1205	90	0,018	1,32	83	8,0	0,0434	0,36	0,22	15,9	0,023	983	0,43	0,36
13141	0,1954	90	0,029	1,57	113	8,2	0,0553	0,28	0,26	13,9	0,020	1277	0,32	0,27
13141	0,1321	90	0,023	1,52	84	8,7	0,0496	0,38	0,28	18,1	0,021	1142	0,43	0,36
13141	0,0845	90	0,017	1,52	54	10,7	0,0428	0,51	0,32	28,1	0,018	1136	0,67	0,56
13141	0,1480	90	0,031	1,72	84	9,7	0,0576	0,39	0,37	20,5	0,019	1361	0,43	0,36
13141	0,0930	90	0,022	1,77	55	11,5	0,0483	0,52	0,40	32,2	0,016	1325	0,65	0,55
13141	0,0981	90	0,024	2,07	56	11,8	0,0506	0,52	0,43	37,0	0,014	1485	0,64	0,54
13141	0,1590	90	0,037	1,82	84	10,4	0,0625	0,39	0,44	21,7	0,018	1504	0,43	0,36
13141	0,1036	90	0,027	2,17	56	12,5	0,0537	0,52	0,48	38,8	0,013	1606	0,64	0,54
14001	0,0768	90	0,000	1,02	78	5,6	0,0035	0,05	0,00	13,1	0,003	586	0,56	0,00
14001	0,0428	90	0,000	0,82	50	6,1	0,0065	0,15	0,00	16,4	0,009	456	0,88	0,00
14001	0,1271	90	0,001	1,22	112	5,4	0,0127	0,10	0,01	10,9	0,009	739	0,39	0,00
14001	0,1369	90	0,002	1,42	112	5,8	0,0133	0,10	0,01	12,7	0,008	858	0,39	0,00
14001	0,1467	90	0,003	1,57	112	6,2	0,0177	0,12	0,02	14,0	0,009	967	0,39	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
14001	0,1043	90	0,004	1,52	81	7,2	0,0210	0,20	0,05	18,8	0,011	936	0,54	0,00
14001	0,0674	90	0,003	1,52	52	9,1	0,0190	0,28	0,06	29,2	0,010	942	0,85	0,00
14001	0,1715	90	0,008	1,97	113	7,2	0,0288	0,17	0,07	17,4	0,010	1255	0,39	0,00
14001	0,1810	90	0,009	2,12	113	7,6	0,0306	0,17	0,08	18,8	0,009	1374	0,39	0,00
14001	0,1199	90	0,007	1,92	83	8,0	0,0264	0,22	0,08	23,1	0,010	1179	0,53	0,00
14001	0,0839	90	0,005	2,17	54	10,7	0,0248	0,30	0,10	40,2	0,007	1348	0,81	0,00
14001	0,1962	90	0,011	2,52	113	8,2	0,0348	0,18	0,10	22,3	0,008	1624	0,39	0,00
14001	0,1323	90	0,009	2,17	84	8,7	0,0308	0,23	0,11	25,8	0,009	1367	0,52	0,00
14001	0,0924	90	0,006	2,52	55	11,4	0,0264	0,29	0,12	45,8	0,006	1572	0,80	0,00
14001	0,0972	90	0,007	2,72	56	11,7	0,0270	0,28	0,12	48,6	0,006	1687	0,79	0,00
14001	0,1032	90	0,007	2,82	56	12,4	0,0281	0,27	0,13	50,4	0,005	1824	0,79	0,00
14001	0,1490	90	0,011	2,57	84	9,8	0,0343	0,23	0,13	30,6	0,008	1676	0,52	0,00
14001	0,1595	90	0,012	2,82	84	10,5	0,0358	0,22	0,14	33,6	0,007	1879	0,52	0,00
14041	0,0772	90	0,003	0,72	78	5,7	0,0187	0,24	0,04	9,2	0,026	495	0,56	0,00
14041	0,1278	90	0,005	0,92	112	5,4	0,0248	0,19	0,05	8,2	0,024	645	0,39	0,00
14041	0,0431	90	0,003	0,62	50	6,2	0,0150	0,35	0,05	12,4	0,028	400	0,88	0,00
14041	0,1369	90	0,008	1,02	112	5,8	0,0301	0,22	0,07	9,1	0,024	727	0,39	0,00
14041	0,1467	90	0,011	1,12	112	6,2	0,0352	0,24	0,10	10,0	0,024	817	0,39	0,00
14041	0,1043	90	0,013	1,12	81	7,2	0,0375	0,36	0,16	13,8	0,026	803	0,54	0,00
14041	0,1715	90	0,021	1,42	113	7,2	0,0481	0,28	0,18	12,6	0,022	1066	0,39	0,00
14041	0,0674	90	0,011	1,27	52	9,1	0,0343	0,51	0,21	24,4	0,021	861	0,85	0,00
14041	0,1810	90	0,025	1,52	113	7,6	0,0520	0,29	0,22	13,5	0,021	1164	0,39	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
14041	0,1199	90	0,019	1,37	83	8,0	0,0465	0,39	0,23	16,5	0,024	996	0,53	0,00
14041	0,1962	90	0,032	1,67	113	8,2	0,0593	0,30	0,28	14,8	0,020	1322	0,39	0,00
14041	0,1323	90	0,025	1,52	84	8,7	0,0522	0,39	0,30	18,1	0,022	1144	0,52	0,00
14041	0,0839	90	0,018	1,57	54	10,7	0,0443	0,53	0,34	29,1	0,018	1147	0,81	0,00
14041	0,1490	90	0,033	2,07	84	9,8	0,0599	0,40	0,39	24,6	0,016	1504	0,52	0,00
14041	0,0924	90	0,022	2,07	55	11,4	0,0488	0,53	0,41	37,6	0,014	1424	0,80	0,00
14041	0,0972	90	0,025	2,22	56	11,7	0,0516	0,53	0,44	39,6	0,013	1524	0,79	0,00
14041	0,1595	90	0,039	2,12	84	10,5	0,0651	0,41	0,46	25,2	0,016	1630	0,52	0,00
14041	0,1032	90	0,028	2,42	56	12,4	0,0548	0,53	0,49	43,2	0,012	1690	0,79	0,00
14101	0,0431	90	0,000	0,92	50	6,2	0,0038	0,09	0,01	18,4	0,005	488	0,88	0,60
14101	0,0769	90	0,001	1,02	78	5,6	0,0061	0,08	0,01	13,1	0,006	586	0,56	0,38
14101	0,1270	90	0,002	1,32	112	5,4	0,0142	0,11	0,02	11,8	0,009	768	0,39	0,27
14101	0,1365	90	0,003	1,47	112	5,8	0,0166	0,12	0,02	13,1	0,009	871	0,39	0,27
14101	0,1472	90	0,003	1,62	112	6,3	0,0174	0,12	0,03	14,5	0,008	986	0,39	0,27
14101	0,1050	90	0,004	1,62	81	7,3	0,0197	0,19	0,05	20,0	0,009	972	0,54	0,37
14101	0,0679	90	0,003	1,72	52	9,1	0,0184	0,27	0,07	33,1	0,008	1008	0,85	0,58
14101	0,1715	90	0,008	2,02	113	7,2	0,0277	0,16	0,07	17,9	0,009	1271	0,39	0,27
14101	0,1806	90	0,009	2,17	113	7,6	0,0298	0,16	0,08	19,2	0,009	1387	0,39	0,27
14101	0,1205	90	0,007	1,97	83	8,0	0,0270	0,22	0,09	23,7	0,009	1201	0,53	0,36
14101	0,1954	90	0,011	2,42	113	8,2	0,0333	0,17	0,10	21,4	0,008	1585	0,39	0,27
14101	0,0845	90	0,006	2,27	54	10,7	0,0241	0,29	0,10	42,0	0,007	1388	0,81	0,56
14101	0,0930	90	0,006	2,57	55	11,5	0,0259	0,28	0,12	46,7	0,006	1597	0,80	0,55

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
14101	0,0981	90	0,007	2,72	56	11,8	0,0270	0,28	0,12	48,6	0,006	1703	0,79	0,54
14101	0,1321	90	0,010	2,22	84	8,7	0,0316	0,24	0,12	26,4	0,009	1380	0,52	0,36
14101	0,1480	90	0,011	2,62	84	9,7	0,0343	0,23	0,13	31,2	0,007	1680	0,52	0,36
14101	0,1036	90	0,008	2,92	56	12,5	0,0279	0,27	0,14	52,1	0,005	1863	0,79	0,54
14101	0,1590	90	0,012	2,82	84	10,4	0,0358	0,23	0,15	33,6	0,007	1872	0,52	0,36
14141	0,0772	90	0,003	0,82	78	5,7	0,0178	0,23	0,04	10,5	0,022	528	0,56	0,38
14141	0,1270	90	0,005	1,12	112	5,4	0,0238	0,19	0,04	10,0	0,019	707	0,39	0,27
14141	0,0437	90	0,002	0,72	50	6,2	0,0166	0,38	0,05	14,4	0,026	437	0,88	0,60
14141	0,1365	90	0,007	1,22	112	5,8	0,0288	0,21	0,06	10,9	0,019	793	0,39	0,27
14141	0,1472	90	0,011	1,32	112	6,3	0,0349	0,24	0,10	11,8	0,020	890	0,39	0,27
14141	0,1050	90	0,012	1,32	81	7,3	0,0364	0,35	0,15	16,3	0,021	877	0,54	0,37
14141	0,1715	90	0,020	1,62	113	7,2	0,0477	0,28	0,18	14,3	0,019	1139	0,39	0,27
14141	0,0679	90	0,010	1,47	52	9,1	0,0326	0,48	0,19	28,3	0,017	932	0,85	0,58
14141	0,1806	90	0,024	1,72	113	7,6	0,0512	0,28	0,21	15,2	0,019	1235	0,39	0,27
14141	0,1205	90	0,018	1,52	83	8,0	0,0452	0,37	0,22	18,3	0,020	1055	0,53	0,36
14141	0,1954	90	0,031	1,97	113	8,2	0,0580	0,30	0,27	17,4	0,017	1430	0,39	0,27
14141	0,1321	90	0,023	1,72	84	8,7	0,0503	0,38	0,27	20,5	0,019	1215	0,52	0,36
14141	0,0845	90	0,016	2,02	54	10,7	0,0415	0,49	0,29	37,4	0,013	1310	0,81	0,56
14141	0,0930	90	0,019	2,22	55	11,5	0,0459	0,49	0,34	40,4	0,012	1484	0,80	0,55
14141	0,1480	90	0,029	2,07	84	9,7	0,0573	0,39	0,35	24,6	0,016	1494	0,52	0,36
14141	0,0981	90	0,021	2,32	56	11,8	0,0484	0,49	0,38	41,4	0,012	1572	0,79	0,54
14141	0,1590	90	0,035	2,32	84	10,4	0,0616	0,39	0,41	27,6	0,014	1698	0,52	0,36

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
14141	0,1036	90	0,023	2,42	56	12,5	0,0507	0,49	0,42	43,2	0,011	1696	0,79	0,54
20101	0,1176	90	0,000	0,42	95	6,4	0,0016	0,01	0,00	4,4	0,003	473	0,00	0,32
20101	0,0785	90	0,000	0,42	68	7,1	0,0022	0,03	0,00	6,2	0,005	441	0,00	0,44
20101	0,1392	90	0,000	0,52	95	7,6	0,0031	0,02	0,00	5,5	0,004	623	0,00	0,32
20101	0,1503	90	0,000	0,52	95	8,2	0,0042	0,03	0,00	5,5	0,005	672	0,00	0,32
20101	0,1587	90	0,000	0,62	95	8,7	0,0057	0,04	0,00	6,5	0,005	775	0,00	0,32
20101	0,1068	90	0,000	0,52	68	9,6	0,0061	0,06	0,01	7,6	0,007	667	0,00	0,44
20101	0,1748	90	0,001	0,62	95	9,5	0,0094	0,05	0,01	6,5	0,008	854	0,00	0,32
20101	0,1836	90	0,001	0,62	97	9,7	0,0118	0,06	0,01	6,4	0,010	878	0,00	0,31
20101	0,1217	90	0,001	0,62	68	11,0	0,0107	0,09	0,01	9,1	0,010	830	0,00	0,44
20101	0,0686	90	0,001	0,62	45	11,5	0,0082	0,12	0,02	13,8	0,009	708	0,00	0,67
20101	0,1288	90	0,001	0,62	68	11,6	0,0132	0,10	0,02	9,1	0,011	879	0,00	0,44
20101	0,1343	90	0,002	0,67	68	12,1	0,0150	0,11	0,03	9,9	0,011	952	0,00	0,44
20101	0,1444	90	0,003	0,72	70	12,4	0,0177	0,12	0,04	10,3	0,012	1032	0,00	0,43
20101	0,1486	90	0,003	0,72	70	12,8	0,0191	0,13	0,05	10,3	0,012	1061	0,00	0,43
20101	0,0855	90	0,002	0,67	45	14,3	0,0166	0,19	0,05	14,9	0,013	916	0,00	0,67
20101	0,0930	90	0,003	0,72	45	15,6	0,0202	0,22	0,08	16,0	0,014	1033	0,00	0,67
20101	0,0962	90	0,004	0,72	45	16,1	0,0217	0,23	0,08	16,0	0,014	1069	0,00	0,67
20101	0,0986	90	0,004	0,72	47	15,4	0,0225	0,23	0,09	15,3	0,015	1049	0,00	0,64
20101	0,1022	90	0,005	0,77	50	14,6	0,0243	0,24	0,10	15,4	0,015	1057	0,00	0,60
20101	0,1043	90	0,005	0,77	50	14,9	0,0252	0,24	0,10	15,4	0,016	1079	0,00	0,60
21000	0,0388	90	0,000	0,62	43	6,9	0,0102	0,26	0,00	14,4	0,018	418	0,60	0,00

$$\beta = \frac{Q_{ar}}{Q}$$

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21000	0,1408	90	0,000	1,12	95	7,7	0,0169	0,12	0,00	11,8	0,010	924	0,27	0,00
21000	0,1529	90	0,000	1,22	95	8,3	0,0211	0,14	0,00	12,8	0,011	1047	0,27	0,00
21000	0,1620	90	0,000	1,22	95	8,8	0,0293	0,18	0,00	12,8	0,014	1110	0,27	0,00
21000	0,1067	90	0,000	1,22	68	9,6	0,0256	0,24	0,00	17,9	0,013	1021	0,38	0,00
21000	0,1812	90	0,000	1,52	95	9,9	0,0411	0,23	0,00	16,0	0,014	1386	0,27	0,00
21000	0,1914	90	0,000	1,62	97	10,1	0,0524	0,27	0,00	16,7	0,016	1480	0,27	0,00
21000	0,1235	90	0,000	1,52	68	11,1	0,0402	0,33	0,00	22,4	0,015	1320	0,38	0,00
21000	0,0684	90	0,000	0,62	45	11,4	0,0301	0,44	0,00	13,8	0,032	705	0,58	0,00
21000	0,1301	90	0,000	1,62	68	11,7	0,0467	0,36	0,00	23,8	0,015	1435	0,38	0,00
21000	0,1365	90	0,000	1,62	68	12,3	0,0501	0,37	0,00	23,8	0,015	1506	0,38	0,00
21000	0,1470	90	0,000	1,92	70	12,7	0,0635	0,43	0,00	27,4	0,016	1714	0,37	0,00
21000	0,1529	90	0,000	2,02	70	13,2	0,0691	0,45	0,00	28,9	0,016	1829	0,37	0,00
21000	0,0864	90	0,000	0,92	45	14,5	0,0514	0,59	0,00	20,4	0,029	1086	0,58	0,00
21000	0,1058	90	0,000	1,42	50	15,1	0,0723	0,68	0,00	28,4	0,024	1485	0,52	0,00
21000	0,1078	90	0,000	1,82	50	15,4	0,0753	0,70	0,00	36,4	0,019	1714	0,52	0,00
21000	0,1012	90	0,000	1,32	47	15,9	0,0665	0,66	0,00	28,1	0,023	1458	0,55	0,00
21000	0,0950	90	0,000	1,12	45	15,9	0,0603	0,63	0,00	24,9	0,025	1317	0,58	0,00
21000	0,0987	90	0,000	1,22	45	16,5	0,0631	0,64	0,00	27,1	0,024	1428	0,58	0,00
21001	0,0820	90	0,000	0,62	87	5,1	0,0044	0,05	0,00	7,1	0,008	437	0,30	0,00
21001	0,0820	75	0,000	0,62	87	5,1	0,0044	0,05	0,00	7,1	0,008	437	0,30	0,00
21001	0,0820	60	0,000	0,62	87	5,1	0,0044	0,05	0,00	7,1	0,008	437	0,30	0,00
21001	0,0415	90	0,000	0,52	55	5,1	0,0035	0,08	0,00	9,5	0,009	321	0,47	0,00

005-5


TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21001	0,0415	75	0,000	0,42	55	5,1	0,0035	0,08	0,00	7,6	0,011	288	0,47	0,00
21001	0,0415	60	0,000	0,42	55	5,1	0,0035	0,08	0,00	7,6	0,011	288	0,47	0,00
21001	0,0415	45	0,000	0,42	55	5,1	0,0035	0,08	0,00	7,6	0,011	288	0,47	0,00
21001	0,0820	45	0,000	0,62	87	5,1	0,0044	0,05	0,00	7,1	0,008	437	0,30	0,00
21001	0,0388	60	0,000	0,72	43	6,9	0,0063	0,16	0,01	16,7	0,010	451	0,60	0,00
21001	0,1179	90	0,001	0,92	95	6,4	0,0098	0,08	0,01	9,7	0,009	701	0,27	0,00
21001	0,1179	75	0,001	0,92	95	6,4	0,0098	0,08	0,01	9,7	0,009	701	0,27	0,00
21001	0,0415	30	0,000	0,42	55	5,1	0,0035	0,08	0,01	7,6	0,011	288	0,47	0,00
21001	0,0412	30	0,001	0,52	53	5,4	0,0074	0,18	0,01	9,8	0,018	331	0,49	0,00
21001	0,0388	45	0,000	0,72	43	6,9	0,0061	0,16	0,01	16,7	0,009	451	0,60	0,00
21001	0,1179	60	0,001	0,92	95	6,4	0,0098	0,08	0,01	9,7	0,009	701	0,27	0,00
21001	0,0778	60	0,001	0,82	68	7,0	0,0116	0,15	0,01	12,1	0,012	610	0,38	0,00
21001	0,0820	30	0,001	0,62	87	5,1	0,0044	0,05	0,02	7,1	0,008	437	0,30	0,00
21001	0,1408	90	0,002	1,12	95	7,7	0,0186	0,13	0,02	11,8	0,011	924	0,27	0,00
21001	0,1408	75	0,002	1,12	95	7,7	0,0176	0,12	0,03	11,8	0,011	924	0,27	0,00
21001	0,1179	45	0,003	0,82	95	6,4	0,0093	0,08	0,03	8,6	0,009	662	0,27	0,00
21001	0,0778	45	0,002	0,82	68	7,0	0,0116	0,15	0,03	12,1	0,012	610	0,38	0,00
21001	0,0388	30	0,002	0,62	43	6,9	0,0059	0,15	0,04	14,4	0,011	418	0,60	0,00
21001	0,1408	60	0,004	1,02	95	7,7	0,0169	0,12	0,04	10,7	0,011	882	0,27	0,00
21001	0,1529	90	0,004	1,22	95	8,3	0,0233	0,15	0,04	12,8	0,012	1047	0,27	0,00
21001	0,1529	75	0,004	1,17	95	8,3	0,0221	0,14	0,05	12,3	0,012	1025	0,27	0,00
21001	0,1620	90	0,005	1,22	95	8,8	0,0263	0,16	0,06	12,8	0,013	1110	0,27	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21001	0,0415	15	0,003	0,42	55	5,1	0,0035	0,08	0,06	7,6	0,011	288	0,47	0,00
21001	0,1620	75	0,006	1,22	95	8,8	0,0252	0,16	0,06	12,8	0,012	1110	0,27	0,00
21001	0,1067	90	0,004	1,12	68	9,6	0,0232	0,22	0,06	16,5	0,013	978	0,38	0,00
21001	0,1529	60	0,006	1,12	95	8,3	0,0199	0,13	0,06	11,8	0,011	1003	0,27	0,00
21001	0,1067	75	0,004	1,12	68	9,6	0,0222	0,21	0,06	16,5	0,013	978	0,38	0,00
21001	0,0412	15	0,003	0,52	53	5,4	0,0074	0,18	0,06	9,8	0,018	331	0,49	0,00
21001	0,0778	30	0,005	0,82	68	7,0	0,0116	0,15	0,07	12,1	0,012	610	0,38	0,00
21001	0,0684	90	0,003	1,12	45	11,4	0,0202	0,30	0,08	24,9	0,012	948	0,58	0,00
21001	0,1812	90	0,007	1,42	95	9,9	0,0330	0,18	0,08	14,9	0,012	1340	0,27	0,00
21001	0,1408	45	0,008	1,02	95	7,7	0,0145	0,10	0,08	10,7	0,010	882	0,27	0,00
21001	0,1179	30	0,008	0,82	95	6,4	0,0081	0,07	0,08	8,6	0,008	662	0,27	0,00
21001	0,0684	75	0,004	1,12	45	11,4	0,0195	0,29	0,08	24,9	0,011	948	0,58	0,00
21001	0,1067	60	0,006	1,12	68	9,6	0,0209	0,20	0,09	16,5	0,012	978	0,38	0,00
21001	0,1620	60	0,008	1,22	95	8,8	0,0235	0,14	0,09	12,8	0,011	1110	0,27	0,00
21001	0,1812	75	0,009	1,42	95	9,9	0,0322	0,18	0,10	14,9	0,012	1340	0,27	0,00
21001	0,0388	15	0,005	0,62	43	6,9	0,0057	0,15	0,11	14,4	0,010	418	0,60	0,00
21001	0,0684	60	0,005	1,12	45	11,4	0,0178	0,26	0,11	24,9	0,010	948	0,58	0,00
21001	0,1235	90	0,008	1,32	68	11,1	0,0326	0,26	0,11	19,4	0,014	1230	0,38	0,00
21001	0,1235	75	0,008	1,32	68	11,1	0,0308	0,25	0,12	19,4	0,013	1230	0,38	0,00
21001	0,1529	45	0,012	1,12	95	8,3	0,0167	0,11	0,12	11,8	0,009	1003	0,27	0,00
21001	0,1914	90	0,012	1,52	97	10,1	0,0386	0,20	0,13	15,7	0,013	1433	0,27	0,00
21001	0,1914	75	0,013	1,42	97	10,1	0,0366	0,19	0,13	14,6	0,013	1385	0,27	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21001	0,1812	60	0,013	1,42	95	9,9	0,0279	0,15	0,14	14,9	0,010	1340	0,27	0,00
21001	0,1301	90	0,009	1,52	68	11,7	0,0358	0,27	0,14	22,4	0,012	1390	0,38	0,00
21001	0,1067	45	0,010	1,12	68	9,6	0,0175	0,16	0,14	16,5	0,010	978	0,38	0,00
21001	0,1301	75	0,010	1,52	68	11,7	0,0341	0,26	0,14	22,4	0,012	1390	0,38	0,00
21001	0,1620	45	0,014	1,22	95	8,8	0,0180	0,11	0,15	12,8	0,009	1110	0,27	0,00
21001	0,1235	60	0,011	1,22	68	11,1	0,0266	0,22	0,16	17,9	0,012	1182	0,38	0,00
21001	0,1365	90	0,011	1,52	68	12,3	0,0377	0,28	0,16	22,4	0,012	1458	0,38	0,00
21001	0,0864	90	0,007	1,42	45	14,5	0,0298	0,35	0,16	31,6	0,011	1349	0,58	0,00
21001	0,0864	75	0,008	1,42	45	14,5	0,0292	0,34	0,17	31,6	0,011	1349	0,58	0,00
21001	0,1365	75	0,012	1,47	68	12,3	0,0359	0,26	0,17	21,6	0,012	1434	0,38	0,00
21001	0,1408	30	0,016	0,92	95	7,7	0,0099	0,07	0,17	9,7	0,007	838	0,27	0,00
21001	0,0684	45	0,008	1,12	45	11,4	0,0136	0,20	0,18	24,9	0,008	948	0,58	0,00
21001	0,1914	60	0,017	1,42	97	10,1	0,0315	0,16	0,18	14,6	0,011	1385	0,27	0,00
21001	0,1301	60	0,013	1,42	68	11,7	0,0294	0,23	0,19	20,9	0,011	1343	0,38	0,00
21001	0,1470	90	0,015	1,62	70	12,7	0,0428	0,29	0,21	23,1	0,013	1574	0,37	0,00
21001	0,0950	90	0,010	1,62	45	15,9	0,0338	0,36	0,21	36,0	0,010	1584	0,58	0,00
21001	0,1812	45	0,020	1,32	95	9,9	0,0219	0,12	0,21	13,9	0,009	1291	0,27	0,00
21001	0,1470	75	0,015	1,62	70	12,7	0,0407	0,28	0,22	23,1	0,012	1574	0,37	0,00
21001	0,1365	60	0,015	1,42	68	12,3	0,0306	0,22	0,22	20,9	0,011	1410	0,38	0,00
21001	0,1529	90	0,016	1,62	70	13,2	0,0443	0,29	0,22	23,1	0,013	1638	0,37	0,00
21001	0,0864	60	0,010	1,42	45	14,5	0,0247	0,29	0,22	31,6	0,009	1349	0,58	0,00
21001	0,1529	30	0,022	1,02	95	8,3	0,0114	0,07	0,23	10,7	0,007	958	0,27	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21001	0,0950	75	0,010	1,62	45	15,9	0,0327	0,34	0,23	36,0	0,010	1584	0,58	0,00
21001	0,1235	45	0,016	1,22	68	11,1	0,0210	0,17	0,24	17,9	0,009	1182	0,38	0,00
21001	0,0987	90	0,011	1,62	45	16,5	0,0356	0,36	0,24	36,0	0,010	1645	0,58	0,00
21001	0,1529	75	0,017	1,62	70	13,2	0,0428	0,28	0,24	23,1	0,012	1638	0,37	0,00
21001	0,0778	15	0,016	0,72	68	7,0	0,0098	0,13	0,24	10,6	0,012	572	0,38	0,00
21001	0,0987	75	0,011	1,62	45	16,5	0,0345	0,35	0,25	36,0	0,010	1645	0,58	0,00
21001	0,1012	90	0,012	1,62	47	15,9	0,0369	0,36	0,26	34,5	0,011	1615	0,55	0,00
21001	0,1067	30	0,017	1,02	68	9,6	0,0134	0,13	0,26	15,0	0,008	934	0,38	0,00
21001	0,1470	60	0,018	1,62	70	12,7	0,0340	0,23	0,26	23,1	0,010	1574	0,37	0,00
21001	0,1914	45	0,025	1,32	97	10,1	0,0238	0,12	0,26	13,6	0,009	1336	0,27	0,00
21001	0,1179	15	0,025	0,72	95	6,4	0,0069	0,06	0,27	7,6	0,008	620	0,27	0,00
21001	0,1620	30	0,025	1,12	95	8,8	0,0129	0,08	0,27	11,8	0,007	1064	0,27	0,00
21001	0,1012	75	0,013	1,62	47	15,9	0,0360	0,36	0,27	34,5	0,010	1615	0,55	0,00
21001	0,1078	90	0,014	1,82	50	15,4	0,0395	0,37	0,27	36,4	0,010	1714	0,52	0,00
21001	0,1058	90	0,014	1,82	50	15,1	0,0391	0,37	0,28	36,4	0,010	1682	0,52	0,00
21001	0,1058	75	0,014	1,82	50	15,1	0,0379	0,36	0,28	36,4	0,010	1682	0,52	0,00
21001	0,1301	45	0,019	1,22	68	11,7	0,0225	0,17	0,28	17,9	0,010	1245	0,38	0,00
21001	0,1078	75	0,014	1,82	50	15,4	0,0387	0,36	0,29	36,4	0,010	1714	0,52	0,00
21001	0,0950	60	0,013	1,42	45	15,9	0,0263	0,28	0,29	31,6	0,009	1483	0,58	0,00
21001	0,1529	60	0,021	1,52	70	13,2	0,0351	0,23	0,30	21,7	0,011	1586	0,37	0,00
21001	0,0684	30	0,014	1,02	45	11,4	0,0091	0,13	0,30	22,7	0,006	904	0,58	0,00
21001	0,1365	45	0,021	1,27	68	12,3	0,0232	0,17	0,31	18,7	0,009	1333	0,38	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21001	0,0864	45	0,014	1,42	45	14,5	0,0182	0,21	0,32	31,6	0,007	1349	0,58	0,00
21001	0,0987	60	0,014	1,62	45	16,5	0,0284	0,29	0,32	36,0	0,008	1645	0,58	0,00
21001	0,1012	60	0,015	1,62	47	15,9	0,0290	0,29	0,32	34,5	0,008	1615	0,55	0,00
21001	0,1058	60	0,017	1,82	50	15,1	0,0305	0,29	0,34	36,4	0,008	1682	0,52	0,00
21001	0,1078	60	0,017	1,72	50	15,4	0,0312	0,29	0,35	34,4	0,008	1667	0,52	0,00
21001	0,1812	30	0,033	1,22	95	9,9	0,0138	0,08	0,35	12,8	0,006	1242	0,27	0,00
21001	0,1470	45	0,026	1,62	70	12,7	0,0254	0,17	0,37	23,1	0,007	1574	0,37	0,00
21001	0,1235	30	0,026	1,12	68	11,1	0,0151	0,12	0,39	16,5	0,007	1133	0,38	0,00
21001	0,0950	45	0,018	1,42	45	15,9	0,0184	0,19	0,41	31,6	0,006	1483	0,58	0,00
21001	0,1529	45	0,029	1,42	70	13,2	0,0261	0,17	0,41	20,3	0,008	1533	0,37	0,00
21001	0,0987	45	0,019	1,42	45	16,5	0,0201	0,20	0,41	31,6	0,006	1540	0,58	0,00
21001	0,1012	45	0,020	1,42	47	15,9	0,0205	0,20	0,42	30,2	0,007	1512	0,55	0,00
21001	0,1914	30	0,042	1,22	97	10,1	0,0126	0,07	0,43	12,6	0,005	1284	0,27	0,00
21001	0,1058	45	0,022	1,62	50	15,1	0,0214	0,20	0,45	32,4	0,006	1587	0,52	0,00
21001	0,1408	15	0,042	0,82	95	7,7	0,0079	0,06	0,45	8,6	0,007	791	0,27	0,00
21001	0,1301	30	0,030	1,12	68	11,7	0,0155	0,12	0,45	16,5	0,007	1193	0,38	0,00
21001	0,1078	45	0,023	1,62	50	15,4	0,0222	0,21	0,45	32,4	0,006	1617	0,52	0,00
21001	0,0864	30	0,021	1,12	45	14,5	0,0104	0,12	0,47	24,9	0,005	1198	0,58	0,00
21001	0,0684	15	0,021	0,82	45	11,4	0,0071	0,10	0,47	18,2	0,006	811	0,58	0,00
21001	0,1365	30	0,034	1,12	68	12,3	0,0159	0,12	0,50	16,5	0,007	1252	0,38	0,00
21001	0,1067	15	0,035	0,82	68	9,6	0,0115	0,11	0,51	12,1	0,009	837	0,38	0,00
21001	0,1529	15	0,050	0,82	95	8,3	0,0082	0,05	0,53	8,6	0,006	859	0,27	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21001	0,0987	30	0,025	1,32	45	16,5	0,0107	0,11	0,56	29,3	0,004	1485	0,58	0,00
21001	0,0950	30	0,025	1,22	45	15,9	0,0100	0,11	0,56	27,1	0,004	1375	0,58	0,00
21001	0,1470	30	0,040	1,22	70	12,7	0,0151	0,10	0,56	17,4	0,006	1366	0,37	0,00
21001	0,1012	30	0,028	1,37	47	15,9	0,0110	0,11	0,59	29,1	0,004	1485	0,55	0,00
21001	0,1058	30	0,031	1,42	50	15,1	0,0108	0,10	0,61	28,4	0,004	1485	0,52	0,00
21001	0,1529	30	0,043	1,22	70	13,2	0,0151	0,10	0,62	17,4	0,006	1421	0,37	0,00
21001	0,1078	30	0,031	1,42	50	15,4	0,0103	0,10	0,62	28,4	0,003	1514	0,52	0,00
21001	0,1620	15	0,059	0,92	95	8,8	0,0095	0,06	0,63	9,7	0,006	964	0,27	0,00
21001	0,0864	15	0,028	1,02	45	14,5	0,0074	0,09	0,63	22,7	0,004	1143	0,58	0,00
21001	0,1235	15	0,046	0,92	68	11,1	0,0130	0,11	0,67	13,5	0,008	1027	0,38	0,00
21001	0,0950	15	0,032	1,12	45	15,9	0,0078	0,08	0,70	24,9	0,003	1317	0,58	0,00
21001	0,0987	15	0,034	1,17	45	16,5	0,0076	0,08	0,75	26,0	0,003	1398	0,58	0,00
21001	0,1012	15	0,035	1,22	47	15,9	0,0067	0,07	0,75	26,0	0,003	1402	0,55	0,00
21001	0,1301	15	0,051	0,92	68	11,7	0,0124	0,10	0,75	13,5	0,007	1081	0,38	0,00
21001	0,1058	15	0,038	1,22	50	15,1	0,0071	0,07	0,76	24,4	0,003	1377	0,52	0,00
21001	0,1078	15	0,039	1,22	50	15,4	0,0067	0,06	0,77	24,4	0,003	1404	0,52	0,00
21001	0,1365	15	0,053	1,02	68	12,3	0,0129	0,09	0,79	15,0	0,006	1195	0,38	0,00
21001	0,1812	15	0,075	0,92	95	9,9	0,0094	0,05	0,79	9,7	0,005	1078	0,27	0,00
21001	0,1470	15	0,060	1,02	70	12,7	0,0124	0,08	0,86	14,6	0,006	1249	0,37	0,00
21001	0,1914	15	0,089	0,92	97	10,1	0,0081	0,04	0,92	9,5	0,004	1115	0,27	0,00
21001	0,1529	15	0,064	1,02	70	13,2	0,0122	0,08	0,92	14,6	0,005	1299	0,37	0,00
21040	0,1408	90	0,000	0,92	95	7,7	0,0339	0,24	0,00	9,7	0,025	838	0,27	0,00



TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21040	0,1529	90	0,000	1,12	95	8,3	0,0429	0,28	0,00	11,8	0,024	1003	0,27	0,00
21040	0,1620	90	0,000	1,12	95	8,8	0,0484	0,30	0,00	11,8	0,025	1064	0,27	0,00
21040	0,1048	90	0,000	1,12	68	9,4	0,0401	0,38	0,00	16,5	0,023	961	0,38	0,00
21040	0,1812	90	0,000	1,37	95	9,9	0,0577	0,32	0,00	14,4	0,022	1316	0,27	0,00
21040	0,1914	90	0,000	1,42	97	10,1	0,0639	0,33	0,00	14,6	0,023	1385	0,27	0,00
21040	0,1202	90	0,000	1,42	68	10,8	0,0540	0,45	0,00	20,9	0,022	1241	0,38	0,00
21040	0,0678	90	0,000	1,12	45	11,3	0,0385	0,57	0,00	24,9	0,023	939	0,58	0,00
21040	0,1280	90	0,000	1,52	68	11,5	0,0595	0,47	0,00	22,4	0,021	1367	0,38	0,00
21040	0,1330	90	0,000	1,72	68	12,0	0,0637	0,48	0,00	25,3	0,019	1511	0,38	0,00
21040	0,1431	90	0,000	1,72	70	12,3	0,0726	0,51	0,00	24,6	0,021	1579	0,37	0,00
21040	0,1480	90	0,000	1,77	70	12,8	0,0779	0,53	0,00	25,3	0,021	1657	0,37	0,00
21040	0,0855	90	0,000	1,62	45	14,3	0,0567	0,66	0,00	36,0	0,018	1425	0,58	0,00
21040	0,1037	90	0,000	1,82	50	14,8	0,0787	0,76	0,00	36,4	0,021	1649	0,52	0,00
21040	0,1053	90	0,000	1,92	50	15,0	0,0822	0,78	0,00	38,4	0,020	1719	0,52	0,00
21040	0,0992	90	0,000	1,72	47	15,5	0,0746	0,75	0,00	36,6	0,021	1631	0,55	0,00
21040	0,0938	90	0,000	1,72	45	15,7	0,0698	0,74	0,00	38,2	0,019	1610	0,58	0,00
21040	0,0975	90	0,000	1,72	45	16,3	0,0712	0,73	0,00	38,2	0,019	1675	0,58	0,00
21041	0,1408	90	0,010	0,82	95	7,7	0,0316	0,22	0,10	8,6	0,026	791	0,27	0,00
21041	0,1408	75	0,011	0,82	95	7,7	0,0316	0,22	0,11	8,6	0,026	791	0,27	0,00
21041	0,1529	90	0,012	1,02	95	8,3	0,0353	0,23	0,13	10,7	0,021	958	0,27	0,00
21041	0,1529	75	0,013	1,02	95	8,3	0,0352	0,23	0,14	10,7	0,021	958	0,27	0,00
21041	0,1408	60	0,014	0,82	95	7,7	0,0285	0,20	0,15	8,6	0,023	791	0,27	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21041	0,1620	90	0,015	1,07	95	8,8	0,0425	0,26	0,16	11,3	0,023	1040	0,27	0,00
21041	0,1048	90	0,011	1,02	68	9,4	0,0361	0,34	0,17	15,0	0,023	917	0,38	0,00
21041	0,1620	75	0,017	1,02	95	8,8	0,0408	0,25	0,18	10,7	0,023	1015	0,27	0,00
21041	0,1529	60	0,020	0,87	95	8,3	0,0322	0,21	0,21	9,2	0,023	884	0,27	0,00
21041	0,1812	90	0,021	1,12	95	9,9	0,0507	0,28	0,22	11,8	0,024	1190	0,27	0,00
21041	0,1812	75	0,023	1,12	95	9,9	0,0492	0,27	0,24	11,8	0,023	1190	0,27	0,00
21041	0,1202	90	0,017	1,12	68	10,8	0,0445	0,37	0,25	16,5	0,022	1102	0,38	0,00
21041	0,1620	60	0,024	0,97	95	8,8	0,0368	0,23	0,25	10,2	0,022	990	0,27	0,00
21041	0,1914	90	0,025	1,12	97	10,1	0,0541	0,28	0,26	11,5	0,024	1230	0,27	0,00
21041	0,1914	75	0,028	1,12	97	10,1	0,0529	0,28	0,29	11,5	0,024	1230	0,27	0,00
21041	0,1280	90	0,020	1,17	68	11,5	0,0451	0,35	0,30	17,2	0,020	1200	0,38	0,00
21041	0,1330	90	0,023	1,42	68	12,0	0,0490	0,37	0,33	20,9	0,018	1373	0,38	0,00
21041	0,1812	60	0,033	1,07	95	9,9	0,0418	0,23	0,35	11,3	0,020	1163	0,27	0,00
21041	0,1529	45	0,033	0,82	95	8,3	0,0246	0,16	0,35	8,6	0,019	859	0,27	0,00
21041	0,0852	90	0,017	1,52	45	14,3	0,0426	0,50	0,37	33,8	0,015	1376	0,58	0,00
21041	0,1914	60	0,038	1,12	97	10,1	0,0459	0,24	0,39	11,5	0,021	1230	0,27	0,00
21041	0,1431	90	0,028	1,52	70	12,3	0,0551	0,39	0,40	21,7	0,018	1485	0,37	0,00
21041	0,1620	45	0,039	0,82	95	8,8	0,0282	0,17	0,42	8,6	0,020	910	0,27	0,00
21041	0,1480	90	0,031	1,57	70	12,8	0,0575	0,39	0,44	22,4	0,017	1561	0,37	0,00
21041	0,0938	90	0,021	1,62	45	15,7	0,0478	0,51	0,46	36,0	0,014	1563	0,58	0,00
21041	0,0970	90	0,022	1,62	45	16,2	0,0497	0,51	0,49	36,0	0,014	1617	0,58	0,00
21041	0,1038	90	0,025	1,72	50	14,8	0,0542	0,52	0,50	34,4	0,015	1605	0,52	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21041	0,0994	90	0,024	1,62	47	15,6	0,0512	0,51	0,51	34,5	0,015	1586	0,55	0,00
21041	0,1058	90	0,026	1,72	50	15,1	0,0549	0,52	0,53	34,4	0,015	1635	0,52	0,00
21041	0,1812	45	0,052	0,97	95	9,9	0,0320	0,18	0,55	10,2	0,017	1107	0,27	0,00
21041	0,1914	45	0,061	0,97	97	10,1	0,0333	0,17	0,63	10,0	0,017	1145	0,27	0,00
21041	0,1620	30	0,075	0,62	95	8,8	0,0148	0,09	0,79	6,5	0,014	791	0,27	0,00
21041	0,1812	30	0,096	0,62	95	9,9	0,0161	0,09	1,01	6,5	0,014	885	0,27	0,00
21041	0,1914	30	0,109	0,72	97	10,1	0,0165	0,09	1,13	7,4	0,012	986	0,27	0,00
21100	0,1392	90	0,000	1,22	95	7,6	0,0195	0,14	0,00	12,8	0,011	954	0,27	0,32
21100	0,1503	90	0,000	1,32	95	8,2	0,0283	0,19	0,00	13,9	0,014	1071	0,27	0,32
21100	0,1587	90	0,000	1,42	95	8,7	0,0329	0,21	0,00	14,9	0,014	1173	0,27	0,32
21100	0,1748	90	0,000	1,62	95	9,5	0,0448	0,26	0,00	17,1	0,015	1380	0,27	0,32
21100	0,1068	90	0,000	1,32	68	9,6	0,0285	0,27	0,00	19,4	0,014	1063	0,38	0,44
21100	0,1842	90	0,000	1,72	97	9,7	0,0541	0,29	0,00	17,7	0,017	1468	0,27	0,31
21100	0,1217	90	0,000	1,62	68	11,0	0,0451	0,37	0,00	23,8	0,016	1342	0,38	0,44
21100	0,0686	90	0,000	1,42	45	11,5	0,0315	0,46	0,00	31,6	0,015	1071	0,58	0,67
21100	0,1288	90	0,000	1,72	68	11,6	0,0541	0,42	0,00	25,3	0,017	1463	0,38	0,44
21100	0,1343	90	0,000	1,82	68	12,1	0,0599	0,45	0,00	26,8	0,017	1570	0,38	0,44
21100	0,1444	90	0,000	2,02	70	12,4	0,0698	0,48	0,00	28,9	0,017	1728	0,37	0,43
21100	0,1486	90	0,000	2,07	70	12,8	0,0766	0,52	0,00	29,6	0,017	1799	0,37	0,43
21100	0,0855	90	0,000	1,87	45	14,3	0,0559	0,65	0,00	41,6	0,016	1531	0,58	0,67
21100	0,1022	90	0,000	2,32	50	14,6	0,0859	0,84	0,00	46,4	0,018	1835	0,52	0,60
21100	0,1043	90	0,000	2,37	50	14,9	0,0873	0,84	0,00	47,4	0,018	1893	0,52	0,60

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21100	0,0986	90	0,000	2,17	47	15,4	0,0777	0,79	0,00	46,2	0,017	1821	0,55	0,64
21100	0,0930	90	0,000	2,07	45	15,6	0,0693	0,74	0,00	46,0	0,016	1752	0,58	0,67
21100	0,0962	90	0,000	2,12	45	16,1	0,0730	0,76	0,00	47,1	0,016	1835	0,58	0,67
21101	0,0830	90	0,000	0,77	87	5,2	0,0035	0,04	0,00	8,9	0,005	494	0,30	0,34
21101	0,0413	90	0,000	0,62	53	5,4	0,0042	0,10	0,00	11,7	0,009	362	0,49	0,57
21101	0,0399	90	0,000	0,82	43	7,1	0,0052	0,13	0,01	19,1	0,007	495	0,60	0,70
21101	0,1178	90	0,001	1,02	95	6,4	0,0099	0,08	0,01	10,7	0,008	738	0,27	0,32
21101	0,0399	75	0,000	0,82	43	7,1	0,0052	0,13	0,01	19,1	0,007	495	0,60	0,70
21101	0,1178	75	0,001	1,02	95	6,4	0,0094	0,08	0,01	10,7	0,007	738	0,27	0,32
21101	0,0785	90	0,001	1,02	68	7,1	0,0085	0,11	0,01	15,0	0,007	687	0,38	0,44
21101	0,0399	60	0,000	0,82	43	7,1	0,0044	0,11	0,01	19,1	0,006	495	0,60	0,70
21101	0,0785	75	0,001	1,02	68	7,1	0,0084	0,11	0,01	15,0	0,007	687	0,38	0,44
21101	0,1178	60	0,001	1,02	95	6,4	0,0090	0,08	0,01	10,7	0,007	738	0,27	0,32
21101	0,0785	60	0,001	1,02	68	7,1	0,0079	0,10	0,01	15,0	0,007	687	0,38	0,44
21101	0,0399	45	0,001	0,82	43	7,1	0,0042	0,10	0,02	19,1	0,005	495	0,60	0,70
21101	0,1178	45	0,003	1,02	95	6,4	0,0078	0,07	0,03	10,7	0,006	738	0,27	0,32
21101	0,1392	90	0,003	1,22	95	7,6	0,0182	0,13	0,03	12,8	0,010	954	0,27	0,32
21101	0,0785	45	0,002	0,92	68	7,1	0,0074	0,09	0,03	13,5	0,007	652	0,38	0,44
21101	0,1392	75	0,003	1,22	95	7,6	0,0180	0,13	0,03	12,8	0,010	954	0,27	0,32
21101	0,1503	90	0,004	1,32	95	8,2	0,0229	0,15	0,05	13,9	0,011	1071	0,27	0,32
21101	0,1392	60	0,004	1,22	95	7,6	0,0163	0,12	0,05	12,8	0,009	954	0,27	0,32
21101	0,0399	30	0,002	0,82	43	7,1	0,0035	0,09	0,05	19,1	0,005	495	0,60	0,70

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21101	0,1503	75	0,005	1,32	95	8,2	0,0226	0,15	0,05	13,9	0,011	1071	0,27	0,32
21101	0,1068	90	0,004	1,32	68	9,6	0,0212	0,20	0,06	19,4	0,010	1063	0,38	0,44
21101	0,1587	90	0,006	1,37	95	8,7	0,0256	0,16	0,06	14,4	0,011	1152	0,27	0,32
21101	0,1068	75	0,004	1,32	68	9,6	0,0211	0,20	0,06	19,4	0,010	1063	0,38	0,44
21101	0,1587	75	0,006	1,32	95	8,7	0,0249	0,16	0,07	13,9	0,011	1131	0,27	0,32
21101	0,1503	60	0,007	1,22	95	8,2	0,0197	0,13	0,07	12,8	0,010	1030	0,27	0,32
21101	0,0785	30	0,005	0,92	68	7,1	0,0055	0,07	0,08	13,5	0,005	652	0,38	0,44
21101	0,1178	30	0,007	0,92	95	6,4	0,0057	0,05	0,08	9,7	0,005	701	0,27	0,32
21101	0,1392	45	0,007	1,12	95	7,6	0,0137	0,10	0,08	11,8	0,008	914	0,27	0,32
21101	0,0686	90	0,004	1,32	45	11,5	0,0211	0,31	0,08	29,3	0,010	1033	0,58	0,67
21101	0,1068	60	0,006	1,27	68	9,6	0,0181	0,17	0,08	18,7	0,009	1043	0,38	0,44
21101	0,0686	75	0,004	1,32	45	11,5	0,0205	0,30	0,08	29,3	0,010	1033	0,58	0,67
21101	0,1587	60	0,008	1,32	95	8,7	0,0220	0,14	0,09	13,9	0,010	1131	0,27	0,32
21101	0,1748	90	0,009	1,52	95	9,5	0,0315	0,18	0,09	16,0	0,011	1337	0,27	0,32
21101	0,1748	75	0,009	1,52	95	9,5	0,0308	0,18	0,10	16,0	0,011	1337	0,27	0,32
21101	0,0413	15	0,005	0,62	53	5,4	0,0035	0,08	0,10	11,7	0,007	362	0,49	0,57
21101	0,1217	90	0,007	1,47	68	11,0	0,0287	0,24	0,11	21,6	0,011	1279	0,38	0,44
21101	0,1503	45	0,010	1,22	95	8,2	0,0152	0,10	0,11	12,8	0,008	1030	0,27	0,32
21101	0,0686	60	0,005	1,32	45	11,5	0,0170	0,25	0,11	29,3	0,008	1033	0,58	0,67
21101	0,1217	75	0,008	1,47	68	11,0	0,0159	0,13	0,12	21,6	0,006	1279	0,38	0,44
21101	0,1842	90	0,012	1,57	97	9,7	0,0358	0,19	0,12	16,2	0,012	1402	0,27	0,31
21101	0,1842	75	0,012	1,57	97	9,7	0,0346	0,19	0,12	16,2	0,012	1402	0,27	0,31

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21101	0,1748	60	0,012	1,47	95	9,5	0,0264	0,15	0,13	15,5	0,010	1315	0,27	0,32
21101	0,1068	45	0,009	1,22	68	9,6	0,0142	0,13	0,13	17,9	0,007	1022	0,38	0,44
21101	0,1587	45	0,013	1,32	95	8,7	0,0167	0,11	0,13	13,9	0,008	1131	0,27	0,32
21101	0,1288	90	0,009	1,52	68	11,6	0,0316	0,25	0,14	22,4	0,011	1376	0,38	0,44
21101	0,1288	75	0,010	1,52	68	11,6	0,0309	0,24	0,14	22,4	0,011	1376	0,38	0,44
21101	0,1217	60	0,010	1,42	68	11,0	0,0237	0,19	0,15	20,9	0,009	1257	0,38	0,44
21101	0,1343	90	0,010	1,62	68	12,1	0,0339	0,25	0,15	23,8	0,011	1481	0,38	0,44
21101	0,1392	30	0,015	1,12	95	7,6	0,0084	0,06	0,15	11,8	0,005	914	0,27	0,32
21101	0,0686	45	0,007	1,22	45	11,5	0,0133	0,19	0,16	27,1	0,007	993	0,58	0,67
21101	0,0855	90	0,007	1,57	45	14,3	0,0289	0,34	0,16	34,9	0,010	1403	0,58	0,67
21101	0,1343	75	0,011	1,62	68	12,1	0,0327	0,24	0,16	23,8	0,010	1481	0,38	0,44
21101	0,1842	60	0,016	1,57	97	9,7	0,0291	0,16	0,16	16,2	0,010	1402	0,27	0,31
21101	0,0855	75	0,008	1,57	45	14,3	0,0280	0,33	0,17	34,9	0,009	1403	0,58	0,67
21101	0,0399	15	0,007	0,72	43	7,1	0,0031	0,08	0,17	16,7	0,005	464	0,60	0,70
21101	0,1748	45	0,017	1,42	95	9,5	0,0196	0,11	0,17	14,9	0,008	1292	0,27	0,32
21101	0,1288	60	0,012	1,52	68	11,6	0,0262	0,20	0,18	22,4	0,009	1376	0,38	0,44
21101	0,1444	90	0,013	1,72	70	12,4	0,0377	0,26	0,19	24,6	0,011	1594	0,37	0,43
21101	0,0830	15	0,016	0,62	87	5,2	0,0027	0,03	0,19	7,1	0,005	443	0,30	0,34
21101	0,1444	75	0,014	1,72	70	12,4	0,0365	0,25	0,20	24,6	0,010	1594	0,37	0,43
21101	0,1503	30	0,019	1,12	95	8,2	0,0099	0,07	0,20	11,8	0,006	987	0,27	0,32
21101	0,0930	90	0,009	1,72	45	15,6	0,0324	0,35	0,20	38,2	0,009	1597	0,58	0,67
21101	0,1343	60	0,014	1,52	68	12,1	0,0276	0,21	0,20	22,4	0,009	1435	0,38	0,44

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21101	0,0855	60	0,009	1,52	45	14,3	0,0225	0,26	0,20	33,8	0,008	1380	0,58	0,67
21101	0,0930	75	0,009	1,72	45	15,6	0,0312	0,34	0,21	38,2	0,009	1597	0,58	0,67
21101	0,1486	90	0,015	1,72	70	12,8	0,0398	0,27	0,21	24,6	0,011	1640	0,37	0,43
21101	0,1217	45	0,014	1,32	68	11,0	0,0171	0,14	0,21	19,4	0,007	1212	0,38	0,44
21101	0,0962	90	0,010	1,77	45	16,1	0,0336	0,35	0,22	39,3	0,009	1676	0,58	0,67
21101	0,0986	90	0,010	1,82	47	15,4	0,0347	0,35	0,22	38,7	0,009	1668	0,55	0,64
21101	0,1486	75	0,016	1,72	70	12,8	0,0387	0,26	0,22	24,6	0,011	1640	0,37	0,43
21101	0,0962	75	0,010	1,77	45	16,1	0,0325	0,34	0,22	39,3	0,009	1676	0,58	0,67
21101	0,1068	30	0,015	1,12	68	9,6	0,0085	0,08	0,23	16,5	0,005	979	0,38	0,44
21101	0,1842	45	0,022	1,42	97	9,7	0,0219	0,12	0,23	14,6	0,008	1333	0,27	0,31
21101	0,0986	75	0,011	1,77	47	15,4	0,0327	0,33	0,23	37,7	0,009	1645	0,55	0,64
21101	0,1022	90	0,011	2,02	50	14,6	0,0366	0,36	0,23	40,4	0,009	1712	0,52	0,60
21101	0,0686	30	0,010	1,17	45	11,5	0,0071	0,10	0,23	26,0	0,004	972	0,58	0,67
21101	0,1587	30	0,022	1,22	95	8,7	0,0100	0,06	0,23	12,8	0,005	1087	0,27	0,32
21101	0,1444	60	0,017	1,62	70	12,4	0,0307	0,21	0,24	23,1	0,009	1547	0,37	0,43
21101	0,1043	90	0,012	2,07	50	14,9	0,0366	0,35	0,24	41,4	0,008	1769	0,52	0,60
21101	0,1022	75	0,012	2,02	50	14,6	0,0353	0,35	0,24	40,4	0,009	1712	0,52	0,60
21101	0,1288	45	0,017	1,32	68	11,6	0,0185	0,14	0,25	19,4	0,007	1282	0,38	0,44
21101	0,0930	60	0,011	1,67	45	15,6	0,0254	0,27	0,25	37,1	0,007	1574	0,58	0,67
21101	0,1043	75	0,012	2,07	50	14,9	0,0353	0,34	0,25	41,4	0,008	1769	0,52	0,60
21101	0,0855	45	0,012	1,52	45	14,3	0,0160	0,19	0,26	33,8	0,006	1380	0,58	0,67
21101	0,0986	60	0,012	1,72	47	15,4	0,0268	0,27	0,26	36,6	0,007	1621	0,55	0,64

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21101	0,0962	60	0,012	1,72	45	16,1	0,0259	0,27	0,26	38,2	0,007	1653	0,58	0,67
21101	0,1486	60	0,019	1,62	70	12,8	0,0318	0,21	0,27	23,1	0,009	1592	0,37	0,43
21101	0,1343	45	0,019	1,42	68	12,1	0,0198	0,15	0,27	20,9	0,007	1387	0,38	0,44
21101	0,1022	60	0,014	1,97	50	14,6	0,0276	0,27	0,28	39,4	0,007	1691	0,52	0,60
21101	0,1043	60	0,014	2,02	50	14,9	0,0283	0,27	0,29	40,4	0,007	1748	0,52	0,60
21101	0,0785	15	0,020	0,82	68	7,1	0,0042	0,05	0,30	12,1	0,004	616	0,38	0,44
21101	0,1748	30	0,029	1,27	95	9,5	0,0107	0,06	0,30	13,4	0,005	1222	0,27	0,32
21101	0,0686	15	0,014	1,12	45	11,5	0,0050	0,07	0,30	24,9	0,003	951	0,58	0,67
21101	0,0930	45	0,014	1,52	45	15,6	0,0170	0,18	0,30	33,8	0,005	1501	0,58	0,67
21101	0,1444	45	0,022	1,52	70	12,4	0,0216	0,15	0,32	21,7	0,007	1499	0,37	0,43
21101	0,0962	45	0,014	1,62	45	16,1	0,0175	0,18	0,32	36,0	0,005	1604	0,58	0,67
21101	0,0986	45	0,015	1,62	47	15,4	0,0179	0,18	0,33	34,5	0,005	1574	0,55	0,64
21101	0,1217	30	0,022	1,22	68	11,0	0,0094	0,08	0,33	17,9	0,004	1165	0,38	0,44
21101	0,0855	30	0,015	1,47	45	14,3	0,0084	0,10	0,33	32,7	0,003	1357	0,58	0,67
21101	0,1022	45	0,017	1,77	50	14,6	0,0189	0,19	0,33	35,4	0,005	1603	0,52	0,60
21101	0,1043	45	0,017	1,92	50	14,9	0,0193	0,19	0,34	38,4	0,005	1704	0,52	0,60
21101	0,1178	15	0,033	0,82	95	6,4	0,0042	0,04	0,35	8,6	0,004	661	0,27	0,32
21101	0,1486	45	0,024	1,52	70	12,8	0,0224	0,15	0,35	21,7	0,007	1542	0,37	0,43
21101	0,1842	30	0,034	1,32	97	9,7	0,0118	0,06	0,35	13,6	0,005	1286	0,27	0,31
21101	0,1288	30	0,025	1,27	68	11,6	0,0095	0,07	0,37	18,7	0,004	1257	0,38	0,44
21101	0,0930	30	0,017	1,52	45	15,6	0,0093	0,10	0,38	33,8	0,003	1501	0,58	0,67
21101	0,1068	15	0,027	1,02	68	9,6	0,0042	0,04	0,39	15,0	0,003	935	0,38	0,44

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21101	0,0855	15	0,018	1,32	45	14,3	0,0050	0,06	0,40	29,3	0,002	1286	0,58	0,67
21101	0,0962	30	0,018	1,52	45	16,1	0,0091	0,09	0,40	33,8	0,003	1554	0,58	0,67
21101	0,1343	30	0,027	1,32	68	12,1	0,0102	0,08	0,40	19,4	0,004	1337	0,38	0,44
21101	0,0986	30	0,019	1,52	47	15,4	0,0093	0,09	0,40	32,3	0,003	1524	0,55	0,64
21101	0,1022	30	0,021	1,57	50	14,6	0,0093	0,09	0,42	31,4	0,003	1509	0,52	0,60
21101	0,1043	30	0,021	1,77	50	14,9	0,0097	0,09	0,42	35,4	0,003	1636	0,52	0,60
21101	0,0930	15	0,019	1,52	45	15,6	0,0052	0,06	0,43	33,8	0,002	1501	0,58	0,67
21101	0,1444	30	0,032	1,42	70	12,4	0,0103	0,07	0,45	20,3	0,004	1449	0,37	0,43
21101	0,0962	15	0,021	1,52	45	16,1	0,0055	0,06	0,46	33,8	0,002	1554	0,58	0,67
21101	0,0986	15	0,022	1,52	47	15,4	0,0057	0,06	0,46	32,3	0,002	1524	0,55	0,64
21101	0,1217	15	0,032	1,12	68	11,0	0,0038	0,03	0,48	16,5	0,002	1116	0,38	0,44
21101	0,1022	15	0,024	1,52	50	14,6	0,0050	0,05	0,48	30,4	0,002	1485	0,52	0,60
21101	0,1486	30	0,034	1,42	70	12,8	0,0100	0,07	0,48	20,3	0,003	1490	0,37	0,43
21101	0,1043	15	0,024	1,57	50	14,9	0,0052	0,05	0,48	31,4	0,002	1541	0,52	0,60
21101	0,1392	15	0,047	0,92	95	7,6	0,0044	0,03	0,49	9,7	0,003	828	0,27	0,32
21101	0,1288	15	0,034	1,17	68	11,6	0,0038	0,03	0,51	17,2	0,002	1207	0,38	0,44
21101	0,1343	15	0,036	1,22	68	12,1	0,0035	0,03	0,52	17,9	0,001	1285	0,38	0,44
21101	0,1503	15	0,054	0,92	95	8,2	0,0044	0,03	0,56	9,7	0,003	894	0,27	0,32
21101	0,1444	15	0,040	1,27	70	12,4	0,0031	0,02	0,57	18,1	0,001	1370	0,37	0,43
21101	0,1486	15	0,042	1,32	70	12,8	0,0027	0,02	0,60	18,9	0,001	1437	0,37	0,43
21101	0,1587	15	0,059	0,92	95	8,7	0,0044	0,03	0,62	9,7	0,003	944	0,27	0,32
21101	0,1748	15	0,068	1,02	95	9,5	0,0042	0,02	0,72	10,7	0,002	1095	0,27	0,32

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21101	0,1842	15	0,076	1,02	97	9,7	0,0035	0,02	0,78	10,5	0,002	1130	0,27	0,31
21141	0,0413	90	0,001	0,52	53	5,4	0,0079	0,19	0,01	9,8	0,020	331	0,49	0,57
21141	0,0826	90	0,001	0,62	87	5,1	0,0121	0,15	0,01	7,1	0,021	440	0,30	0,34
21141	0,1178	90	0,006	0,82	95	6,4	0,0253	0,21	0,06	8,6	0,025	661	0,27	0,32
21141	0,0395	90	0,003	0,62	43	7,1	0,0182	0,46	0,07	14,4	0,032	426	0,60	0,70
21141	0,0785	90	0,005	0,82	68	7,1	0,0239	0,30	0,08	12,1	0,025	616	0,38	0,44
21141	0,1392	90	0,011	1,02	95	7,6	0,0351	0,25	0,11	10,7	0,023	872	0,27	0,32
21141	0,1503	90	0,014	1,07	95	8,2	0,0395	0,26	0,15	11,3	0,023	964	0,27	0,32
21141	0,1587	90	0,017	1,12	95	8,7	0,0431	0,27	0,17	11,8	0,023	1042	0,27	0,32
21141	0,1068	90	0,013	1,02	68	9,6	0,0402	0,38	0,19	15,0	0,025	935	0,38	0,44
21141	0,1748	90	0,022	1,22	95	9,5	0,0502	0,29	0,24	12,8	0,022	1198	0,27	0,32
21141	0,0686	90	0,011	1,02	45	11,5	0,0354	0,52	0,24	22,7	0,023	908	0,58	0,67
21141	0,1842	90	0,026	1,27	97	9,7	0,0544	0,30	0,27	13,1	0,023	1261	0,27	0,31
21141	0,1217	90	0,019	1,12	68	11,0	0,0467	0,38	0,28	16,5	0,023	1116	0,38	0,44
21141	0,1288	90	0,022	1,22	68	11,6	0,0498	0,39	0,32	17,9	0,022	1232	0,38	0,44
21141	0,1343	90	0,024	1,27	68	12,1	0,0524	0,39	0,36	18,7	0,021	1311	0,38	0,44
21141	0,0855	90	0,018	1,47	45	14,3	0,0453	0,53	0,39	32,7	0,016	1357	0,58	0,67
21141	0,1486	90	0,031	1,47	70	12,8	0,0591	0,40	0,44	21,0	0,019	1516	0,37	0,43
21141	0,0930	90	0,021	1,87	45	15,6	0,0486	0,52	0,47	41,6	0,013	1665	0,58	0,67
21141	0,1444	90	0,034	1,37	70	12,4	0,0571	0,40	0,48	19,6	0,020	1423	0,37	0,43
21141	0,0962	90	0,022	1,97	45	16,1	0,0508	0,53	0,50	43,8	0,012	1769	0,58	0,67
21141	0,0986	90	0,024	2,02	47	15,4	0,0519	0,53	0,50	43,0	0,012	1757	0,55	0,64

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21141	0,1022	90	0,027	2,07	50	14,6	0,0551	0,54	0,53	41,4	0,013	1733	0,52	0,60
21141	0,1043	90	0,027	2,17	50	14,9	0,0559	0,54	0,54	43,4	0,012	1811	0,52	0,60
22000	0,1147	90	0,000	1,12	95	6,3	0,0103	0,09	0,00	11,8	0,008	753	0,33	0,00
22000	0,0769	90	0,000	1,02	68	6,9	0,0070	0,09	0,00	15,0	0,006	673	0,46	0,00
22000	0,1386	90	0,000	1,32	95	7,6	0,0261	0,19	0,00	13,9	0,014	988	0,33	0,00
22000	0,1488	90	0,000	1,52	95	8,1	0,0340	0,23	0,00	16,0	0,014	1138	0,33	0,00
22000	0,1562	90	0,000	1,62	95	8,5	0,0388	0,25	0,00	17,1	0,015	1233	0,33	0,00
22000	0,1730	90	0,000	1,82	95	9,4	0,0538	0,31	0,00	19,2	0,016	1448	0,33	0,00
22000	0,1053	90	0,000	1,52	68	9,5	0,0344	0,33	0,00	22,4	0,015	1125	0,46	0,00
22000	0,1819	90	0,000	2,02	97	9,6	0,0651	0,36	0,00	20,8	0,017	1570	0,32	0,00
22000	0,1205	90	0,000	1,82	68	10,9	0,0517	0,43	0,00	26,8	0,016	1409	0,46	0,00
22000	0,0672	90	0,000	1,52	45	11,2	0,0330	0,49	0,00	33,8	0,015	1086	0,69	0,00
22000	0,1281	90	0,000	2,02	68	11,5	0,0603	0,47	0,00	29,7	0,016	1578	0,46	0,00
22000	0,1333	90	0,000	2,02	68	12,0	0,0658	0,49	0,00	29,7	0,017	1641	0,46	0,00
22000	0,1426	90	0,000	2,32	70	12,3	0,0751	0,53	0,00	33,1	0,016	1828	0,44	0,00
22000	0,1478	90	0,000	2,37	70	12,7	0,0821	0,56	0,00	33,9	0,016	1915	0,44	0,00
22000	0,0847	90	0,000	2,07	45	14,2	0,0598	0,71	0,00	46,0	0,015	1596	0,69	0,00
22000	0,1027	90	0,000	2,57	50	14,7	0,0847	0,82	0,00	51,4	0,016	1941	0,62	0,00
22000	0,1048	90	0,000	2,62	50	15,0	0,0865	0,83	0,00	52,4	0,016	1998	0,62	0,00
22000	0,0985	90	0,000	2,42	47	15,4	0,0777	0,79	0,00	51,5	0,015	1921	0,66	0,00
22000	0,0926	90	0,000	2,32	45	15,5	0,0721	0,78	0,00	51,6	0,015	1847	0,69	0,00
22000	0,0962	90	0,000	2,32	45	16,1	0,0745	0,77	0,00	51,6	0,015	1919	0,69	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22001	0,0803	90	0,000	0,82	87	5,0	0,0035	0,04	0,00	9,4	0,005	492	0,36	0,00
22001	0,0803	75	0,000	0,82	87	5,0	0,0035	0,04	0,00	9,4	0,005	492	0,36	0,00
22001	0,0803	60	0,000	0,82	87	5,0	0,0035	0,04	0,00	9,4	0,005	492	0,36	0,00
22001	0,0803	45	0,001	0,82	87	5,0	0,0035	0,04	0,01	9,4	0,005	492	0,36	0,00
22001	0,0392	90	0,000	0,82	43	7,0	0,0047	0,12	0,01	19,1	0,006	486	0,72	0,00
22001	0,0392	75	0,000	0,82	43	7,0	0,0047	0,12	0,01	19,1	0,006	486	0,72	0,00
22001	0,1153	90	0,001	1,12	95	6,3	0,0126	0,11	0,01	11,8	0,009	757	0,33	0,00
22001	0,1153	75	0,001	1,12	95	6,3	0,0125	0,11	0,01	11,8	0,009	757	0,33	0,00
22001	0,0392	60	0,001	0,82	43	7,0	0,0047	0,12	0,01	19,1	0,006	486	0,72	0,00
22001	0,0771	90	0,001	1,02	68	6,9	0,0099	0,13	0,02	15,0	0,009	675	0,46	0,00
22001	0,0771	75	0,001	1,02	68	6,9	0,0099	0,13	0,02	15,0	0,009	675	0,46	0,00
22001	0,1153	60	0,002	1,12	95	6,3	0,0117	0,10	0,02	11,8	0,009	757	0,33	0,00
22001	0,0392	45	0,001	0,82	43	7,0	0,0047	0,12	0,02	19,1	0,006	486	0,72	0,00
22001	0,0771	60	0,002	1,02	68	6,9	0,0095	0,12	0,02	15,0	0,008	675	0,46	0,00
22001	0,0803	30	0,002	0,82	87	5,0	0,0035	0,04	0,03	9,4	0,005	492	0,36	0,00
22001	0,1153	45	0,004	1,12	95	6,3	0,0102	0,09	0,04	11,8	0,007	757	0,33	0,00
22001	0,0771	45	0,003	1,02	68	6,9	0,0081	0,10	0,04	15,0	0,007	675	0,46	0,00
22001	0,1371	90	0,004	1,32	95	7,5	0,0219	0,16	0,04	13,9	0,011	977	0,33	0,00
22001	0,1371	75	0,004	1,32	95	7,5	0,0216	0,16	0,05	13,9	0,011	977	0,33	0,00
22001	0,0392	30	0,002	0,82	43	7,0	0,0038	0,10	0,05	19,1	0,005	486	0,72	0,00
22001	0,1484	90	0,005	1,42	95	8,1	0,0262	0,18	0,06	14,9	0,012	1097	0,33	0,00
22001	0,1371	60	0,006	1,32	95	7,5	0,0191	0,14	0,06	13,9	0,010	977	0,33	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22001	0,1484	75	0,006	1,42	95	8,1	0,0253	0,17	0,06	14,9	0,011	1097	0,33	0,00
22001	0,1557	90	0,007	1,52	95	8,5	0,0281	0,18	0,07	16,0	0,011	1190	0,33	0,00
22001	0,1052	90	0,005	1,42	68	9,5	0,0235	0,22	0,07	20,9	0,011	1086	0,46	0,00
22001	0,1557	75	0,007	1,52	95	8,5	0,0274	0,18	0,08	16,0	0,011	1190	0,33	0,00
22001	0,1052	75	0,005	1,42	68	9,5	0,0228	0,22	0,08	20,9	0,010	1086	0,46	0,00
22001	0,0679	90	0,004	1,32	45	11,4	0,0213	0,31	0,08	29,3	0,011	1022	0,69	0,00
22001	0,1484	60	0,008	1,42	95	8,1	0,0224	0,15	0,08	14,9	0,010	1097	0,33	0,00
22001	0,0771	30	0,006	1,02	68	6,9	0,0052	0,07	0,09	15,0	0,005	675	0,46	0,00
22001	0,0679	75	0,004	1,32	45	11,4	0,0207	0,30	0,09	29,3	0,010	1022	0,69	0,00
22001	0,1153	30	0,009	1,02	95	6,3	0,0073	0,06	0,09	10,7	0,006	722	0,33	0,00
22001	0,1371	45	0,009	1,22	95	7,5	0,0151	0,11	0,09	12,8	0,009	939	0,33	0,00
22001	0,1052	60	0,007	1,42	68	9,5	0,0203	0,19	0,10	20,9	0,009	1086	0,46	0,00
22001	0,1557	60	0,010	1,52	95	8,5	0,0241	0,15	0,10	16,0	0,010	1190	0,33	0,00
22001	0,1735	90	0,010	1,67	95	9,5	0,0334	0,19	0,10	17,6	0,011	1391	0,33	0,00
22001	0,1735	75	0,010	1,67	95	9,5	0,0327	0,19	0,11	17,6	0,011	1391	0,33	0,00
22001	0,0679	60	0,005	1,32	45	11,4	0,0168	0,25	0,11	29,3	0,008	1022	0,69	0,00
22001	0,1208	90	0,008	1,62	68	10,9	0,0308	0,25	0,12	23,8	0,011	1333	0,46	0,00
22001	0,1815	90	0,012	1,72	97	9,6	0,0382	0,21	0,13	17,7	0,012	1446	0,32	0,00
22001	0,1484	45	0,012	1,32	95	8,1	0,0174	0,12	0,13	13,9	0,008	1058	0,33	0,00
22001	0,1208	75	0,009	1,62	68	10,9	0,0294	0,24	0,13	23,8	0,010	1333	0,46	0,00
22001	0,1735	60	0,013	1,62	95	9,5	0,0276	0,16	0,13	17,1	0,009	1370	0,33	0,00
22001	0,1815	75	0,013	1,72	97	9,6	0,0363	0,20	0,14	17,7	0,011	1446	0,32	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22001	0,1280	90	0,010	1,67	68	11,5	0,0328	0,26	0,14	24,6	0,010	1433	0,46	0,00
22001	0,1052	45	0,010	1,32	68	9,5	0,0147	0,14	0,14	19,4	0,007	1047	0,46	0,00
22001	0,1557	45	0,014	1,42	95	8,5	0,0179	0,11	0,15	14,9	0,008	1151	0,33	0,00
22001	0,1280	75	0,010	1,62	68	11,5	0,0317	0,25	0,15	23,8	0,010	1412	0,46	0,00
22001	0,0852	90	0,007	1,82	45	14,3	0,0289	0,34	0,15	40,4	0,008	1505	0,69	0,00
22001	0,0679	45	0,007	1,32	45	11,4	0,0129	0,19	0,16	29,3	0,006	1022	0,69	0,00
22001	0,0392	15	0,007	0,72	43	7,0	0,0031	0,08	0,16	16,7	0,005	456	0,72	0,00
22001	0,1326	90	0,011	1,77	68	11,9	0,0345	0,26	0,16	26,0	0,010	1529	0,46	0,00
22001	0,1208	60	0,011	1,52	68	10,9	0,0248	0,21	0,16	22,4	0,009	1291	0,46	0,00
22001	0,0803	15	0,014	0,72	87	5,0	0,0027	0,03	0,16	8,3	0,004	461	0,36	0,00
22001	0,0852	75	0,007	1,77	45	14,3	0,0278	0,33	0,16	39,3	0,008	1484	0,69	0,00
22001	0,1326	75	0,011	1,77	68	11,9	0,0332	0,25	0,17	26,0	0,010	1529	0,46	0,00
22001	0,1815	60	0,016	1,72	97	9,6	0,0300	0,17	0,17	17,7	0,009	1446	0,32	0,00
22001	0,1371	30	0,016	1,12	95	7,5	0,0103	0,08	0,17	11,8	0,006	900	0,33	0,00
22001	0,1280	60	0,013	1,62	68	11,5	0,0266	0,21	0,19	23,8	0,009	1412	0,46	0,00
22001	0,1422	90	0,013	1,87	70	12,3	0,0381	0,27	0,19	26,7	0,010	1636	0,44	0,00
22001	0,1735	45	0,018	1,52	95	9,5	0,0201	0,12	0,19	16,0	0,007	1327	0,33	0,00
22001	0,0936	90	0,008	1,92	45	15,6	0,0321	0,34	0,19	42,7	0,008	1698	0,69	0,00
22001	0,0852	60	0,009	1,67	45	14,3	0,0220	0,26	0,19	37,1	0,007	1442	0,69	0,00
22001	0,1422	75	0,014	1,87	70	12,3	0,0366	0,26	0,19	26,7	0,010	1636	0,44	0,00
22001	0,0936	75	0,009	1,87	45	15,6	0,0300	0,32	0,20	41,6	0,008	1676	0,69	0,00
22001	0,1326	60	0,014	1,72	68	11,9	0,0274	0,21	0,20	25,3	0,008	1507	0,46	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22001	0,0966	90	0,009	2,07	45	16,2	0,0330	0,34	0,20	46,0	0,007	1820	0,69	0,00
22001	0,1481	90	0,014	1,97	70	12,8	0,0398	0,27	0,20	28,1	0,010	1750	0,44	0,00
22001	0,0993	90	0,010	2,12	47	15,6	0,0338	0,34	0,21	45,1	0,008	1813	0,66	0,00
22001	0,0966	75	0,010	2,02	45	16,2	0,0316	0,33	0,21	44,9	0,007	1798	0,69	0,00
22001	0,1484	30	0,020	1,22	95	8,1	0,0116	0,08	0,21	12,8	0,006	1017	0,33	0,00
22001	0,0993	75	0,010	2,12	47	15,6	0,0325	0,33	0,21	45,1	0,007	1813	0,66	0,00
22001	0,1040	90	0,011	2,32	50	14,9	0,0359	0,35	0,21	46,4	0,007	1868	0,62	0,00
22001	0,1481	75	0,015	1,92	70	12,8	0,0386	0,26	0,22	27,4	0,009	1727	0,44	0,00
22001	0,1208	45	0,015	1,52	68	10,9	0,0176	0,15	0,22	22,4	0,007	1291	0,46	0,00
22001	0,0679	30	0,010	1,22	45	11,4	0,0061	0,09	0,22	27,1	0,003	983	0,69	0,00
22001	0,0771	15	0,015	0,82	68	6,9	0,0042	0,05	0,22	12,1	0,004	605	0,46	0,00
22001	0,1057	90	0,011	2,32	50	15,1	0,0362	0,34	0,22	46,4	0,007	1897	0,62	0,00
22001	0,1815	45	0,022	1,62	97	9,6	0,0219	0,12	0,22	16,7	0,007	1403	0,32	0,00
22001	0,1040	75	0,011	2,32	50	14,9	0,0340	0,33	0,22	46,4	0,007	1868	0,62	0,00
22001	0,1057	75	0,011	2,32	50	15,1	0,0346	0,33	0,23	46,4	0,007	1897	0,62	0,00
22001	0,0936	60	0,010	1,77	45	15,6	0,0236	0,25	0,23	39,3	0,006	1630	0,69	0,00
22001	0,1422	60	0,016	1,82	70	12,3	0,0301	0,21	0,23	26,0	0,008	1614	0,44	0,00
22001	0,1052	30	0,016	1,22	68	9,5	0,0091	0,09	0,23	17,9	0,005	1007	0,46	0,00
22001	0,0852	45	0,011	1,57	45	14,3	0,0147	0,17	0,24	34,9	0,005	1398	0,69	0,00
22001	0,0966	60	0,011	1,92	45	16,2	0,0248	0,26	0,24	42,7	0,006	1753	0,69	0,00
22001	0,0993	60	0,011	2,07	47	15,6	0,0257	0,26	0,24	44,0	0,006	1791	0,66	0,00
22001	0,1557	30	0,023	1,32	95	8,5	0,0117	0,08	0,24	13,9	0,005	1109	0,33	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22001	0,1280	45	0,017	1,52	68	11,5	0,0188	0,15	0,25	22,4	0,007	1367	0,46	0,00
22001	0,0936	45	0,011	1,72	45	15,6	0,0164	0,18	0,25	38,2	0,005	1607	0,69	0,00
22001	0,1040	60	0,013	2,22	50	14,9	0,0274	0,26	0,25	44,4	0,006	1827	0,62	0,00
22001	0,1481	60	0,018	1,82	70	12,8	0,0312	0,21	0,26	26,0	0,008	1682	0,44	0,00
22001	0,1057	60	0,013	2,22	50	15,1	0,0273	0,26	0,26	44,4	0,006	1856	0,62	0,00
22001	0,1326	45	0,018	1,62	68	11,9	0,0197	0,15	0,26	23,8	0,006	1463	0,46	0,00
22001	0,0679	15	0,012	1,17	45	11,4	0,0050	0,07	0,27	26,0	0,003	962	0,69	0,00
22001	0,0966	45	0,013	1,82	45	16,2	0,0168	0,17	0,29	40,4	0,004	1707	0,69	0,00
22001	0,0993	45	0,014	2,02	47	15,6	0,0164	0,17	0,29	43,0	0,004	1770	0,66	0,00
22001	0,1735	30	0,028	1,42	95	9,5	0,0119	0,07	0,29	14,9	0,005	1282	0,33	0,00
22001	0,0852	30	0,013	1,52	45	14,3	0,0071	0,08	0,29	33,8	0,002	1376	0,69	0,00
22001	0,1422	45	0,021	1,72	70	12,3	0,0205	0,14	0,30	24,6	0,006	1569	0,44	0,00
22001	0,1040	45	0,015	2,22	50	14,9	0,0180	0,17	0,30	44,4	0,004	1827	0,62	0,00
22001	0,1057	45	0,015	2,22	50	15,1	0,0177	0,17	0,30	44,4	0,004	1856	0,62	0,00
22001	0,1208	30	0,021	1,32	68	10,9	0,0094	0,08	0,31	19,4	0,004	1203	0,46	0,00
22001	0,1481	45	0,022	1,77	70	12,8	0,0213	0,14	0,32	25,3	0,006	1659	0,44	0,00
22001	0,1153	15	0,031	0,82	95	6,3	0,0057	0,05	0,32	8,6	0,006	648	0,33	0,00
22001	0,0936	30	0,015	1,62	45	15,6	0,0084	0,09	0,33	36,0	0,002	1560	0,69	0,00
22001	0,1280	30	0,023	1,42	68	11,5	0,0098	0,08	0,34	20,9	0,004	1322	0,46	0,00
22001	0,1815	30	0,033	1,42	97	9,6	0,0115	0,06	0,34	14,6	0,004	1314	0,32	0,00
22001	0,0852	15	0,015	1,47	45	14,3	0,0038	0,05	0,34	32,7	0,001	1353	0,69	0,00
22001	0,1052	15	0,024	1,12	68	9,5	0,0047	0,04	0,35	16,5	0,003	964	0,46	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22001	0,0993	30	0,016	2,02	47	15,6	0,0084	0,08	0,35	43,0	0,002	1770	0,66	0,00
22001	0,0966	30	0,016	1,67	45	16,2	0,0087	0,09	0,35	37,1	0,002	1635	0,69	0,00
22001	0,1326	30	0,024	1,52	68	11,9	0,0094	0,07	0,35	22,4	0,003	1417	0,46	0,00
22001	0,1040	30	0,018	2,12	50	14,9	0,0097	0,09	0,36	42,4	0,002	1785	0,62	0,00
22001	0,1057	30	0,018	2,17	50	15,1	0,0091	0,09	0,36	43,4	0,002	1834	0,62	0,00
22001	0,0936	15	0,016	1,62	45	15,6	0,0057	0,06	0,37	36,0	0,002	1560	0,69	0,00
22001	0,1208	15	0,026	1,27	68	10,9	0,0038	0,03	0,38	18,7	0,002	1180	0,46	0,00
22001	0,1422	30	0,027	1,62	70	12,3	0,0095	0,07	0,38	23,1	0,003	1523	0,44	0,00
22001	0,0966	15	0,017	1,62	45	16,2	0,0047	0,05	0,39	36,0	0,001	1610	0,69	0,00
22001	0,0993	15	0,018	1,92	47	15,6	0,0047	0,05	0,39	40,9	0,001	1725	0,66	0,00
22001	0,1040	15	0,020	2,12	50	14,9	0,0055	0,05	0,40	42,4	0,001	1785	0,62	0,00
22001	0,1057	15	0,020	2,17	50	15,1	0,0044	0,04	0,40	43,4	0,001	1834	0,62	0,00
22001	0,1481	30	0,028	1,62	70	12,8	0,0104	0,07	0,41	23,1	0,003	1587	0,44	0,00
22001	0,1280	15	0,028	1,32	68	11,5	0,0035	0,03	0,42	19,4	0,001	1274	0,46	0,00
22001	0,1326	15	0,029	1,42	68	11,9	0,0035	0,03	0,42	20,9	0,001	1369	0,46	0,00
22001	0,1422	15	0,032	1,52	70	12,3	0,0031	0,02	0,45	21,7	0,001	1475	0,44	0,00
22001	0,1481	15	0,034	1,57	70	12,8	0,0000	0,00	0,48	22,4	0,000	1562	0,44	0,00
22001	0,1735	15	0,046	1,22	95	9,5	0,0055	0,03	0,48	12,8	0,002	1189	0,33	0,00
22001	0,1371	15	0,046	0,92	95	7,5	0,0069	0,05	0,49	9,7	0,005	815	0,33	0,00
22001	0,1484	15	0,050	1,02	95	8,1	0,0076	0,05	0,52	10,7	0,005	930	0,33	0,00
22001	0,1815	15	0,051	1,22	97	9,6	0,0044	0,02	0,53	12,6	0,002	1218	0,32	0,00
22001	0,1557	15	0,050	1,02	95	8,5	0,0076	0,05	0,53	10,7	0,005	975	0,33	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22041	0,0816	90	0,002	0,72	87	5,1	0,0127	0,16	0,02	8,3	0,019	469	0,36	0,00
22041	0,0387	90	0,003	0,62	43	6,9	0,0199	0,51	0,08	14,4	0,036	418	0,72	0,00
22041	0,1150	90	0,007	1,02	95	6,3	0,0300	0,26	0,08	10,7	0,024	720	0,33	0,00
22041	0,0769	90	0,006	0,97	68	6,9	0,0263	0,34	0,09	14,3	0,024	657	0,46	0,00
22041	0,1366	90	0,014	1,12	95	7,4	0,0410	0,30	0,15	11,8	0,025	897	0,33	0,00
22041	0,1475	90	0,018	1,22	95	8,0	0,0451	0,31	0,19	12,8	0,024	1011	0,33	0,00
22041	0,1558	90	0,021	1,32	95	8,5	0,0483	0,31	0,22	13,9	0,022	1110	0,33	0,00
22041	0,1051	90	0,015	1,22	68	9,5	0,0422	0,40	0,22	17,9	0,022	1006	0,46	0,00
22041	0,0672	90	0,012	1,22	45	11,2	0,0373	0,55	0,26	27,1	0,020	973	0,69	0,00
22041	0,1729	90	0,027	1,52	95	9,4	0,0553	0,32	0,28	16,0	0,020	1322	0,33	0,00
22041	0,1207	90	0,022	1,47	68	10,9	0,0500	0,41	0,32	21,6	0,019	1269	0,46	0,00
22041	0,1822	90	0,031	1,57	97	9,6	0,0592	0,33	0,32	16,2	0,020	1387	0,32	0,00
22041	0,1277	90	0,025	1,52	68	11,5	0,0539	0,42	0,37	22,4	0,019	1364	0,46	0,00
22041	0,1325	90	0,027	1,57	68	11,9	0,0560	0,42	0,40	23,1	0,018	1439	0,46	0,00
22041	0,0843	90	0,019	1,52	45	14,1	0,0471	0,56	0,42	33,8	0,017	1360	0,69	0,00
22041	0,1429	90	0,033	1,62	70	12,3	0,0611	0,43	0,47	23,1	0,018	1532	0,44	0,00
22041	0,0930	90	0,023	1,57	45	15,6	0,0507	0,55	0,50	34,9	0,016	1526	0,69	0,00
22041	0,1476	90	0,035	1,72	70	12,7	0,0631	0,43	0,50	24,6	0,017	1630	0,44	0,00
22041	0,0959	90	0,024	1,72	45	16,0	0,0534	0,56	0,54	38,2	0,015	1647	0,69	0,00
22041	0,0982	90	0,026	1,82	47	15,4	0,0547	0,56	0,55	38,7	0,014	1661	0,66	0,00
22041	0,1027	90	0,028	2,02	50	14,7	0,0569	0,55	0,57	40,4	0,014	1721	0,62	0,00
22041	0,1048	90	0,029	2,02	50	15,0	0,0581	0,55	0,59	40,4	0,014	1755	0,62	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22101	0,0412	90	0,000	0,82	53	5,4	0,0047	0,11	0,00	15,5	0,007	415	0,58	0,57
22101	0,0395	90	0,000	1,12	43	7,1	0,0055	0,14	0,01	26,0	0,005	573	0,72	0,70
22101	0,1183	90	0,002	1,42	95	6,4	0,0161	0,14	0,02	14,9	0,009	874	0,33	0,32
22101	0,0782	90	0,002	1,32	68	7,0	0,0142	0,18	0,02	19,4	0,009	779	0,46	0,44
22101	0,1399	90	0,006	1,62	95	7,6	0,0260	0,19	0,06	17,1	0,011	1104	0,33	0,32
22101	0,1506	90	0,008	1,72	95	8,2	0,0299	0,20	0,08	18,1	0,011	1225	0,33	0,32
22101	0,1062	90	0,006	1,72	68	9,6	0,0267	0,25	0,09	25,3	0,010	1207	0,46	0,44
22101	0,0692	90	0,004	1,82	45	11,6	0,0223	0,32	0,09	40,4	0,008	1222	0,69	0,67
22101	0,1591	90	0,009	1,87	95	8,7	0,0322	0,20	0,09	19,7	0,010	1349	0,33	0,32
22101	0,1756	90	0,011	2,12	95	9,6	0,0366	0,21	0,12	22,3	0,009	1586	0,33	0,32
22101	0,1217	90	0,009	2,02	68	11,0	0,0325	0,27	0,13	29,7	0,009	1499	0,46	0,44
22101	0,0852	90	0,006	2,32	45	14,3	0,0271	0,32	0,14	51,6	0,006	1699	0,69	0,67
22101	0,1826	90	0,014	2,17	97	9,6	0,0404	0,22	0,14	22,4	0,010	1634	0,32	0,31
22101	0,1280	90	0,010	2,12	68	11,5	0,0344	0,27	0,15	31,2	0,009	1615	0,46	0,44
22101	0,1341	90	0,011	2,32	68	12,1	0,0358	0,27	0,16	34,1	0,008	1769	0,46	0,44
22101	0,0935	90	0,007	2,52	45	15,6	0,0286	0,31	0,16	56,0	0,005	1943	0,69	0,67
22101	0,0985	90	0,008	2,67	47	15,4	0,0298	0,30	0,17	56,8	0,005	2018	0,66	0,64
22101	0,0962	90	0,008	2,62	45	16,1	0,0291	0,30	0,17	58,2	0,005	2040	0,69	0,67
22101	0,1022	90	0,009	2,72	50	14,6	0,0316	0,31	0,17	54,4	0,006	1987	0,62	0,60
22101	0,1036	90	0,009	2,92	50	14,8	0,0318	0,31	0,18	58,4	0,005	2087	0,62	0,60
22101	0,1443	90	0,012	2,47	70	12,4	0,0379	0,26	0,18	35,3	0,007	1909	0,44	0,43
22101	0,1484	90	0,014	2,52	70	12,8	0,0396	0,27	0,20	36,0	0,007	1984	0,44	0,43

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22141	0,0412	90	0,001	0,72	53	5,4	0,0107	0,26	0,02	13,6	0,019	388	0,58	0,57
22141	0,0828	90	0,002	0,92	87	5,1	0,0174	0,21	0,03	10,6	0,020	538	0,36	0,34
22141	0,0397	90	0,003	0,92	43	7,1	0,0188	0,47	0,08	21,4	0,022	522	0,72	0,70
22141	0,0782	90	0,006	1,22	68	7,0	0,0274	0,35	0,09	17,9	0,020	749	0,46	0,44
22141	0,1183	90	0,009	1,27	95	6,4	0,0332	0,28	0,09	13,4	0,021	827	0,33	0,32
22141	0,1399	90	0,015	1,52	95	7,6	0,0429	0,31	0,16	16,0	0,019	1070	0,33	0,32
22141	0,1506	90	0,019	1,62	95	8,2	0,0470	0,31	0,20	17,1	0,018	1189	0,33	0,32
22141	0,1062	90	0,014	1,52	68	9,6	0,0413	0,39	0,21	22,4	0,017	1134	0,46	0,44
22141	0,0692	90	0,010	1,52	45	11,6	0,0350	0,51	0,23	33,8	0,015	1117	0,69	0,67
22141	0,1591	90	0,022	1,72	95	8,7	0,0507	0,32	0,23	18,1	0,018	1294	0,33	0,32
22141	0,1217	90	0,019	1,72	68	11,0	0,0477	0,39	0,28	25,3	0,016	1383	0,46	0,44
22141	0,1756	90	0,027	1,97	95	9,6	0,0558	0,32	0,28	20,7	0,015	1528	0,33	0,32
22141	0,1826	90	0,030	2,02	97	9,6	0,0586	0,32	0,31	20,8	0,015	1576	0,32	0,31
22141	0,1280	90	0,022	1,87	68	11,5	0,0503	0,39	0,32	27,5	0,014	1517	0,46	0,44
22141	0,1341	90	0,023	2,02	68	12,1	0,0525	0,39	0,34	29,7	0,013	1651	0,46	0,44
22141	0,0852	90	0,016	2,07	45	14,3	0,0429	0,50	0,35	46,0	0,011	1605	0,69	0,67
22141	0,1443	90	0,028	2,12	70	12,4	0,0568	0,39	0,39	30,3	0,013	1769	0,44	0,43
22141	0,0935	90	0,018	2,47	45	15,6	0,0461	0,49	0,41	54,9	0,009	1924	0,69	0,67
22141	0,1484	90	0,030	2,17	70	12,8	0,0587	0,40	0,42	31,0	0,013	1841	0,44	0,43
22141	0,0985	90	0,020	2,62	47	15,4	0,0486	0,49	0,43	55,7	0,009	1999	0,66	0,64
22141	0,0962	90	0,019	2,52	45	16,1	0,0474	0,49	0,43	56,0	0,009	2000	0,69	0,67
22141	0,1022	90	0,023	2,72	50	14,6	0,0511	0,50	0,46	54,4	0,009	1987	0,62	0,60

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
22141	0,1036	90	0,023	2,82	50	14,8	0,0518	0,50	0,47	56,4	0,009	2051	0,62	0,60
23000	0,0816	90	0,000	0,97	87	5,1	0,0056	0,07	0,00	11,1	0,006	545	0,41	0,00
23000	0,0417	90	0,000	0,82	53	5,5	0,0084	0,20	0,00	15,5	0,013	420	0,68	0,00
23000	0,1163	90	0,000	1,42	95	6,3	0,0207	0,18	0,00	14,9	0,012	859	0,38	0,00
23000	0,0772	90	0,000	1,32	68	7,0	0,0146	0,19	0,00	19,4	0,010	769	0,53	0,00
23000	0,0393	90	0,000	1,02	43	7,0	0,0050	0,13	0,00	23,7	0,005	545	0,84	0,00
23000	0,0393	90	0,000	1,02	43	7,0	0,0090	0,23	0,00	23,7	0,010	545	0,84	0,00
23000	0,1380	90	0,000	1,67	95	7,5	0,0400	0,29	0,00	17,6	0,016	1106	0,38	0,00
23000	0,1484	90	0,000	1,82	95	8,1	0,0459	0,31	0,00	19,2	0,016	1242	0,38	0,00
23000	0,1568	90	0,000	2,02	95	8,6	0,0547	0,35	0,00	21,3	0,016	1383	0,38	0,00
23000	0,1050	90	0,000	1,87	68	9,4	0,0481	0,46	0,00	27,5	0,017	1244	0,53	0,00
23000	0,1746	90	0,000	2,62	95	9,5	0,0716	0,41	0,00	27,6	0,015	1753	0,38	0,00
23000	0,1837	90	0,000	2,62	97	9,7	0,0853	0,46	0,00	27,0	0,017	1806	0,37	0,00
23000	0,1204	90	0,000	2,22	68	10,8	0,0633	0,53	0,00	32,6	0,016	1555	0,53	0,00
23000	0,0682	90	0,000	1,87	45	11,4	0,0403	0,59	0,00	41,6	0,014	1221	0,80	0,00
23000	0,0682	90	0,000	1,92	45	11,4	0,0424	0,62	0,00	42,7	0,015	1237	0,80	0,00
23000	0,1281	90	0,000	2,32	68	11,5	0,0757	0,59	0,00	34,1	0,017	1691	0,53	0,00
23000	0,1365	90	0,000	2,62	68	12,3	0,0794	0,58	0,00	38,5	0,015	1915	0,53	0,00
23000	0,1473	90	0,000	2,77	70	12,7	0,0872	0,59	0,00	39,6	0,015	2064	0,51	0,00
23000	0,0861	90	0,000	2,52	45	14,4	0,0697	0,81	0,00	56,0	0,014	1789	0,80	0,00
23000	0,0861	90	0,000	2,62	45	14,4	0,0758	0,88	0,00	58,2	0,015	1824	0,80	0,00
23000	0,1001	90	0,000	2,82	47	15,7	0,0896	0,90	0,00	60,0	0,015	2108	0,77	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23000	0,1001	90	0,000	2,82	47	15,7	0,0934	0,93	0,00	60,0	0,016	2108	0,77	0,00
23000	0,0941	90	0,000	2,72	45	15,7	0,0821	0,87	0,00	60,4	0,014	2031	0,80	0,00
23000	0,0941	90	0,000	2,72	45	15,7	0,0879	0,93	0,00	60,4	0,015	2031	0,80	0,00
23000	0,0976	90	0,000	2,82	45	16,3	0,0845	0,87	0,00	62,7	0,014	2146	0,80	0,00
23000	0,0976	90	0,000	2,82	45	16,3	0,0928	0,95	0,00	62,7	0,015	2146	0,80	0,00
23001	0,0395	90	0,000	1,02	43	7,1	0,0093	0,23	0,01	23,7	0,010	547	0,84	0,00
23001	0,0395	75	0,000	1,02	43	7,1	0,0093	0,23	0,01	23,7	0,010	547	0,84	0,00
23001	0,0817	45	0,001	1,02	87	5,1	0,0128	0,16	0,01	11,7	0,013	559	0,41	0,00
23001	0,1166	75	0,002	1,32	95	6,4	0,0194	0,17	0,02	13,9	0,012	831	0,38	0,00
23001	0,0395	60	0,001	1,02	43	7,1	0,0093	0,23	0,02	23,7	0,010	547	0,84	0,00
23001	0,0771	90	0,002	1,32	68	6,9	0,0139	0,18	0,02	19,4	0,009	768	0,53	0,00
23001	0,0771	75	0,002	1,32	68	6,9	0,0139	0,18	0,03	19,4	0,009	768	0,53	0,00
23001	0,1166	60	0,003	1,32	95	6,4	0,0177	0,15	0,03	13,9	0,011	831	0,38	0,00
23001	0,0395	45	0,001	1,02	43	7,1	0,0093	0,23	0,03	23,7	0,010	547	0,84	0,00
23001	0,0771	60	0,002	1,22	68	6,9	0,0127	0,17	0,04	17,9	0,009	738	0,53	0,00
23001	0,1381	90	0,005	1,62	95	7,5	0,0274	0,20	0,05	17,1	0,012	1090	0,38	0,00
23001	0,0817	30	0,005	0,92	87	5,1	0,0128	0,16	0,06	10,6	0,015	531	0,41	0,00
23001	0,1166	45	0,005	1,32	95	6,4	0,0162	0,14	0,06	13,9	0,010	831	0,38	0,00
23001	0,1381	75	0,005	1,62	95	7,5	0,0270	0,20	0,06	17,1	0,011	1090	0,38	0,00
23001	0,0771	45	0,004	1,22	68	6,9	0,0117	0,15	0,06	17,9	0,008	738	0,53	0,00
23001	0,1493	90	0,007	1,77	95	8,1	0,0313	0,21	0,07	18,6	0,011	1232	0,38	0,00
23001	0,1381	60	0,007	1,62	95	7,5	0,0220	0,16	0,08	17,1	0,009	1090	0,38	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23001	0,1493	75	0,007	1,72	95	8,1	0,0292	0,20	0,08	18,1	0,011	1214	0,38	0,00
23001	0,0395	30	0,003	1,02	43	7,1	0,0090	0,23	0,08	23,7	0,010	547	0,84	0,00
23001	0,0683	90	0,004	1,72	45	11,4	0,0245	0,36	0,08	38,2	0,009	1173	0,80	0,00
23001	0,1579	90	0,008	1,82	95	8,6	0,0329	0,21	0,08	19,2	0,011	1321	0,38	0,00
23001	0,1048	90	0,006	1,72	68	9,4	0,0282	0,27	0,08	25,3	0,011	1190	0,53	0,00
23001	0,1579	75	0,008	1,82	95	8,6	0,0310	0,20	0,09	19,2	0,010	1321	0,38	0,00
23001	0,0683	75	0,004	1,72	45	11,4	0,0236	0,35	0,09	38,2	0,009	1173	0,80	0,00
23001	0,1048	75	0,006	1,72	68	9,4	0,0274	0,26	0,09	25,3	0,010	1190	0,53	0,00
23001	0,1493	60	0,010	1,72	95	8,1	0,0237	0,16	0,10	18,1	0,009	1214	0,38	0,00
23001	0,0683	60	0,005	1,72	45	11,4	0,0193	0,28	0,11	38,2	0,007	1173	0,80	0,00
23001	0,1579	60	0,011	1,82	95	8,6	0,0248	0,16	0,11	19,2	0,008	1321	0,38	0,00
23001	0,1751	90	0,011	2,07	95	9,5	0,0376	0,21	0,11	21,8	0,010	1562	0,38	0,00
23001	0,1381	45	0,011	1,52	95	7,5	0,0168	0,12	0,12	16,0	0,008	1056	0,38	0,00
23001	0,1048	60	0,008	1,72	68	9,4	0,0217	0,21	0,12	25,3	0,008	1190	0,53	0,00
23001	0,1166	30	0,012	1,22	95	6,4	0,0134	0,12	0,12	12,8	0,009	799	0,38	0,00
23001	0,0771	30	0,008	1,12	68	6,9	0,0098	0,13	0,12	16,5	0,008	707	0,53	0,00
23001	0,1751	75	0,012	2,02	95	9,5	0,0359	0,20	0,13	21,3	0,010	1543	0,38	0,00
23001	0,0861	90	0,006	2,42	45	14,4	0,0314	0,37	0,13	53,8	0,007	1753	0,80	0,00
23001	0,0683	45	0,006	1,62	45	11,4	0,0153	0,22	0,13	36,0	0,006	1138	0,80	0,00
23001	0,0861	75	0,006	2,42	45	14,4	0,0290	0,34	0,14	53,8	0,006	1753	0,80	0,00
23001	0,1206	90	0,010	1,97	68	10,9	0,0347	0,29	0,14	29,0	0,010	1467	0,53	0,00
23001	0,1493	45	0,013	1,62	95	8,1	0,0173	0,12	0,14	17,1	0,007	1178	0,38	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23001	0,0395	15	0,006	0,92	43	7,1	0,0084	0,21	0,14	21,4	0,010	519	0,84	0,00
23001	0,1206	75	0,010	1,92	68	10,9	0,0325	0,27	0,15	28,2	0,010	1448	0,53	0,00
23001	0,1751	60	0,015	2,02	95	9,5	0,0282	0,16	0,15	21,3	0,008	1543	0,38	0,00
23001	0,1847	90	0,015	2,32	97	9,8	0,0396	0,21	0,15	23,9	0,009	1709	0,37	0,00
23001	0,1274	90	0,010	2,12	68	11,5	0,0360	0,28	0,15	31,2	0,009	1608	0,53	0,00
23001	0,0861	60	0,007	2,42	45	14,4	0,0230	0,27	0,16	53,8	0,005	1753	0,80	0,00
23001	0,0945	90	0,007	2,72	45	15,8	0,0335	0,35	0,16	60,4	0,006	2040	0,80	0,00
23001	0,1579	45	0,015	1,77	95	8,6	0,0175	0,11	0,16	18,6	0,006	1303	0,38	0,00
23001	0,1048	45	0,011	1,62	68	9,4	0,0164	0,16	0,16	23,8	0,007	1155	0,53	0,00
23001	0,0945	75	0,007	2,72	45	15,8	0,0302	0,32	0,16	60,4	0,005	2040	0,80	0,00
23001	0,1274	75	0,011	2,12	68	11,5	0,0349	0,27	0,16	31,2	0,009	1608	0,53	0,00
23001	0,1847	75	0,016	2,32	97	9,8	0,0379	0,21	0,16	23,9	0,009	1709	0,37	0,00
23001	0,0683	30	0,007	1,62	45	11,4	0,0121	0,18	0,16	36,0	0,005	1138	0,80	0,00
23001	0,0999	90	0,008	2,72	47	15,7	0,0355	0,36	0,17	57,9	0,006	2066	0,77	0,00
23001	0,1206	60	0,012	1,92	68	10,9	0,0260	0,22	0,17	28,2	0,008	1448	0,53	0,00
23001	0,0999	75	0,008	2,72	47	15,7	0,0334	0,33	0,17	57,9	0,006	2066	0,77	0,00
23001	0,1039	90	0,009	2,82	50	14,8	0,0359	0,35	0,17	56,4	0,006	2057	0,72	0,00
23001	0,0976	90	0,008	2,72	45	16,3	0,0353	0,36	0,17	60,4	0,006	2108	0,80	0,00
23001	0,1328	90	0,012	2,42	68	12,0	0,0379	0,29	0,17	35,6	0,008	1791	0,53	0,00
23001	0,1063	90	0,009	2,82	50	15,2	0,0362	0,34	0,17	56,4	0,006	2103	0,72	0,00
23001	0,0861	45	0,008	2,42	45	14,4	0,0171	0,20	0,18	53,8	0,004	1753	0,80	0,00
23001	0,0945	60	0,008	2,72	45	15,8	0,0240	0,25	0,18	60,4	0,004	2040	0,80	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23001	0,1039	75	0,009	2,82	50	14,8	0,0339	0,33	0,18	56,4	0,006	2057	0,72	0,00
23001	0,1328	75	0,012	2,42	68	12,0	0,0358	0,27	0,18	35,6	0,008	1791	0,53	0,00
23001	0,0683	15	0,008	1,62	45	11,4	0,0110	0,16	0,18	36,0	0,004	1138	0,80	0,00
23001	0,0976	75	0,008	2,72	45	16,3	0,0338	0,35	0,18	60,4	0,006	2108	0,80	0,00
23001	0,1063	75	0,009	2,82	50	15,2	0,0342	0,32	0,18	56,4	0,006	2103	0,72	0,00
23001	0,1847	60	0,018	2,12	97	9,8	0,0287	0,16	0,19	21,9	0,007	1634	0,37	0,00
23001	0,1274	60	0,013	2,12	68	11,5	0,0262	0,21	0,19	31,2	0,007	1608	0,53	0,00
23001	0,0999	60	0,009	2,72	47	15,7	0,0271	0,27	0,19	57,9	0,005	2066	0,77	0,00
23001	0,1039	60	0,010	2,82	50	14,8	0,0271	0,26	0,19	56,4	0,005	2057	0,72	0,00
23001	0,1440	90	0,014	2,57	70	12,4	0,0414	0,29	0,19	36,7	0,008	1943	0,51	0,00
23001	0,1381	30	0,018	1,42	95	7,5	0,0121	0,09	0,19	14,9	0,006	1021	0,38	0,00
23001	0,1063	60	0,010	2,82	50	15,2	0,0271	0,26	0,19	56,4	0,005	2103	0,72	0,00
23001	0,1328	60	0,013	2,12	68	12,0	0,0266	0,20	0,20	31,2	0,006	1676	0,53	0,00
23001	0,1440	75	0,014	2,57	70	12,4	0,0378	0,26	0,20	36,7	0,007	1943	0,51	0,00
23001	0,1751	45	0,019	1,92	95	9,5	0,0181	0,10	0,20	20,2	0,005	1505	0,38	0,00
23001	0,1478	90	0,014	2,72	70	12,7	0,0422	0,29	0,20	38,9	0,007	2051	0,51	0,00
23001	0,0976	60	0,009	2,72	45	16,3	0,0264	0,27	0,20	60,4	0,004	2108	0,80	0,00
23001	0,0945	45	0,009	2,72	45	15,8	0,0174	0,18	0,20	60,4	0,003	2040	0,80	0,00
23001	0,0861	30	0,009	2,32	45	14,4	0,0147	0,17	0,20	51,6	0,003	1716	0,80	0,00
23001	0,1478	75	0,014	2,72	70	12,7	0,0389	0,26	0,20	38,9	0,007	2051	0,51	0,00
23001	0,1206	45	0,014	1,92	68	10,9	0,0182	0,15	0,21	28,2	0,005	1448	0,53	0,00
23001	0,0771	15	0,014	1,07	68	6,9	0,0090	0,12	0,21	15,7	0,007	691	0,53	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23001	0,1048	30	0,014	1,52	68	9,4	0,0124	0,12	0,21	22,4	0,005	1119	0,53	0,00
23001	0,0999	45	0,010	2,72	47	15,7	0,0197	0,20	0,21	57,9	0,003	2066	0,77	0,00
23001	0,0976	45	0,009	2,72	45	16,3	0,0203	0,21	0,21	60,4	0,003	2108	0,80	0,00
23001	0,0861	15	0,010	2,32	45	14,4	0,0139	0,16	0,21	51,6	0,003	1716	0,80	0,00
23001	0,1039	45	0,011	2,82	50	14,8	0,0195	0,19	0,21	56,4	0,003	2057	0,72	0,00
23001	0,1493	30	0,021	1,52	95	8,1	0,0111	0,07	0,22	16,0	0,005	1141	0,38	0,00
23001	0,1063	45	0,011	2,82	50	15,2	0,0193	0,18	0,22	56,4	0,003	2103	0,72	0,00
23001	0,1274	45	0,015	2,02	68	11,5	0,0182	0,14	0,22	29,7	0,005	1570	0,53	0,00
23001	0,0945	30	0,010	2,72	45	15,8	0,0140	0,15	0,22	60,4	0,002	2040	0,80	0,00
23001	0,1478	60	0,016	2,57	70	12,7	0,0291	0,20	0,23	36,7	0,005	1994	0,51	0,00
23001	0,1440	60	0,016	2,52	70	12,4	0,0283	0,20	0,23	36,0	0,005	1924	0,51	0,00
23001	0,0945	15	0,010	2,72	45	15,8	0,0139	0,15	0,23	60,4	0,002	2040	0,80	0,00
23001	0,0999	30	0,011	2,72	47	15,7	0,0164	0,16	0,23	57,9	0,003	2066	0,77	0,00
23001	0,1039	30	0,012	2,82	50	14,8	0,0161	0,16	0,23	56,4	0,003	2057	0,72	0,00
23001	0,1579	30	0,022	1,62	95	8,6	0,0102	0,06	0,23	17,1	0,004	1246	0,38	0,00
23001	0,1328	45	0,016	2,12	68	12,0	0,0191	0,14	0,23	31,2	0,005	1676	0,53	0,00
23001	0,0999	15	0,011	2,72	47	15,7	0,0163	0,16	0,23	57,9	0,003	2066	0,77	0,00
23001	0,0976	30	0,011	2,72	45	16,3	0,0173	0,18	0,24	60,4	0,003	2108	0,80	0,00
23001	0,1063	30	0,012	2,82	50	15,2	0,0156	0,15	0,24	56,4	0,003	2103	0,72	0,00
23001	0,1847	45	0,023	2,02	97	9,8	0,0173	0,09	0,24	20,8	0,004	1595	0,37	0,00
23001	0,1039	15	0,012	2,82	50	14,8	0,0152	0,15	0,24	56,4	0,003	2057	0,72	0,00
23001	0,1048	15	0,016	1,52	68	9,4	0,0116	0,11	0,24	22,4	0,005	1119	0,53	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23001	0,1063	15	0,012	2,82	50	15,2	0,0153	0,14	0,24	56,4	0,003	2103	0,72	0,00
23001	0,0976	15	0,011	2,72	45	16,3	0,0166	0,17	0,24	60,4	0,003	2108	0,80	0,00
23001	0,1206	30	0,017	1,92	68	10,9	0,0124	0,10	0,25	28,2	0,004	1448	0,53	0,00
23001	0,1440	45	0,018	2,42	70	12,4	0,0196	0,14	0,25	34,6	0,004	1885	0,51	0,00
23001	0,1274	30	0,017	1,92	68	11,5	0,0114	0,09	0,25	28,2	0,003	1530	0,53	0,00
23001	0,1206	15	0,017	1,72	68	10,9	0,0112	0,09	0,26	25,3	0,004	1371	0,53	0,00
23001	0,1328	30	0,018	2,12	68	12,0	0,0118	0,09	0,26	31,2	0,003	1676	0,53	0,00
23001	0,1478	45	0,018	2,42	70	12,7	0,0193	0,13	0,26	34,6	0,004	1935	0,51	0,00
23001	0,1751	30	0,025	1,82	95	9,5	0,0084	0,05	0,27	19,2	0,003	1465	0,38	0,00
23001	0,1274	15	0,018	1,92	68	11,5	0,0109	0,09	0,27	28,2	0,003	1530	0,53	0,00
23001	0,1440	30	0,019	2,42	70	12,4	0,0120	0,08	0,28	34,6	0,002	1885	0,51	0,00
23001	0,1579	15	0,026	1,52	95	8,6	0,0067	0,04	0,28	16,0	0,003	1207	0,38	0,00
23001	0,1751	15	0,027	1,82	95	9,5	0,0044	0,03	0,28	19,2	0,001	1465	0,38	0,00
23001	0,0817	15	0,025	0,82	87	5,1	0,0126	0,15	0,29	9,4	0,016	501	0,41	0,00
23001	0,1847	30	0,028	1,92	97	9,8	0,0156	0,08	0,29	19,8	0,004	1555	0,37	0,00
23001	0,1328	15	0,020	2,02	68	12,0	0,0110	0,08	0,29	29,7	0,003	1636	0,53	0,00
23001	0,1478	30	0,020	2,42	70	12,7	0,0108	0,07	0,29	34,6	0,002	1935	0,51	0,00
23001	0,1493	15	0,029	1,42	95	8,1	0,0091	0,06	0,30	14,9	0,004	1103	0,38	0,00
23001	0,1440	15	0,021	2,42	70	12,4	0,0114	0,08	0,30	34,6	0,002	1885	0,51	0,00
23001	0,1478	15	0,022	2,42	70	12,7	0,0098	0,07	0,31	34,6	0,002	1935	0,51	0,00
23001	0,1847	15	0,033	1,82	97	9,8	0,0102	0,06	0,34	18,8	0,003	1514	0,37	0,00
23001	0,1166	15	0,044	0,92	95	6,4	0,0122	0,10	0,47	9,7	0,011	694	0,38	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23001	0,1381	15	0,048	1,12	95	7,5	0,0108	0,08	0,50	11,8	0,007	906	0,38	0,00
23041	0,0814	90	0,003	0,82	87	5,1	0,0189	0,23	0,04	9,4	0,025	499	0,41	0,00
23041	0,0393	90	0,002	0,92	43	7,0	0,0196	0,50	0,06	21,4	0,023	517	0,84	0,00
23041	0,0772	90	0,006	1,07	68	7,0	0,0282	0,37	0,09	15,7	0,023	692	0,53	0,00
23041	0,1156	90	0,010	1,17	95	6,3	0,0343	0,30	0,10	12,3	0,024	776	0,38	0,00
23041	0,1371	90	0,016	1,32	95	7,5	0,0445	0,32	0,17	13,9	0,023	977	0,38	0,00
23041	0,1487	90	0,019	1,47	95	8,1	0,0487	0,33	0,20	15,5	0,021	1118	0,38	0,00
23041	0,1053	90	0,015	1,52	68	9,5	0,0432	0,41	0,22	22,4	0,018	1125	0,53	0,00
23041	0,0679	90	0,011	1,57	45	11,3	0,0391	0,58	0,24	34,9	0,017	1113	0,80	0,00
23041	0,1568	90	0,023	1,52	95	8,6	0,0513	0,33	0,24	16,0	0,020	1199	0,38	0,00
23041	0,1202	90	0,021	1,62	68	10,8	0,0508	0,42	0,31	23,8	0,018	1326	0,53	0,00
23041	0,1745	90	0,030	1,77	95	9,5	0,0585	0,34	0,31	18,6	0,018	1440	0,38	0,00
23041	0,1843	90	0,033	1,82	97	9,7	0,0622	0,34	0,34	18,8	0,018	1511	0,37	0,00
23041	0,1280	90	0,024	1,82	68	11,5	0,0538	0,42	0,36	26,8	0,016	1496	0,53	0,00
23041	0,1331	90	0,027	1,92	68	12,0	0,0555	0,42	0,39	28,2	0,015	1598	0,53	0,00
23041	0,0851	90	0,018	2,07	45	14,2	0,0475	0,56	0,40	46,0	0,012	1604	0,80	0,00
23041	0,1431	90	0,030	2,02	70	12,3	0,0599	0,42	0,43	28,9	0,015	1712	0,51	0,00
23041	0,0929	90	0,021	2,42	45	15,5	0,0505	0,54	0,46	53,8	0,010	1892	0,80	0,00
23041	0,1481	90	0,033	2,02	70	12,8	0,0625	0,42	0,48	28,9	0,015	1772	0,51	0,00
23041	0,0986	90	0,023	2,62	47	15,4	0,0528	0,54	0,49	55,7	0,010	2001	0,77	0,00
23041	0,0964	90	0,023	2,52	45	16,1	0,0518	0,54	0,50	56,0	0,010	2004	0,80	0,00
23041	0,1029	90	0,026	2,72	50	14,7	0,0553	0,54	0,53	54,4	0,010	2001	0,72	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23041	0,1048	90	0,027	2,82	50	15,0	0,0561	0,54	0,54	56,4	0,009	2073	0,72	0,00
23101	0,0412	90	0,000	0,82	53	5,4	0,0022	0,05	0,00	15,5	0,003	414	0,68	0,57
23101	0,0836	90	0,000	1,02	87	5,2	0,0035	0,04	0,00	11,7	0,004	572	0,41	0,34
23101	0,0397	90	0,000	1,12	43	7,1	0,0059	0,15	0,01	26,0	0,006	576	0,84	0,70
23101	0,0782	90	0,001	1,32	68	7,0	0,0134	0,17	0,02	19,4	0,009	779	0,53	0,44
23101	0,1183	90	0,002	1,42	95	6,4	0,0156	0,13	0,02	14,9	0,009	874	0,38	0,32
23101	0,1399	90	0,006	1,62	95	7,6	0,0257	0,18	0,06	17,1	0,011	1104	0,38	0,32
23101	0,1506	90	0,008	1,72	95	8,2	0,0298	0,20	0,08	18,1	0,011	1225	0,38	0,32
23101	0,1062	90	0,006	1,72	68	9,6	0,0265	0,25	0,09	25,3	0,010	1207	0,53	0,44
23101	0,0692	90	0,004	1,82	45	11,6	0,0222	0,32	0,09	40,4	0,008	1222	0,80	0,67
23101	0,1591	90	0,009	1,87	95	8,7	0,0318	0,20	0,10	19,7	0,010	1349	0,38	0,32
23101	0,1756	90	0,012	2,12	95	9,6	0,0362	0,21	0,12	22,3	0,009	1586	0,38	0,32
23101	0,1217	90	0,009	2,02	68	11,0	0,0321	0,26	0,13	29,7	0,009	1499	0,53	0,44
23101	0,0852	90	0,006	2,32	45	14,3	0,0273	0,32	0,14	51,6	0,006	1699	0,80	0,67
23101	0,1280	90	0,010	2,12	68	11,5	0,0345	0,27	0,15	31,2	0,009	1615	0,53	0,44
23101	0,1826	90	0,015	2,17	97	9,6	0,0395	0,22	0,15	22,4	0,010	1634	0,37	0,31
23101	0,0935	90	0,007	2,52	45	15,6	0,0285	0,30	0,16	56,0	0,005	1943	0,80	0,67
23101	0,1341	90	0,011	2,27	68	12,1	0,0351	0,26	0,16	33,4	0,008	1750	0,53	0,44
23101	0,0962	90	0,008	2,72	45	16,1	0,0292	0,30	0,17	60,4	0,005	2078	0,80	0,67
23101	0,0985	90	0,008	2,77	47	15,4	0,0300	0,30	0,17	58,9	0,005	2056	0,77	0,64
23101	0,1022	90	0,009	2,82	50	14,6	0,0314	0,31	0,17	56,4	0,005	2023	0,72	0,60
23101	0,1036	90	0,009	2,92	50	14,8	0,0316	0,30	0,18	58,4	0,005	2087	0,72	0,60

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23101	0,1443	90	0,013	2,47	70	12,4	0,0374	0,26	0,18	35,3	0,007	1909	0,51	0,43
23101	0,1484	90	0,014	2,52	70	12,8	0,0389	0,26	0,20	36,0	0,007	1984	0,51	0,43
23141	0,0413	90	0,001	0,72	53	5,4	0,0099	0,24	0,02	13,6	0,018	390	0,68	0,57
23141	0,0829	90	0,002	0,92	87	5,2	0,0164	0,20	0,03	10,6	0,019	538	0,41	0,34
23141	0,0399	90	0,003	0,92	43	7,1	0,0185	0,46	0,08	21,4	0,022	524	0,84	0,70
23141	0,1183	90	0,008	1,22	95	6,4	0,0305	0,26	0,09	12,8	0,020	810	0,38	0,32
23141	0,0782	90	0,007	1,12	68	7,0	0,0274	0,35	0,10	16,5	0,021	717	0,53	0,44
23141	0,1399	90	0,014	1,42	95	7,6	0,0401	0,29	0,15	14,9	0,019	1034	0,38	0,32
23141	0,1506	90	0,018	1,52	95	8,2	0,0444	0,30	0,19	16,0	0,018	1152	0,38	0,32
23141	0,1591	90	0,020	1,62	95	8,7	0,0476	0,30	0,21	17,1	0,018	1256	0,38	0,32
23141	0,1062	90	0,015	1,52	68	9,6	0,0408	0,38	0,22	22,4	0,017	1134	0,53	0,44
23141	0,0692	90	0,012	1,52	45	11,6	0,0346	0,50	0,26	33,8	0,015	1117	0,80	0,67
23141	0,1756	90	0,026	1,77	95	9,6	0,0539	0,31	0,28	18,6	0,016	1449	0,38	0,32
23141	0,1217	90	0,020	1,62	68	11,0	0,0473	0,39	0,29	23,8	0,016	1342	0,53	0,44
23141	0,1826	90	0,030	1,92	97	9,6	0,0581	0,32	0,31	19,8	0,016	1537	0,37	0,31
23141	0,1280	90	0,023	1,72	68	11,5	0,0503	0,39	0,34	25,3	0,016	1455	0,53	0,44
23141	0,1341	90	0,025	1,77	68	12,1	0,0532	0,40	0,37	26,0	0,015	1545	0,53	0,44
23141	0,0852	90	0,017	2,02	45	14,3	0,0432	0,51	0,37	44,9	0,011	1586	0,80	0,67
23141	0,1443	90	0,030	2,02	70	12,4	0,0573	0,40	0,42	28,9	0,014	1727	0,51	0,43
23141	0,0935	90	0,019	2,37	45	15,6	0,0468	0,50	0,43	52,7	0,010	1884	0,80	0,67
23141	0,1484	90	0,032	2,07	70	12,8	0,0596	0,40	0,45	29,6	0,014	1798	0,51	0,43
23141	0,0962	90	0,021	2,42	45	16,1	0,0481	0,50	0,46	53,8	0,009	1960	0,80	0,67

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
23141	0,0985	90	0,022	2,47	47	15,4	0,0496	0,50	0,46	52,6	0,010	1941	0,77	0,64
23141	0,1022	90	0,025	2,52	50	14,6	0,0524	0,51	0,49	50,4	0,010	1912	0,72	0,60
23141	0,1036	90	0,025	2,62	50	14,8	0,0526	0,51	0,50	52,4	0,010	1977	0,72	0,60
24000	0,1165	90	0,000	1,52	95	6,4	0,0226	0,19	0,00	16,0	0,012	891	0,46	0,00
24000	0,0777	90	0,000	1,42	68	7,0	0,0157	0,20	0,00	20,9	0,010	802	0,65	0,00
24000	0,1376	90	0,000	1,82	95	7,5	0,0482	0,35	0,00	19,2	0,018	1152	0,46	0,00
24000	0,1491	90	0,000	2,02	95	8,1	0,0596	0,40	0,00	21,3	0,019	1315	0,46	0,00
24000	0,1571	90	0,000	2,17	95	8,6	0,0656	0,42	0,00	22,8	0,018	1435	0,46	0,00
24000	0,1053	90	0,000	2,02	68	9,5	0,0530	0,50	0,00	29,7	0,017	1296	0,65	0,00
24000	0,1743	90	0,000	2,52	95	9,5	0,0774	0,44	0,00	26,5	0,017	1717	0,46	0,00
24000	0,1828	90	0,000	2,72	97	9,7	0,0943	0,52	0,00	28,0	0,018	1832	0,45	0,00
24000	0,1211	90	0,000	2,42	68	10,9	0,0781	0,65	0,00	35,6	0,018	1632	0,65	0,00
24000	0,0682	90	0,000	2,02	45	11,4	0,0475	0,70	0,00	44,9	0,016	1269	0,98	0,00
24000	0,1282	90	0,000	2,62	68	11,5	0,0855	0,67	0,00	38,5	0,017	1798	0,65	0,00
24000	0,1337	90	0,000	2,72	68	12,0	0,0898	0,67	0,00	40,0	0,017	1911	0,65	0,00
24000	0,0855	90	0,000	2,62	45	14,3	0,0846	0,99	0,00	58,2	0,017	1812	0,98	0,00
24000	0,0933	90	0,000	2,82	45	15,6	0,0928	1,00	0,00	62,7	0,016	2051	0,98	0,00
24000	0,0968	90	0,000	2,82	45	16,2	0,0957	0,99	0,00	62,7	0,016	2129	0,98	0,00
24001	0,0816	90	0,000	1,02	87	5,1	0,0063	0,08	0,00	11,7	0,007	558	0,51	0,00
24001	0,0816	75	0,000	1,02	87	5,1	0,0063	0,08	0,00	11,7	0,007	558	0,51	0,00
24001	0,0816	60	0,001	1,02	87	5,1	0,0063	0,08	0,01	11,7	0,007	558	0,51	0,00
24001	0,0390	90	0,001	1,12	43	7,0	0,0044	0,11	0,01	26,0	0,004	565	1,02	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24001	0,0390	75	0,001	1,12	43	7,0	0,0044	0,11	0,01	26,0	0,004	565	1,02	0,00
24001	0,0816	45	0,001	1,02	87	5,1	0,0061	0,07	0,02	11,7	0,006	558	0,51	0,00
24001	0,0390	60	0,001	1,12	43	7,0	0,0044	0,11	0,02	26,0	0,004	565	1,02	0,00
24001	0,1165	90	0,002	1,42	95	6,4	0,0171	0,15	0,02	14,9	0,010	861	0,46	0,00
24001	0,1165	75	0,003	1,42	95	6,4	0,0164	0,14	0,03	14,9	0,009	861	0,46	0,00
24001	0,0773	90	0,002	1,32	68	7,0	0,0144	0,19	0,03	19,4	0,010	770	0,65	0,00
24001	0,0773	75	0,002	1,32	68	7,0	0,0142	0,18	0,03	19,4	0,009	770	0,65	0,00
24001	0,0390	45	0,001	1,02	43	7,0	0,0044	0,11	0,03	23,7	0,005	540	1,02	0,00
24001	0,1165	60	0,004	1,42	95	6,4	0,0145	0,12	0,04	14,9	0,008	861	0,46	0,00
24001	0,0773	60	0,003	1,32	68	7,0	0,0122	0,16	0,04	19,4	0,008	770	0,65	0,00
24001	0,1373	90	0,005	1,72	95	7,5	0,0263	0,19	0,05	18,1	0,011	1117	0,46	0,00
24001	0,0816	30	0,005	1,02	87	5,1	0,0059	0,07	0,06	11,7	0,006	558	0,51	0,00
24001	0,1373	75	0,006	1,72	95	7,5	0,0248	0,18	0,06	18,1	0,010	1117	0,46	0,00
24001	0,0773	45	0,004	1,32	68	7,0	0,0091	0,12	0,06	19,4	0,006	770	0,65	0,00
24001	0,1165	45	0,006	1,42	95	6,4	0,0102	0,09	0,06	14,9	0,006	861	0,46	0,00
24001	0,0390	30	0,003	1,02	43	7,0	0,0022	0,06	0,07	23,7	0,002	540	1,02	0,00
24001	0,1052	90	0,005	1,82	68	9,5	0,0271	0,26	0,08	26,8	0,010	1229	0,65	0,00
24001	0,1487	90	0,008	1,82	95	8,1	0,0292	0,20	0,08	19,2	0,010	1244	0,46	0,00
24001	0,1487	75	0,008	1,82	95	8,1	0,0285	0,19	0,08	19,2	0,010	1244	0,46	0,00
24001	0,1373	60	0,008	1,62	95	7,5	0,0209	0,15	0,08	17,1	0,009	1084	0,46	0,00
24001	0,1052	75	0,006	1,82	68	9,5	0,0255	0,24	0,09	26,8	0,009	1229	0,65	0,00
24001	0,1575	90	0,008	2,02	95	8,6	0,0317	0,20	0,09	21,3	0,009	1389	0,46	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24001	0,1575	75	0,009	1,97	95	8,6	0,0301	0,19	0,10	20,7	0,009	1371	0,46	0,00
24001	0,0677	90	0,004	1,82	45	11,3	0,0213	0,31	0,10	40,4	0,008	1196	0,98	0,00
24001	0,0677	75	0,004	1,82	45	11,3	0,0203	0,30	0,10	40,4	0,007	1196	0,98	0,00
24001	0,0390	15	0,004	0,92	43	7,0	0,0022	0,06	0,10	21,4	0,003	512	1,02	0,00
24001	0,1487	60	0,010	1,82	95	8,1	0,0227	0,15	0,10	19,2	0,008	1244	0,46	0,00
24001	0,1052	60	0,007	1,72	68	9,5	0,0203	0,19	0,11	25,3	0,008	1195	0,65	0,00
24001	0,0677	60	0,005	1,77	45	11,3	0,0156	0,23	0,11	39,3	0,006	1179	0,98	0,00
24001	0,1575	60	0,011	1,92	95	8,6	0,0235	0,15	0,11	20,2	0,007	1354	0,46	0,00
24001	0,1746	90	0,011	2,22	95	9,5	0,0369	0,21	0,11	23,4	0,009	1613	0,46	0,00
24001	0,0773	30	0,008	1,22	68	7,0	0,0081	0,10	0,11	17,9	0,006	740	0,65	0,00
24001	0,1165	30	0,011	1,32	95	6,4	0,0074	0,06	0,12	13,9	0,005	830	0,46	0,00
24001	0,1373	45	0,011	1,62	95	7,5	0,0150	0,11	0,12	17,1	0,006	1084	0,46	0,00
24001	0,1746	75	0,011	2,22	95	9,5	0,0347	0,20	0,12	23,4	0,009	1613	0,46	0,00
24001	0,0847	90	0,005	2,47	45	14,2	0,0274	0,32	0,12	54,9	0,006	1744	0,98	0,00
24001	0,0847	75	0,006	2,47	45	14,2	0,0259	0,31	0,13	54,9	0,006	1744	0,98	0,00
24001	0,0677	45	0,006	1,72	45	11,3	0,0095	0,14	0,13	38,2	0,004	1162	0,98	0,00
24001	0,1210	90	0,009	2,07	68	10,9	0,0320	0,26	0,13	30,4	0,009	1508	0,65	0,00
24001	0,1835	90	0,013	2,42	97	9,7	0,0412	0,22	0,14	24,9	0,009	1734	0,45	0,00
24001	0,1487	45	0,013	1,72	95	8,1	0,0155	0,10	0,14	18,1	0,006	1209	0,46	0,00
24001	0,1210	75	0,009	2,02	68	10,9	0,0300	0,25	0,14	29,7	0,008	1490	0,65	0,00
24001	0,1052	45	0,010	1,72	68	9,5	0,0146	0,14	0,14	25,3	0,005	1195	0,65	0,00
24001	0,1746	60	0,014	2,12	95	9,5	0,0259	0,15	0,14	22,3	0,007	1577	0,46	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24001	0,0927	90	0,007	2,72	45	15,5	0,0287	0,31	0,15	60,4	0,005	2002	0,98	0,00
24001	0,0847	60	0,007	2,42	45	14,2	0,0188	0,22	0,15	53,8	0,004	1726	0,98	0,00
24001	0,1835	75	0,014	2,42	97	9,7	0,0374	0,20	0,15	24,9	0,008	1734	0,45	0,00
24001	0,0927	75	0,007	2,72	45	15,5	0,0278	0,30	0,15	60,4	0,005	2002	0,98	0,00
24001	0,1575	45	0,014	1,82	95	8,6	0,0160	0,10	0,15	19,2	0,005	1318	0,46	0,00
24001	0,1285	90	0,010	2,27	68	11,6	0,0338	0,26	0,15	33,4	0,008	1678	0,65	0,00
24001	0,0677	30	0,007	1,72	45	11,3	0,0047	0,07	0,15	38,2	0,002	1162	0,98	0,00
24001	0,1366	90	0,011	2,42	68	12,3	0,0349	0,26	0,16	35,6	0,007	1842	0,65	0,00
24001	0,1210	60	0,011	2,02	68	10,9	0,0234	0,19	0,16	29,7	0,007	1490	0,65	0,00
24001	0,1030	90	0,008	2,82	50	14,7	0,0319	0,31	0,16	56,4	0,005	2039	0,88	0,00
24001	0,1285	75	0,011	2,22	68	11,6	0,0322	0,25	0,16	32,6	0,008	1660	0,65	0,00
24001	0,0927	60	0,007	2,72	45	15,5	0,0215	0,23	0,16	60,4	0,004	2002	0,98	0,00
24001	0,0847	45	0,007	2,42	45	14,2	0,0124	0,15	0,16	53,8	0,003	1726	0,98	0,00
24001	0,0965	90	0,007	2,72	45	16,1	0,0296	0,31	0,16	60,4	0,005	2085	0,98	0,00
24001	0,0986	90	0,008	2,72	47	15,4	0,0305	0,31	0,16	57,9	0,005	2039	0,94	0,00
24001	0,0986	75	0,008	2,72	47	15,4	0,0294	0,30	0,16	57,9	0,005	2039	0,94	0,00
24001	0,1030	75	0,008	2,82	50	14,7	0,0296	0,29	0,16	56,4	0,005	2039	0,88	0,00
24001	0,1047	90	0,008	2,82	50	14,9	0,0320	0,31	0,17	56,4	0,005	2071	0,88	0,00
24001	0,0965	75	0,007	2,72	45	16,1	0,0283	0,29	0,17	60,4	0,005	2085	0,98	0,00
24001	0,1366	75	0,011	2,42	68	12,3	0,0332	0,24	0,17	35,6	0,007	1842	0,65	0,00
24001	0,0677	15	0,008	1,72	45	11,3	0,0031	0,05	0,17	38,2	0,001	1162	0,98	0,00
24001	0,1835	60	0,016	2,32	97	9,7	0,0281	0,15	0,17	23,9	0,006	1698	0,45	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24001	0,1047	75	0,008	2,82	50	14,9	0,0299	0,29	0,17	56,4	0,005	2071	0,88	0,00
24001	0,1285	60	0,012	2,22	68	11,6	0,0239	0,19	0,17	32,6	0,006	1660	0,65	0,00
24001	0,1472	90	0,012	2,52	70	12,7	0,0354	0,24	0,17	36,0	0,007	1967	0,63	0,00
24001	0,0986	60	0,008	2,72	47	15,4	0,0221	0,22	0,18	57,9	0,004	2039	0,94	0,00
24001	0,1373	30	0,017	1,52	95	7,5	0,0088	0,06	0,18	16,0	0,004	1050	0,46	0,00
24001	0,0965	60	0,008	2,72	45	16,1	0,0223	0,23	0,18	60,4	0,004	2085	0,98	0,00
24001	0,0773	15	0,012	1,12	68	7,0	0,0065	0,08	0,18	16,5	0,005	709	0,65	0,00
24001	0,1030	60	0,009	2,77	50	14,7	0,0222	0,22	0,18	55,4	0,004	2021	0,88	0,00
24001	0,1746	45	0,017	2,12	95	9,5	0,0168	0,10	0,18	22,3	0,004	1577	0,46	0,00
24001	0,0927	45	0,008	2,72	45	15,5	0,0144	0,16	0,18	60,4	0,003	2002	0,98	0,00
24001	0,1047	60	0,009	2,82	50	14,9	0,0217	0,21	0,18	56,4	0,004	2071	0,88	0,00
24001	0,1472	75	0,013	2,52	70	12,7	0,0347	0,24	0,18	36,0	0,007	1967	0,63	0,00
24001	0,0847	30	0,008	2,37	45	14,2	0,0055	0,06	0,18	52,7	0,001	1708	0,98	0,00
24001	0,1366	60	0,013	2,42	68	12,3	0,0241	0,18	0,19	35,6	0,005	1842	0,65	0,00
24001	0,1052	30	0,013	1,62	68	9,5	0,0074	0,07	0,19	23,8	0,003	1160	0,65	0,00
24001	0,1210	45	0,013	2,02	68	10,9	0,0152	0,13	0,19	29,7	0,004	1490	0,65	0,00
24001	0,0847	15	0,009	2,32	45	14,2	0,0047	0,06	0,19	51,6	0,001	1690	0,98	0,00
24001	0,0986	45	0,009	2,72	47	15,4	0,0149	0,15	0,19	57,9	0,003	2039	0,94	0,00
24001	0,0965	45	0,009	2,72	45	16,1	0,0148	0,15	0,19	60,4	0,003	2085	0,98	0,00
24001	0,1030	45	0,010	2,77	50	14,7	0,0144	0,14	0,20	55,4	0,003	2021	0,88	0,00
24001	0,0927	30	0,009	2,72	45	15,5	0,0085	0,09	0,20	60,4	0,002	2002	0,98	0,00
24001	0,1487	30	0,019	1,62	95	8,1	0,0084	0,06	0,20	17,1	0,003	1174	0,46	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	(K)	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24001	0,1526	90	0,014	2,72	70	13,2	0,0394	0,26	0,20	38,9	0,007	2119	0,63	0,00
24001	0,1472	60	0,014	2,52	70	12,7	0,0247	0,17	0,20	36,0	0,005	1967	0,63	0,00
24001	0,1047	45	0,010	2,77	50	14,9	0,0144	0,14	0,20	55,4	0,002	2053	0,88	0,00
24001	0,1052	15	0,014	1,62	68	9,5	0,0061	0,06	0,20	23,8	0,002	1160	0,65	0,00
24001	0,0927	15	0,009	2,72	45	15,5	0,0071	0,08	0,20	60,4	0,001	2002	0,98	0,00
24001	0,1835	45	0,020	2,22	97	9,7	0,0168	0,09	0,20	22,9	0,004	1661	0,45	0,00
24001	0,1575	30	0,020	1,72	95	8,6	0,0073	0,05	0,21	18,1	0,003	1282	0,46	0,00
24001	0,1285	45	0,014	2,17	68	11,6	0,0155	0,12	0,21	31,9	0,004	1641	0,65	0,00
24001	0,1526	75	0,014	2,72	70	13,2	0,0366	0,24	0,21	38,9	0,006	2119	0,63	0,00
24001	0,0986	30	0,010	2,72	47	15,4	0,0091	0,09	0,21	57,9	0,002	2039	0,94	0,00
24001	0,1030	30	0,010	2,72	50	14,7	0,0085	0,08	0,21	54,4	0,002	2002	0,88	0,00
24001	0,0965	30	0,009	2,72	45	16,1	0,0087	0,09	0,21	60,4	0,001	2085	0,98	0,00
24001	0,1047	30	0,011	2,77	50	14,9	0,0079	0,08	0,21	55,4	0,001	2053	0,88	0,00
24001	0,1210	30	0,014	1,97	68	10,9	0,0071	0,06	0,21	29,0	0,002	1471	0,65	0,00
24001	0,1366	45	0,014	2,42	68	12,3	0,0155	0,11	0,21	35,6	0,003	1842	0,65	0,00
24001	0,0965	15	0,010	2,72	45	16,1	0,0074	0,08	0,21	60,4	0,001	2085	0,98	0,00
24001	0,1030	15	0,011	2,72	50	14,7	0,0076	0,07	0,22	54,4	0,001	2002	0,88	0,00
24001	0,0986	15	0,010	2,72	47	15,4	0,0076	0,08	0,22	57,9	0,001	2039	0,94	0,00
24001	0,1047	15	0,011	2,77	50	14,9	0,0067	0,06	0,22	55,4	0,001	2053	0,88	0,00
24001	0,1746	30	0,021	2,02	95	9,5	0,0069	0,04	0,22	21,3	0,002	1539	0,46	0,00
24001	0,1526	60	0,016	2,67	70	13,2	0,0274	0,18	0,22	38,1	0,005	2099	0,63	0,00
24001	0,1210	15	0,015	1,92	68	10,9	0,0059	0,05	0,23	28,2	0,002	1452	0,65	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24001	0,1472	45	0,016	2,52	70	12,7	0,0155	0,11	0,23	36,0	0,003	1967	0,63	0,00
24001	0,1285	30	0,015	2,02	68	11,6	0,0071	0,06	0,23	29,7	0,002	1583	0,65	0,00
24001	0,1285	15	0,016	2,02	68	11,6	0,0052	0,04	0,23	29,7	0,001	1583	0,65	0,00
24001	0,1373	15	0,022	1,42	95	7,5	0,0065	0,05	0,24	14,9	0,003	1015	0,46	0,00
24001	0,1575	15	0,022	1,72	95	8,6	0,0057	0,04	0,24	18,1	0,002	1282	0,46	0,00
24001	0,1487	15	0,022	1,62	95	8,1	0,0063	0,04	0,24	17,1	0,002	1174	0,46	0,00
24001	0,1366	30	0,016	2,37	68	12,3	0,0061	0,04	0,24	34,9	0,001	1823	0,65	0,00
24001	0,1835	30	0,023	2,12	97	9,7	0,0057	0,03	0,24	21,9	0,001	1623	0,45	0,00
24001	0,1746	15	0,023	1,97	95	9,5	0,0050	0,03	0,24	20,7	0,001	1520	0,46	0,00
24001	0,1526	45	0,017	2,62	70	13,2	0,0155	0,10	0,25	37,4	0,003	2079	0,63	0,00
24001	0,1366	15	0,017	2,32	68	12,3	0,0027	0,02	0,25	34,1	0,001	1803	0,65	0,00
24001	0,1472	30	0,018	2,52	70	12,7	0,0042	0,03	0,25	36,0	0,001	1967	0,63	0,00
24001	0,1835	15	0,026	2,02	97	9,7	0,0027	0,01	0,27	20,8	0,001	1584	0,45	0,00
24001	0,1472	15	0,019	2,47	70	12,7	0,0022	0,01	0,27	35,3	0,000	1947	0,63	0,00
24001	0,1526	30	0,020	2,52	70	13,2	0,0047	0,03	0,28	36,0	0,001	2039	0,63	0,00
24001	0,1526	15	0,020	2,52	70	13,2	0,0016	0,01	0,29	36,0	0,000	2039	0,63	0,00
24001	0,0816	15	0,026	0,82	87	5,1	0,0055	0,07	0,30	9,4	0,007	501	0,51	0,00
24001	0,1165	15	0,039	1,02	95	6,4	0,0065	0,06	0,41	10,7	0,005	730	0,46	0,00
24041	0,0817	90	0,003	1,02	87	5,1	0,0193	0,24	0,03	11,7	0,020	559	0,51	0,00
24041	0,0392	90	0,004	1,02	43	7,0	0,0207	0,53	0,10	23,7	0,022	543	1,02	0,00
24041	0,1161	90	0,011	1,32	95	6,3	0,0356	0,31	0,11	13,9	0,022	827	0,46	0,00
24041	0,0772	90	0,008	1,22	68	7,0	0,0309	0,40	0,12	17,9	0,022	739	0,65	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24041	0,1376	90	0,016	1,52	95	7,5	0,0438	0,32	0,17	16,0	0,020	1052	0,46	0,00
24041	0,1491	90	0,020	1,72	95	8,1	0,0476	0,32	0,21	18,1	0,018	1213	0,46	0,00
24041	0,1567	90	0,022	1,82	95	8,5	0,0501	0,32	0,23	19,2	0,017	1311	0,46	0,00
24041	0,1052	90	0,016	1,62	68	9,5	0,0437	0,42	0,23	23,8	0,017	1160	0,65	0,00
24041	0,0679	90	0,011	1,82	45	11,4	0,0349	0,51	0,24	40,4	0,013	1200	0,98	0,00
24041	0,1740	90	0,027	2,07	95	9,5	0,0556	0,32	0,28	21,8	0,015	1553	0,46	0,00
24041	0,1221	90	0,021	1,82	68	11,0	0,0491	0,40	0,31	26,8	0,015	1428	0,65	0,00
24041	0,1824	90	0,030	2,12	97	9,6	0,0587	0,32	0,31	21,9	0,015	1613	0,45	0,00
24041	0,1301	90	0,023	1,92	68	11,7	0,0523	0,40	0,34	28,2	0,014	1562	0,65	0,00
24041	0,0853	90	0,016	2,52	45	14,3	0,0425	0,50	0,35	56,0	0,009	1773	0,98	0,00
24041	0,1364	90	0,025	2,02	68	12,3	0,0535	0,39	0,36	29,7	0,013	1680	0,65	0,00
24041	0,1471	90	0,028	2,52	70	12,7	0,0573	0,39	0,40	36,0	0,011	1965	0,63	0,00
24041	0,0930	90	0,018	2,72	45	15,6	0,0455	0,49	0,40	60,4	0,008	2008	0,98	0,00
24041	0,1526	90	0,030	2,62	70	13,2	0,0591	0,39	0,42	37,4	0,010	2079	0,63	0,00
24041	0,0988	90	0,020	2,72	47	15,5	0,0480	0,49	0,42	57,9	0,008	2043	0,94	0,00
24041	0,1028	90	0,021	2,82	50	14,7	0,0511	0,50	0,43	56,4	0,009	2035	0,88	0,00
24041	0,0966	90	0,020	2,72	45	16,2	0,0472	0,49	0,44	60,4	0,008	2087	0,98	0,00
24041	0,1050	90	0,022	2,82	50	15,0	0,0524	0,50	0,44	56,4	0,009	2077	0,88	0,00
24101	0,0836	90	0,000	1,22	87	5,2	0,0022	0,03	0,00	14,0	0,002	625	0,51	0,34
24101	0,0412	90	0,000	0,92	53	5,4	0,0022	0,05	0,00	17,4	0,003	439	0,83	0,57
24101	0,0391	90	0,001	1,22	43	7,0	0,0107	0,27	0,02	28,4	0,010	592	1,02	0,70
24101	0,1173	90	0,003	1,62	95	6,4	0,0171	0,15	0,03	17,1	0,009	926	0,46	0,32

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24101	0,0783	90	0,002	1,52	68	7,1	0,0153	0,20	0,03	22,4	0,009	837	0,65	0,44
24101	0,1398	90	0,006	1,92	95	7,6	0,0262	0,19	0,07	20,2	0,009	1201	0,46	0,32
24101	0,1504	90	0,008	2,12	95	8,2	0,0299	0,20	0,09	22,3	0,009	1358	0,46	0,32
24101	0,0686	90	0,004	2,12	45	11,5	0,0217	0,32	0,09	47,1	0,007	1307	0,98	0,67
24101	0,1059	90	0,006	2,07	68	9,5	0,0267	0,25	0,09	30,4	0,008	1320	0,65	0,44
24101	0,1588	90	0,009	2,22	95	8,7	0,0318	0,20	0,10	23,4	0,009	1468	0,46	0,32
24101	0,1752	90	0,011	2,52	95	9,6	0,0358	0,20	0,12	26,5	0,008	1725	0,46	0,32
24101	0,0850	90	0,005	2,72	45	14,2	0,0246	0,29	0,12	60,4	0,005	1836	0,98	0,67
24101	0,1215	90	0,008	2,47	68	10,9	0,0304	0,25	0,12	36,3	0,007	1655	0,65	0,44
24101	0,1282	90	0,009	2,67	68	11,5	0,0316	0,25	0,13	39,3	0,006	1815	0,65	0,44
24101	0,0932	90	0,006	2,92	45	15,6	0,0264	0,28	0,13	64,9	0,004	2085	0,98	0,67
24101	0,1831	90	0,013	2,67	97	9,7	0,0378	0,21	0,14	27,5	0,008	1817	0,45	0,31
24101	0,1342	90	0,010	2,72	68	12,1	0,0325	0,24	0,14	40,0	0,006	1917	0,65	0,44
24101	0,0982	90	0,007	2,92	47	15,4	0,0275	0,28	0,14	62,1	0,005	2104	0,94	0,64
24101	0,0957	90	0,006	2,92	45	16,0	0,0269	0,28	0,14	64,9	0,004	2142	0,98	0,67
24101	0,1024	90	0,007	2,92	50	14,6	0,0290	0,28	0,14	58,4	0,005	2063	0,88	0,60
24101	0,1037	90	0,007	2,92	50	14,8	0,0290	0,28	0,14	58,4	0,005	2089	0,88	0,60
24101	0,1434	90	0,011	2,82	70	12,4	0,0345	0,24	0,15	40,3	0,006	2027	0,63	0,43
24101	0,1486	90	0,012	2,92	70	12,8	0,0357	0,24	0,16	41,7	0,006	2137	0,63	0,43
24141	0,0417	90	0,002	0,92	53	5,5	0,0120	0,29	0,03	17,4	0,017	444	0,83	0,57
24141	0,0839	90	0,003	1,12	87	5,2	0,0201	0,24	0,04	12,9	0,019	601	0,51	0,34
24141	0,0400	90	0,003	1,17	43	7,2	0,0166	0,42	0,07	27,2	0,015	593	1,02	0,70

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
24141	0,1183	90	0,009	1,52	95	6,4	0,0336	0,28	0,10	16,0	0,018	905	0,46	0,32
24141	0,0782	90	0,007	1,42	68	7,0	0,0279	0,36	0,10	20,9	0,017	808	0,65	0,44
24141	0,1399	90	0,015	1,82	95	7,6	0,0418	0,30	0,16	19,2	0,016	1171	0,46	0,32
24141	0,1506	90	0,018	1,97	95	8,2	0,0456	0,30	0,19	20,7	0,015	1311	0,46	0,32
24141	0,1062	90	0,013	1,92	68	9,6	0,0391	0,37	0,20	28,2	0,013	1275	0,65	0,44
24141	0,0692	90	0,009	2,02	45	11,6	0,0320	0,46	0,20	44,9	0,010	1287	0,98	0,67
24141	0,1591	90	0,020	2,07	95	8,7	0,0479	0,30	0,21	21,8	0,014	1420	0,46	0,32
24141	0,1756	90	0,024	2,42	95	9,6	0,0537	0,31	0,25	25,5	0,012	1694	0,46	0,32
24141	0,1217	90	0,017	2,32	68	11,0	0,0449	0,37	0,25	34,1	0,011	1606	0,65	0,44
24141	0,1826	90	0,027	2,52	97	9,6	0,0565	0,31	0,27	26,0	0,012	1761	0,45	0,31
24141	0,1280	90	0,019	2,42	68	11,5	0,0472	0,37	0,28	35,6	0,010	1725	0,65	0,44
24141	0,0852	90	0,013	2,42	45	14,3	0,0386	0,45	0,29	53,8	0,008	1736	0,98	0,67
24141	0,1341	90	0,021	2,52	68	12,1	0,0492	0,37	0,31	37,1	0,010	1844	0,65	0,44
24141	0,0935	90	0,015	2,82	45	15,6	0,0413	0,44	0,33	62,7	0,007	2056	0,98	0,67
24141	0,1443	90	0,024	2,72	70	12,4	0,0525	0,36	0,34	38,9	0,009	2004	0,63	0,43
24141	0,0985	90	0,016	2,92	47	15,4	0,0432	0,44	0,35	62,1	0,007	2110	0,94	0,64
24141	0,0962	90	0,016	2,92	45	16,1	0,0425	0,44	0,35	64,9	0,007	2153	0,98	0,67
24141	0,1484	90	0,025	2,82	70	12,8	0,0540	0,36	0,36	40,3	0,009	2098	0,63	0,43
24141	0,1022	90	0,019	2,92	50	14,6	0,0460	0,45	0,37	58,4	0,008	2059	0,88	0,60
24141	0,1036	90	0,019	2,92	50	14,8	0,0465	0,45	0,38	58,4	0,008	2087	0,88	0,60
30101	0,0776	90	0,000	0,52	78	5,7	0,0016	0,02	0,00	6,7	0,003	423	0,00	0,38
30101	0,0412	90	0,000	0,52	48	6,3	0,0016	0,04	0,00	10,8	0,003	365	0,00	0,63

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
30101	0,1169	90	0,000	0,62	95	6,4	0,0044	0,04	0,00	6,5	0,006	571	0,00	0,32
30101	0,0777	90	0,000	0,62	67	7,2	0,0047	0,06	0,00	9,3	0,007	538	0,00	0,45
30101	0,1386	90	0,001	0,62	101	6,9	0,0074	0,05	0,01	6,1	0,009	637	0,00	0,30
30101	0,0387	90	0,000	0,52	37	8,7	0,0042	0,11	0,01	14,1	0,008	444	0,00	0,81
30101	0,1504	90	0,001	0,62	103	7,3	0,0093	0,06	0,01	6,0	0,010	678	0,00	0,29
30101	0,1579	90	0,001	0,67	103	7,6	0,0108	0,07	0,01	6,5	0,010	739	0,00	0,29
30101	0,1066	90	0,001	0,62	80	7,5	0,0103	0,10	0,01	7,8	0,012	618	0,00	0,38
30101	0,1207	90	0,002	0,72	83	8,1	0,0152	0,13	0,02	8,7	0,015	727	0,00	0,36
30101	0,1299	90	0,003	0,82	86	8,2	0,0174	0,13	0,03	9,5	0,014	806	0,00	0,35
30101	0,0686	90	0,002	0,62	50	9,8	0,0136	0,20	0,03	12,4	0,016	637	0,00	0,60
30101	0,0861	90	0,003	0,82	58	9,8	0,0200	0,23	0,06	14,1	0,016	792	0,00	0,52
30101	0,0913	90	0,004	0,82	58	10,4	0,0223	0,24	0,07	14,1	0,017	840	0,00	0,52
31000	0,0772	90	0,000	1,02	78	5,7	0,0034	0,04	0,00	13,1	0,003	589	0,33	0,00
31000	0,1152	90	0,000	1,32	95	6,3	0,0214	0,19	0,00	13,9	0,013	821	0,27	0,00
31000	0,1369	90	0,000	1,52	101	6,8	0,0329	0,24	0,00	15,0	0,016	984	0,26	0,00
31000	0,0776	90	0,000	1,22	67	7,1	0,0174	0,22	0,00	18,2	0,012	754	0,39	0,00
31000	0,1480	90	0,000	1,57	103	7,1	0,0400	0,27	0,00	15,2	0,018	1061	0,25	0,00
31000	0,1053	90	0,000	1,62	80	7,4	0,0398	0,38	0,00	20,3	0,019	987	0,33	0,00
31000	0,1553	90	0,000	1,62	103	7,5	0,0455	0,29	0,00	15,7	0,019	1131	0,25	0,00
31000	0,1199	90	0,000	1,77	83	8,0	0,0518	0,43	0,00	21,3	0,020	1132	0,31	0,00
31000	0,1280	90	0,000	1,87	86	8,1	0,0595	0,46	0,00	21,7	0,021	1199	0,30	0,00
31000	0,0393	90	0,000	1,02	37	8,8	0,0118	0,30	0,00	27,6	0,011	632	0,70	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31000	0,0682	90	0,000	1,67	50	9,7	0,0419	0,61	0,00	33,4	0,018	1039	0,52	0,00
31000	0,0856	90	0,000	1,97	58	9,8	0,0627	0,73	0,00	34,0	0,022	1220	0,45	0,00
31000	0,0907	90	0,000	2,07	58	10,4	0,0701	0,77	0,00	35,7	0,022	1325	0,45	0,00
31001	0,0773	90	0,001	1,02	78	5,7	0,0085	0,11	0,01	13,1	0,008	590	0,33	0,00
31001	0,0773	75	0,001	1,02	78	5,7	0,0085	0,11	0,01	13,1	0,008	590	0,33	0,00
31001	0,0773	60	0,001	1,02	78	5,7	0,0085	0,11	0,01	13,1	0,008	590	0,33	0,00
31001	0,0773	45	0,002	1,02	78	5,7	0,0069	0,09	0,03	13,1	0,007	590	0,33	0,00
31001	0,1151	90	0,003	1,22	95	6,3	0,0185	0,16	0,03	12,8	0,013	789	0,27	0,00
31001	0,1151	75	0,003	1,22	95	6,3	0,0182	0,16	0,03	12,8	0,012	789	0,27	0,00
31001	0,0390	90	0,001	1,02	37	8,7	0,0124	0,32	0,03	27,6	0,012	627	0,70	0,00
31001	0,0778	90	0,002	1,22	67	7,2	0,0157	0,20	0,03	18,2	0,011	755	0,39	0,00
31001	0,0390	75	0,001	1,02	37	8,7	0,0124	0,32	0,04	27,6	0,012	627	0,70	0,00
31001	0,0778	75	0,003	1,22	67	7,2	0,0154	0,20	0,04	18,2	0,011	755	0,39	0,00
31001	0,1151	60	0,004	1,22	95	6,3	0,0159	0,14	0,05	12,8	0,011	789	0,27	0,00
31001	0,0390	60	0,002	1,02	37	8,7	0,0115	0,29	0,05	27,6	0,011	627	0,70	0,00
31001	0,0778	60	0,003	1,17	67	7,2	0,0142	0,18	0,05	17,5	0,010	740	0,39	0,00
31001	0,1365	90	0,005	1,37	101	6,8	0,0254	0,19	0,05	13,6	0,014	932	0,26	0,00
31001	0,1365	75	0,006	1,32	101	6,8	0,0247	0,18	0,06	13,1	0,014	915	0,26	0,00
31001	0,0773	30	0,005	0,92	78	5,7	0,0050	0,06	0,07	11,8	0,005	560	0,33	0,00
31001	0,1481	90	0,007	1,47	103	7,2	0,0292	0,20	0,07	14,3	0,014	1027	0,25	0,00
31001	0,1481	75	0,008	1,47	103	7,2	0,0282	0,19	0,08	14,3	0,013	1027	0,25	0,00
31001	0,1053	90	0,006	1,52	80	7,4	0,0271	0,26	0,08	19,0	0,014	956	0,33	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31001	0,1365	60	0,008	1,32	101	6,8	0,0208	0,15	0,08	13,1	0,012	915	0,26	0,00
31001	0,0390	45	0,003	1,02	37	8,7	0,0099	0,25	0,08	27,6	0,009	627	0,70	0,00
31001	0,1151	45	0,008	1,12	95	6,3	0,0123	0,11	0,08	11,8	0,009	756	0,27	0,00
31001	0,1552	90	0,009	1,52	103	7,5	0,0314	0,20	0,08	14,8	0,014	1095	0,25	0,00
31001	0,1053	75	0,007	1,47	80	7,4	0,0264	0,25	0,08	18,4	0,014	940	0,33	0,00
31001	0,0778	45	0,006	1,12	67	7,2	0,0120	0,15	0,09	16,7	0,009	724	0,39	0,00
31001	0,1552	75	0,009	1,52	103	7,5	0,0305	0,20	0,09	14,8	0,013	1095	0,25	0,00
31001	0,0679	90	0,005	1,52	50	9,7	0,0256	0,38	0,10	30,4	0,012	987	0,52	0,00
31001	0,1481	60	0,011	1,42	103	7,2	0,0237	0,16	0,10	13,8	0,012	1010	0,25	0,00
31001	0,0679	75	0,005	1,52	50	9,7	0,0242	0,36	0,11	30,4	0,012	987	0,52	0,00
31001	0,1199	90	0,009	1,57	83	8,0	0,0323	0,27	0,11	18,9	0,014	1066	0,31	0,00
31001	0,1053	60	0,009	1,37	80	7,4	0,0223	0,21	0,11	17,1	0,012	907	0,33	0,00
31001	0,1199	75	0,010	1,52	83	8,0	0,0311	0,26	0,12	18,3	0,014	1049	0,31	0,00
31001	0,1552	60	0,012	1,47	103	7,5	0,0260	0,17	0,12	14,3	0,012	1076	0,25	0,00
31001	0,1365	45	0,013	1,22	101	6,8	0,0161	0,12	0,12	12,1	0,010	880	0,26	0,00
31001	0,1280	90	0,011	1,62	86	8,1	0,0356	0,28	0,13	18,8	0,015	1116	0,30	0,00
31001	0,1280	75	0,012	1,62	86	8,1	0,0340	0,27	0,14	18,8	0,014	1116	0,30	0,00
31001	0,0679	60	0,007	1,47	50	9,7	0,0206	0,30	0,14	29,4	0,010	971	0,52	0,00
31001	0,0849	90	0,009	1,62	58	9,7	0,0325	0,38	0,15	27,9	0,014	1098	0,45	0,00
31001	0,1199	60	0,013	1,52	83	8,0	0,0264	0,22	0,15	18,3	0,012	1049	0,31	0,00
31001	0,1151	30	0,015	1,02	95	6,3	0,0088	0,08	0,15	10,7	0,007	721	0,27	0,00
31001	0,1481	45	0,016	1,32	103	7,2	0,0178	0,12	0,15	12,8	0,009	973	0,25	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31001	0,0390	30	0,006	0,92	37	8,7	0,0073	0,19	0,16	24,9	0,007	596	0,70	0,00
31001	0,0849	75	0,009	1,57	58	9,7	0,0311	0,37	0,16	27,1	0,014	1081	0,45	0,00
31001	0,1053	45	0,013	1,32	80	7,4	0,0163	0,15	0,17	16,5	0,009	891	0,33	0,00
31001	0,0778	30	0,011	1,02	67	7,2	0,0073	0,09	0,17	15,2	0,006	691	0,39	0,00
31001	0,0901	90	0,010	1,67	58	10,3	0,0347	0,39	0,17	28,8	0,013	1183	0,45	0,00
31001	0,1280	60	0,015	1,52	86	8,1	0,0278	0,22	0,17	17,7	0,012	1081	0,30	0,00
31001	0,0773	15	0,014	0,82	78	5,7	0,0042	0,05	0,18	10,5	0,005	529	0,33	0,00
31001	0,1552	45	0,019	1,32	103	7,5	0,0187	0,12	0,18	12,8	0,009	1020	0,25	0,00
31001	0,0901	75	0,011	1,62	58	10,3	0,0330	0,37	0,18	27,9	0,013	1165	0,45	0,00
31001	0,0849	60	0,012	1,52	58	9,7	0,0253	0,30	0,20	26,2	0,011	1064	0,45	0,00
31001	0,0679	45	0,010	1,27	50	9,7	0,0150	0,22	0,20	25,4	0,009	902	0,52	0,00
31001	0,1199	45	0,018	1,37	83	8,0	0,0186	0,16	0,22	16,5	0,009	996	0,31	0,00
31001	0,1365	30	0,022	1,12	101	6,8	0,0103	0,08	0,22	11,1	0,007	843	0,26	0,00
31001	0,0901	60	0,013	1,57	58	10,3	0,0267	0,30	0,22	27,1	0,011	1147	0,45	0,00
31001	0,1280	45	0,020	1,42	86	8,1	0,0202	0,16	0,24	16,5	0,010	1045	0,30	0,00
31001	0,0390	15	0,009	0,82	37	8,7	0,0065	0,17	0,24	22,2	0,008	562	0,70	0,00
31001	0,0849	45	0,015	1,47	58	9,7	0,0178	0,21	0,26	25,3	0,008	1046	0,45	0,00
31001	0,1481	30	0,027	1,12	103	7,2	0,0107	0,07	0,26	10,9	0,007	897	0,25	0,00
31001	0,1053	30	0,022	1,12	80	7,4	0,0104	0,10	0,27	14,0	0,007	821	0,33	0,00
31001	0,0901	45	0,017	1,52	58	10,3	0,0187	0,21	0,29	26,2	0,008	1128	0,45	0,00
31001	0,1552	30	0,031	1,22	103	7,5	0,0107	0,07	0,30	11,8	0,006	981	0,25	0,00
31001	0,0679	30	0,015	1,12	50	9,7	0,0110	0,16	0,30	22,4	0,007	847	0,52	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31001	0,1151	15	0,030	0,92	95	6,3	0,0050	0,04	0,32	9,7	0,004	685	0,27	0,00
31001	0,1199	30	0,027	1,22	83	8,0	0,0112	0,09	0,33	14,7	0,006	940	0,31	0,00
31001	0,0778	15	0,022	0,82	67	7,2	0,0055	0,07	0,33	12,2	0,006	619	0,39	0,00
31001	0,0849	30	0,021	1,27	58	9,7	0,0108	0,13	0,35	21,9	0,006	972	0,45	0,00
31001	0,1280	30	0,031	1,22	86	8,1	0,0116	0,09	0,36	14,2	0,006	969	0,30	0,00
31001	0,0679	15	0,019	1,02	50	9,7	0,0076	0,11	0,39	20,4	0,005	809	0,52	0,00
31001	0,0901	30	0,023	1,52	58	10,3	0,0112	0,12	0,39	26,2	0,005	1128	0,45	0,00
31001	0,1365	15	0,043	0,92	101	6,8	0,0063	0,05	0,42	9,1	0,005	764	0,26	0,00
31001	0,1053	15	0,035	0,97	80	7,4	0,0065	0,06	0,43	12,1	0,005	764	0,33	0,00
31001	0,0849	15	0,026	1,22	58	9,7	0,0073	0,09	0,44	21,0	0,004	953	0,45	0,00
31001	0,0901	15	0,028	1,47	58	10,3	0,0081	0,09	0,48	25,3	0,004	1110	0,45	0,00
31001	0,1199	15	0,040	1,02	83	8,0	0,0057	0,05	0,48	12,3	0,004	860	0,31	0,00
31001	0,1481	15	0,050	0,92	103	7,2	0,0055	0,04	0,49	8,9	0,004	813	0,25	0,00
31001	0,1280	15	0,043	1,02	86	8,1	0,0057	0,04	0,50	11,9	0,004	886	0,30	0,00
31001	0,1552	15	0,056	0,92	103	7,5	0,0052	0,03	0,54	8,9	0,004	852	0,25	0,00
31041	0,0772	90	0,006	0,82	78	5,7	0,0249	0,32	0,08	10,5	0,031	528	0,33	0,00
31041	0,1152	90	0,013	0,87	95	6,3	0,0358	0,31	0,13	9,2	0,034	667	0,27	0,00
31041	0,0387	90	0,005	0,82	37	8,7	0,0229	0,59	0,14	22,2	0,027	558	0,70	0,00
31041	0,0774	90	0,010	0,87	67	7,1	0,0316	0,41	0,16	13,0	0,031	635	0,39	0,00
31041	0,1369	90	0,017	1,12	101	6,8	0,0429	0,31	0,17	11,1	0,028	845	0,26	0,00
31041	0,1480	90	0,019	1,17	103	7,1	0,0473	0,32	0,19	11,4	0,028	916	0,25	0,00
31041	0,1553	90	0,022	1,32	103	7,5	0,0500	0,32	0,22	12,8	0,025	1021	0,25	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31041	0,1053	90	0,018	1,32	80	7,4	0,0437	0,42	0,23	16,5	0,025	891	0,33	0,00
31041	0,0682	90	0,013	1,12	50	9,7	0,0368	0,54	0,27	22,4	0,024	851	0,52	0,00
31041	0,1199	90	0,023	1,47	83	8,0	0,0495	0,41	0,28	17,7	0,023	1032	0,31	0,00
31041	0,1280	90	0,026	1,47	86	8,1	0,0529	0,41	0,30	17,1	0,024	1063	0,30	0,00
31041	0,0856	90	0,020	1,47	58	9,8	0,0448	0,52	0,34	25,3	0,021	1054	0,45	0,00
31041	0,0907	90	0,023	1,47	58	10,4	0,0478	0,53	0,39	25,3	0,021	1117	0,45	0,00
31100	0,0765	90	0,000	1,22	78	5,6	0,0088	0,11	0,00	15,6	0,007	638	0,33	0,38
31100	0,1153	90	0,000	1,52	95	6,3	0,0285	0,25	0,00	16,0	0,015	882	0,27	0,32
31100	0,1373	90	0,000	1,77	101	6,8	0,0454	0,33	0,00	17,5	0,019	1066	0,26	0,30
31100	0,0776	90	0,000	1,47	67	7,1	0,0234	0,30	0,00	21,9	0,014	827	0,39	0,45
31100	0,1486	90	0,000	1,87	103	7,2	0,0548	0,37	0,00	18,2	0,020	1162	0,25	0,29
31100	0,1054	90	0,000	1,97	80	7,4	0,0527	0,50	0,00	24,6	0,020	1089	0,33	0,38
31100	0,1566	90	0,000	1,97	103	7,6	0,0630	0,40	0,00	19,1	0,021	1257	0,25	0,29
31100	0,1206	90	0,000	2,07	83	8,1	0,0729	0,60	0,00	24,9	0,024	1232	0,31	0,36
31100	0,1282	90	0,000	2,27	86	8,1	0,0786	0,61	0,00	26,4	0,023	1324	0,30	0,35
31100	0,0384	90	0,000	1,22	37	8,6	0,0145	0,38	0,00	33,0	0,011	676	0,70	0,81
31100	0,0843	90	0,000	2,47	58	9,6	0,0804	0,95	0,00	42,6	0,022	1345	0,45	0,52
31100	0,0679	90	0,000	2,02	50	9,7	0,0545	0,80	0,00	40,4	0,020	1138	0,52	0,60
31100	0,0900	90	0,000	2,57	58	10,3	0,0847	0,94	0,00	44,3	0,021	1466	0,45	0,52
31101	0,0409	90	0,000	1,02	48	6,2	0,0047	0,12	0,01	21,3	0,005	507	0,54	0,63
31101	0,0762	90	0,001	1,22	78	5,6	0,0081	0,11	0,01	15,6	0,007	636	0,33	0,38
31101	0,0762	75	0,001	1,22	78	5,6	0,0081	0,11	0,01	15,6	0,007	636	0,33	0,38

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31101	0,0762	60	0,001	1,17	78	5,6	0,0078	0,10	0,02	15,0	0,007	623	0,33	0,38
31101	0,0762	45	0,002	1,12	78	5,6	0,0065	0,09	0,03	14,4	0,006	609	0,33	0,38
31101	0,0386	90	0,001	1,22	37	8,7	0,0118	0,31	0,03	33,0	0,009	680	0,70	0,81
31101	0,0779	90	0,002	1,42	67	7,2	0,0168	0,22	0,04	21,2	0,010	816	0,39	0,45
31101	0,0386	75	0,001	1,22	37	8,7	0,0114	0,29	0,04	33,0	0,009	680	0,70	0,81
31101	0,1161	90	0,004	1,42	95	6,3	0,0203	0,18	0,04	14,9	0,012	858	0,27	0,32
31101	0,0779	75	0,003	1,42	67	7,2	0,0162	0,21	0,04	21,2	0,010	816	0,39	0,45
31101	0,1161	75	0,004	1,42	95	6,3	0,0195	0,17	0,04	14,9	0,011	858	0,27	0,32
31101	0,0386	60	0,002	1,22	37	8,7	0,0100	0,26	0,05	33,0	0,008	680	0,70	0,81
31101	0,0779	60	0,004	1,37	67	7,2	0,0144	0,19	0,06	20,4	0,009	801	0,39	0,45
31101	0,1161	60	0,005	1,37	95	6,3	0,0168	0,14	0,06	14,4	0,010	843	0,27	0,32
31101	0,0762	30	0,005	1,12	78	5,6	0,0047	0,06	0,07	14,4	0,004	609	0,33	0,38
31101	0,1380	90	0,007	1,52	101	6,9	0,0276	0,20	0,07	15,0	0,013	992	0,26	0,30
31101	0,1380	75	0,007	1,52	101	6,9	0,0267	0,19	0,07	15,0	0,013	992	0,26	0,30
31101	0,0386	45	0,003	1,17	37	8,7	0,0079	0,21	0,07	31,6	0,006	666	0,70	0,81
31101	0,1502	90	0,009	1,62	103	7,3	0,0319	0,21	0,08	15,7	0,013	1094	0,25	0,29
31101	0,1161	45	0,008	1,32	95	6,3	0,0126	0,11	0,09	13,9	0,008	827	0,27	0,32
31101	0,0779	45	0,006	1,32	67	7,2	0,0105	0,14	0,09	19,7	0,007	787	0,39	0,45
31101	0,1059	90	0,007	1,67	80	7,5	0,0282	0,27	0,09	20,9	0,013	1008	0,33	0,38
31101	0,1502	75	0,009	1,62	103	7,3	0,0305	0,20	0,09	15,7	0,013	1094	0,25	0,29
31101	0,1380	60	0,009	1,52	101	6,9	0,0222	0,16	0,09	15,0	0,011	992	0,26	0,30
31101	0,1059	75	0,007	1,67	80	7,5	0,0272	0,26	0,09	20,9	0,012	1008	0,33	0,38

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31101	0,1577	90	0,010	1,67	103	7,6	0,0339	0,22	0,10	16,2	0,013	1166	0,25	0,29
31101	0,1577	75	0,011	1,67	103	7,6	0,0326	0,21	0,11	16,2	0,013	1166	0,25	0,29
31101	0,0680	90	0,005	1,67	50	9,7	0,0246	0,36	0,11	33,4	0,011	1036	0,52	0,60
31101	0,0680	75	0,006	1,62	50	9,7	0,0235	0,35	0,11	32,4	0,011	1020	0,52	0,60
31101	0,1502	60	0,012	1,52	103	7,3	0,0249	0,17	0,12	14,8	0,011	1059	0,25	0,29
31101	0,1059	60	0,009	1,57	80	7,5	0,0226	0,21	0,12	19,6	0,011	977	0,33	0,38
31101	0,1203	90	0,010	1,82	83	8,0	0,0332	0,28	0,12	21,9	0,013	1152	0,31	0,36
31101	0,1203	75	0,010	1,77	83	8,0	0,0321	0,27	0,13	21,3	0,013	1136	0,31	0,36
31101	0,0386	30	0,005	1,12	37	8,7	0,0057	0,15	0,13	30,3	0,005	651	0,70	0,81
31101	0,1380	45	0,013	1,47	101	6,9	0,0161	0,12	0,13	14,6	0,008	976	0,26	0,30
31101	0,1577	60	0,014	1,62	103	7,6	0,0270	0,17	0,13	15,7	0,011	1148	0,25	0,29
31101	0,0680	60	0,007	1,62	50	9,7	0,0187	0,28	0,14	32,4	0,008	1020	0,52	0,60
31101	0,1295	90	0,012	1,87	86	8,2	0,0364	0,28	0,14	21,7	0,013	1214	0,30	0,35
31101	0,0409	15	0,007	0,92	48	6,2	0,0022	0,05	0,14	19,2	0,003	481	0,54	0,63
31101	0,1295	75	0,012	1,87	86	8,2	0,0346	0,27	0,14	21,7	0,012	1214	0,30	0,35
31101	0,0850	90	0,009	1,97	58	9,7	0,0313	0,37	0,15	34,0	0,011	1212	0,45	0,52
31101	0,1161	30	0,014	1,22	95	6,3	0,0071	0,06	0,15	12,8	0,005	795	0,27	0,32
31101	0,1203	60	0,013	1,72	83	8,0	0,0261	0,22	0,15	20,7	0,010	1120	0,31	0,36
31101	0,0779	30	0,010	1,22	67	7,2	0,0061	0,08	0,15	18,2	0,004	756	0,39	0,45
31101	0,0850	75	0,009	1,97	58	9,7	0,0293	0,34	0,15	34,0	0,010	1212	0,45	0,52
31101	0,1059	45	0,013	1,47	80	7,5	0,0156	0,15	0,16	18,4	0,008	946	0,33	0,38
31101	0,1502	45	0,017	1,52	103	7,3	0,0177	0,12	0,16	14,8	0,008	1059	0,25	0,29

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31101	0,0904	90	0,010	2,12	58	10,3	0,0325	0,36	0,17	36,6	0,010	1337	0,45	0,52
31101	0,1295	60	0,015	1,77	86	8,2	0,0278	0,21	0,17	20,6	0,010	1181	0,30	0,35
31101	0,0680	45	0,009	1,57	50	9,7	0,0134	0,20	0,17	31,4	0,006	1004	0,52	0,60
31101	0,0904	75	0,010	2,07	58	10,3	0,0312	0,35	0,17	35,7	0,010	1321	0,45	0,52
31101	0,0850	60	0,010	1,87	58	9,7	0,0226	0,27	0,18	32,2	0,008	1181	0,45	0,52
31101	0,1577	45	0,019	1,52	103	7,6	0,0188	0,12	0,18	14,8	0,008	1112	0,25	0,29
31101	0,0386	15	0,007	1,02	37	8,7	0,0050	0,13	0,18	27,6	0,005	621	0,70	0,81
31101	0,1203	45	0,016	1,62	83	8,0	0,0171	0,14	0,20	19,5	0,007	1087	0,31	0,36
31101	0,0904	60	0,011	1,97	58	10,3	0,0241	0,27	0,20	34,0	0,008	1289	0,45	0,52
31101	0,0762	15	0,016	0,92	78	5,6	0,0035	0,05	0,21	11,8	0,004	552	0,33	0,38
31101	0,0850	45	0,012	1,82	58	9,7	0,0153	0,18	0,21	31,4	0,006	1165	0,45	0,52
31101	0,1380	30	0,021	1,32	101	6,9	0,0087	0,06	0,21	13,1	0,005	925	0,26	0,30
31101	0,1295	45	0,018	1,67	86	8,2	0,0180	0,14	0,21	19,4	0,007	1147	0,30	0,35
31101	0,1059	30	0,017	1,42	80	7,5	0,0078	0,07	0,22	17,8	0,004	929	0,33	0,38
31101	0,0680	30	0,011	1,52	50	9,7	0,0067	0,10	0,22	30,4	0,003	988	0,52	0,60
31101	0,0904	45	0,013	1,92	58	10,3	0,0160	0,18	0,23	33,1	0,005	1272	0,45	0,52
31101	0,0779	15	0,016	1,12	67	7,2	0,0038	0,05	0,24	16,7	0,003	725	0,39	0,45
31101	0,1502	30	0,025	1,37	103	7,3	0,0098	0,07	0,25	13,3	0,005	1006	0,25	0,29
31101	0,0680	15	0,013	1,47	50	9,7	0,0050	0,07	0,25	29,4	0,002	972	0,52	0,60
31101	0,0850	30	0,015	1,77	58	9,7	0,0074	0,09	0,25	30,5	0,003	1149	0,45	0,52
31101	0,1203	30	0,021	1,47	83	8,0	0,0087	0,07	0,26	17,7	0,004	1036	0,31	0,36
31101	0,1577	30	0,028	1,37	103	7,6	0,0100	0,06	0,27	13,3	0,005	1056	0,25	0,29

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31101	0,1059	15	0,022	1,32	80	7,5	0,0047	0,04	0,27	16,5	0,003	896	0,33	0,38
31101	0,0904	30	0,016	1,87	58	10,3	0,0074	0,08	0,28	32,2	0,003	1255	0,45	0,52
31101	0,1295	30	0,024	1,57	86	8,2	0,0082	0,06	0,28	18,3	0,003	1112	0,30	0,35
31101	0,0850	15	0,016	1,67	58	9,7	0,0038	0,05	0,28	28,8	0,002	1116	0,45	0,52
31101	0,1161	15	0,029	1,02	95	6,3	0,0044	0,04	0,30	10,7	0,004	727	0,27	0,32
31101	0,1203	15	0,025	1,42	83	8,0	0,0047	0,04	0,30	17,1	0,002	1018	0,31	0,36
31101	0,0904	15	0,018	1,82	58	10,3	0,0038	0,04	0,31	31,4	0,001	1239	0,45	0,52
31101	0,1295	15	0,028	1,47	86	8,2	0,0038	0,03	0,32	17,1	0,002	1076	0,30	0,35
31101	0,1380	15	0,035	1,12	101	6,9	0,0047	0,03	0,35	11,1	0,003	852	0,26	0,30
31101	0,1502	15	0,038	1,22	103	7,3	0,0050	0,03	0,37	11,8	0,003	949	0,25	0,29
31101	0,1577	15	0,041	1,22	103	7,6	0,0050	0,03	0,40	11,8	0,003	996	0,25	0,29
31141	0,0780	90	0,007	0,97	78	5,7	0,0272	0,35	0,09	12,4	0,028	580	0,33	0,38
31141	0,0414	90	0,004	0,82	48	6,3	0,0210	0,51	0,09	17,1	0,030	460	0,54	0,63
31141	0,0387	90	0,005	0,97	37	8,7	0,0246	0,63	0,14	26,2	0,024	607	0,70	0,81
31141	0,1153	90	0,013	1,17	95	6,3	0,0389	0,34	0,14	12,3	0,027	774	0,27	0,32
31141	0,0776	90	0,011	1,17	67	7,1	0,0347	0,45	0,16	17,5	0,026	738	0,39	0,45
31141	0,1373	90	0,018	1,37	101	6,8	0,0464	0,34	0,18	13,6	0,025	938	0,26	0,30
31141	0,1486	90	0,022	1,57	103	7,2	0,0504	0,34	0,21	15,2	0,022	1065	0,25	0,29
31141	0,1054	90	0,018	1,57	80	7,4	0,0453	0,43	0,23	19,6	0,022	972	0,33	0,38
31141	0,1566	90	0,024	1,72	103	7,6	0,0531	0,34	0,23	16,7	0,020	1175	0,25	0,29
31141	0,0679	90	0,013	1,52	50	9,7	0,0387	0,57	0,26	30,4	0,019	987	0,52	0,60
31141	0,1206	90	0,023	1,72	83	8,1	0,0538	0,45	0,28	20,7	0,022	1123	0,31	0,36

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
31141	0,1282	90	0,026	1,87	86	8,1	0,0551	0,43	0,30	21,7	0,020	1201	0,30	0,35
31141	0,0843	90	0,020	2,02	58	9,6	0,0475	0,56	0,34	34,8	0,016	1217	0,45	0,52
31141	0,0900	90	0,022	2,17	58	10,3	0,0498	0,55	0,38	37,4	0,015	1347	0,45	0,52
32001	0,0772	90	0,001	1,12	78	5,7	0,0094	0,12	0,01	14,4	0,008	617	0,40	0,00
32001	0,0388	90	0,001	1,22	37	8,7	0,0119	0,31	0,03	33,0	0,009	683	0,84	0,00
32001	0,0780	90	0,003	1,32	67	7,2	0,0172	0,22	0,04	19,7	0,011	788	0,46	0,00
32001	0,1152	90	0,004	1,42	95	6,3	0,0210	0,18	0,04	14,9	0,012	852	0,33	0,00
32001	0,1369	90	0,007	1,52	101	6,8	0,0277	0,20	0,07	15,0	0,013	984	0,31	0,00
32001	0,1480	90	0,008	1,62	103	7,1	0,0309	0,21	0,08	15,7	0,013	1078	0,30	0,00
32001	0,1054	90	0,007	1,62	80	7,4	0,0285	0,27	0,09	20,3	0,013	988	0,39	0,00
32001	0,1553	90	0,010	1,72	103	7,5	0,0338	0,22	0,10	16,7	0,013	1165	0,30	0,00
32001	0,0682	90	0,005	1,62	50	9,7	0,0254	0,37	0,11	32,4	0,011	1023	0,62	0,00
32001	0,1199	90	0,010	1,72	83	8,0	0,0331	0,28	0,12	20,7	0,013	1116	0,37	0,00
32001	0,1280	90	0,011	1,77	86	8,1	0,0361	0,28	0,13	20,6	0,014	1167	0,36	0,00
32001	0,0856	90	0,009	1,97	58	9,8	0,0311	0,36	0,15	34,0	0,011	1220	0,53	0,00
32001	0,0907	90	0,010	2,02	58	10,4	0,0329	0,36	0,17	34,8	0,010	1309	0,53	0,00
32041	0,0772	90	0,007	1,02	78	5,7	0,0273	0,35	0,09	13,1	0,027	589	0,40	0,00
32041	0,1152	90	0,015	1,22	95	6,3	0,0398	0,35	0,15	12,8	0,027	789	0,33	0,00
32041	0,0780	90	0,011	1,02	67	7,2	0,0349	0,45	0,17	15,2	0,029	692	0,46	0,00
32041	0,0388	90	0,007	0,82	37	8,7	0,0254	0,65	0,18	22,2	0,030	560	0,84	0,00
32041	0,1369	90	0,020	1,32	101	6,8	0,0477	0,35	0,20	13,1	0,027	917	0,31	0,00
32041	0,1480	90	0,023	1,47	103	7,1	0,0518	0,35	0,23	14,3	0,025	1026	0,30	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
32041	0,1054	90	0,020	1,17	80	7,4	0,0463	0,44	0,25	14,6	0,030	839	0,39	0,00
32041	0,1553	90	0,026	1,52	103	7,5	0,0547	0,35	0,25	14,8	0,024	1095	0,30	0,00
32041	0,0682	90	0,015	1,17	50	9,7	0,0398	0,58	0,30	23,4	0,025	869	0,62	0,00
32041	0,1199	90	0,025	1,32	83	8,0	0,0532	0,44	0,30	15,9	0,028	978	0,37	0,00
32041	0,1280	90	0,028	1,52	86	8,1	0,0565	0,44	0,33	17,7	0,025	1081	0,36	0,00
32041	0,0856	90	0,022	1,32	58	9,8	0,0482	0,56	0,37	22,8	0,025	999	0,53	0,00
32041	0,0907	90	0,024	1,42	58	10,4	0,0511	0,56	0,41	24,5	0,023	1098	0,53	0,00
32101	0,0773	90	0,001	1,32	78	5,7	0,0082	0,11	0,01	16,9	0,006	671	0,40	0,38
32101	0,0386	90	0,001	1,37	37	8,6	0,0079	0,21	0,03	37,0	0,006	719	0,84	0,81
32101	0,0781	90	0,003	1,57	67	7,2	0,0173	0,22	0,05	23,4	0,009	861	0,46	0,45
32101	0,1155	90	0,005	1,62	95	6,3	0,0220	0,19	0,05	17,1	0,011	912	0,33	0,32
32101	0,1376	90	0,008	1,82	101	6,8	0,0288	0,21	0,08	18,0	0,012	1083	0,31	0,30
32101	0,1497	90	0,010	1,92	103	7,2	0,0324	0,22	0,10	18,6	0,012	1187	0,30	0,29
32101	0,1063	90	0,008	1,97	80	7,5	0,0286	0,27	0,10	24,6	0,011	1099	0,39	0,38
32101	0,0681	90	0,005	2,02	50	9,7	0,0233	0,34	0,10	40,4	0,008	1141	0,62	0,60
32101	0,1574	90	0,011	2,02	103	7,6	0,0354	0,23	0,11	19,6	0,011	1280	0,30	0,29
32101	0,1196	90	0,010	2,07	83	8,0	0,0330	0,28	0,12	24,9	0,011	1221	0,37	0,36
32101	0,1287	90	0,011	2,12	86	8,1	0,0356	0,28	0,13	24,7	0,011	1283	0,36	0,35
32101	0,0844	90	0,008	2,32	58	9,6	0,0283	0,34	0,13	40,0	0,008	1305	0,53	0,52
32101	0,0899	90	0,009	2,47	58	10,3	0,0300	0,33	0,15	42,6	0,008	1435	0,53	0,52
32141	0,0770	90	0,007	1,17	78	5,6	0,0298	0,39	0,09	15,0	0,026	629	0,40	0,38
32141	0,0391	90	0,005	1,17	37	8,8	0,0236	0,60	0,13	31,6	0,019	674	0,84	0,81

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
32141	0,1155	90	0,015	1,52	95	6,3	0,0418	0,36	0,16	16,0	0,023	883	0,33	0,32
32141	0,0781	90	0,011	1,37	67	7,2	0,0355	0,45	0,17	20,4	0,022	804	0,46	0,45
32141	0,1376	90	0,021	1,62	101	6,8	0,0488	0,35	0,21	16,0	0,022	1022	0,31	0,30
32141	0,1497	90	0,024	1,67	103	7,2	0,0529	0,35	0,24	16,2	0,022	1107	0,30	0,29
32141	0,1063	90	0,019	1,72	80	7,5	0,0467	0,44	0,24	21,5	0,020	1027	0,39	0,38
32141	0,1574	90	0,027	1,77	103	7,6	0,0557	0,35	0,26	17,2	0,021	1198	0,30	0,29
32141	0,0681	90	0,013	1,62	50	9,7	0,0390	0,57	0,27	32,4	0,018	1022	0,62	0,60
32141	0,1196	90	0,024	1,87	83	8,0	0,0525	0,44	0,29	22,5	0,019	1161	0,37	0,36
32141	0,1287	90	0,027	2,02	86	8,1	0,0561	0,44	0,32	23,5	0,019	1253	0,36	0,35
32141	0,0844	90	0,019	2,07	58	9,6	0,0468	0,55	0,33	35,7	0,016	1233	0,53	0,52
32141	0,0899	90	0,021	2,37	58	10,3	0,0492	0,55	0,37	40,9	0,013	1406	0,53	0,52
33001	0,0771	90	0,001	1,52	78	5,7	0,0126	0,16	0,02	19,5	0,008	718	0,46	0,00
33001	0,0390	90	0,001	1,57	37	8,7	0,0136	0,35	0,04	42,4	0,008	778	0,97	0,00
33001	0,0782	90	0,004	1,82	67	7,2	0,0208	0,27	0,06	27,2	0,010	928	0,54	0,00
33001	0,1152	90	0,006	1,82	95	6,3	0,0255	0,22	0,06	19,2	0,012	964	0,38	0,00
33001	0,1369	90	0,009	2,02	101	6,8	0,0317	0,23	0,09	20,0	0,012	1135	0,36	0,00
33001	0,1054	90	0,008	2,17	80	7,4	0,0294	0,28	0,10	27,1	0,010	1143	0,45	0,00
33001	0,0682	90	0,005	2,12	50	9,7	0,0240	0,35	0,10	42,4	0,008	1170	0,72	0,00
33001	0,1480	90	0,010	2,17	103	7,1	0,0346	0,23	0,10	21,1	0,011	1247	0,35	0,00
33001	0,1553	90	0,011	2,22	103	7,5	0,0359	0,23	0,11	21,6	0,011	1324	0,35	0,00
33001	0,1199	90	0,009	2,47	83	8,0	0,0320	0,27	0,11	29,8	0,009	1338	0,43	0,00
33001	0,0856	90	0,007	2,52	58	9,8	0,0277	0,32	0,12	43,4	0,007	1380	0,62	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
33001	0,1280	90	0,010	2,57	86	8,1	0,0339	0,26	0,12	29,9	0,009	1406	0,42	0,00
33001	0,0907	90	0,007	2,62	58	10,4	0,0289	0,32	0,13	45,2	0,007	1491	0,62	0,00
33041	0,0774	90	0,008	1,22	78	5,7	0,0292	0,38	0,10	15,6	0,024	646	0,46	0,00
33041	0,0390	90	0,006	0,82	37	8,7	0,0255	0,65	0,15	22,2	0,030	562	0,97	0,00
33041	0,1152	90	0,015	1,42	95	6,3	0,0405	0,35	0,16	14,9	0,024	852	0,38	0,00
33041	0,0772	90	0,011	1,32	67	7,1	0,0352	0,46	0,17	19,7	0,023	780	0,54	0,00
33041	0,1369	90	0,020	1,52	101	6,8	0,0477	0,35	0,20	15,0	0,023	984	0,36	0,00
33041	0,1480	90	0,023	1,62	103	7,1	0,0518	0,35	0,22	15,7	0,022	1078	0,35	0,00
33041	0,1054	90	0,019	1,62	80	7,4	0,0465	0,44	0,24	20,3	0,022	988	0,45	0,00
33041	0,1553	90	0,026	1,72	103	7,5	0,0545	0,35	0,25	16,7	0,021	1165	0,35	0,00
33041	0,0682	90	0,014	1,22	50	9,7	0,0394	0,58	0,27	24,4	0,024	888	0,72	0,00
33041	0,1199	90	0,024	1,72	83	8,0	0,0524	0,44	0,29	20,7	0,021	1116	0,43	0,00
33041	0,1280	90	0,027	1,82	86	8,1	0,0556	0,43	0,32	21,2	0,021	1183	0,42	0,00
33041	0,0856	90	0,020	1,42	58	9,8	0,0478	0,56	0,34	24,5	0,023	1036	0,62	0,00
33041	0,0907	90	0,023	1,72	58	10,4	0,0506	0,56	0,39	29,7	0,019	1208	0,62	0,00
33101	0,0417	90	0,001	1,52	48	6,3	0,0091	0,22	0,01	31,7	0,007	632	0,75	0,63
33101	0,0780	90	0,002	1,72	78	5,7	0,0162	0,21	0,03	22,1	0,009	772	0,46	0,38
33101	0,0393	90	0,002	1,77	37	8,8	0,0139	0,35	0,05	47,8	0,007	834	0,97	0,81
33101	0,0790	90	0,004	2,07	67	7,3	0,0223	0,28	0,06	30,9	0,009	999	0,54	0,45
33101	0,1166	90	0,006	2,12	95	6,4	0,0269	0,23	0,07	22,3	0,010	1053	0,38	0,32
33101	0,1377	90	0,009	2,42	101	6,9	0,0317	0,23	0,09	24,0	0,010	1250	0,36	0,30
33101	0,1064	90	0,007	2,62	80	7,5	0,0285	0,27	0,09	32,8	0,008	1268	0,45	0,38

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
33101	0,0686	90	0,005	2,72	50	9,8	0,0226	0,33	0,09	54,4	0,006	1334	0,72	0,60
33101	0,1495	90	0,010	2,52	103	7,2	0,0341	0,23	0,10	24,5	0,009	1358	0,35	0,29
33101	0,0851	90	0,006	2,92	58	9,7	0,0260	0,30	0,10	50,3	0,006	1478	0,62	0,52
33101	0,1210	90	0,009	2,82	83	8,1	0,0309	0,26	0,10	34,0	0,008	1442	0,43	0,36
33101	0,1575	90	0,011	2,67	103	7,6	0,0352	0,22	0,11	25,9	0,009	1473	0,35	0,29
33101	0,1288	90	0,009	2,92	86	8,2	0,0327	0,25	0,11	34,0	0,007	1508	0,42	0,35
33101	0,0904	90	0,006	2,92	58	10,3	0,0268	0,30	0,11	50,3	0,006	1569	0,62	0,52
33141	0,0417	90	0,004	1,42	48	6,3	0,0217	0,52	0,09	29,6	0,018	611	0,75	0,63
33141	0,0780	90	0,008	1,52	78	5,7	0,0291	0,37	0,10	19,5	0,019	726	0,46	0,38
33141	0,0393	90	0,005	1,52	37	8,8	0,0245	0,62	0,13	41,1	0,015	773	0,97	0,81
33141	0,0790	90	0,010	1,72	67	7,3	0,0342	0,43	0,15	25,7	0,017	911	0,54	0,45
33141	0,1166	90	0,015	1,72	95	6,4	0,0408	0,35	0,16	18,1	0,019	948	0,38	0,32
33141	0,1377	90	0,020	1,97	101	6,9	0,0478	0,35	0,20	19,5	0,018	1128	0,36	0,30
33141	0,1064	90	0,017	2,07	80	7,5	0,0440	0,41	0,22	25,9	0,016	1127	0,45	0,38
33141	0,1495	90	0,023	2,07	103	7,2	0,0513	0,34	0,22	20,1	0,017	1230	0,35	0,29
33141	0,0686	90	0,012	2,32	50	9,8	0,0363	0,53	0,23	46,4	0,011	1232	0,72	0,60
33141	0,1575	90	0,025	2,17	103	7,6	0,0537	0,34	0,25	21,1	0,016	1328	0,35	0,29
33141	0,1210	90	0,021	2,37	83	8,1	0,0490	0,41	0,26	28,6	0,014	1322	0,43	0,36
33141	0,1288	90	0,024	2,82	86	8,2	0,0524	0,41	0,28	32,8	0,012	1481	0,42	0,35
33141	0,0851	90	0,016	2,82	58	9,7	0,0428	0,50	0,28	48,6	0,010	1452	0,62	0,52
33141	0,0904	90	0,018	2,92	58	10,3	0,0452	0,50	0,31	50,3	0,010	1569	0,62	0,52
34001	0,0774	90	0,002	1,72	78	5,7	0,0154	0,20	0,03	22,1	0,009	767	0,56	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
34001	0,0390	90	0,002	1,72	37	8,7	0,0147	0,38	0,05	46,5	0,008	814	1,19	0,00
34001	0,0776	90	0,004	2,02	67	7,1	0,0212	0,27	0,06	30,1	0,009	970	0,66	0,00
34001	0,1152	90	0,007	2,02	95	6,3	0,0252	0,22	0,07	21,3	0,010	1016	0,46	0,00
34001	0,1054	90	0,007	2,42	80	7,4	0,0259	0,25	0,09	30,3	0,008	1207	0,55	0,00
34001	0,1369	90	0,009	2,32	101	6,8	0,0289	0,21	0,09	23,0	0,009	1216	0,44	0,00
34001	0,0677	90	0,005	2,52	50	9,7	0,0223	0,33	0,09	50,4	0,007	1266	0,88	0,00
34001	0,1480	90	0,010	2,52	103	7,1	0,0307	0,21	0,10	24,5	0,008	1344	0,43	0,00
34001	0,1199	90	0,008	2,72	83	8,0	0,0280	0,23	0,10	32,8	0,007	1404	0,53	0,00
34001	0,0856	90	0,006	2,82	58	9,8	0,0242	0,28	0,11	48,6	0,006	1460	0,76	0,00
34001	0,1280	90	0,009	2,92	86	8,1	0,0293	0,23	0,11	34,0	0,007	1499	0,51	0,00
34001	0,1553	90	0,011	2,62	103	7,5	0,0318	0,20	0,11	25,4	0,008	1438	0,43	0,00
34001	0,0907	90	0,007	2,92	58	10,4	0,0251	0,28	0,11	50,3	0,005	1574	0,76	0,00
34041	0,0772	90	0,008	1,22	78	5,7	0,0305	0,40	0,11	15,6	0,025	644	0,56	0,00
34041	0,0390	90	0,005	0,92	37	8,7	0,0236	0,60	0,13	24,9	0,024	596	1,19	0,00
34041	0,0776	90	0,011	1,47	67	7,1	0,0347	0,45	0,16	21,9	0,020	827	0,66	0,00
34041	0,1152	90	0,016	1,52	95	6,3	0,0414	0,36	0,16	16,0	0,022	881	0,46	0,00
34041	0,1369	90	0,021	1,62	101	6,8	0,0478	0,35	0,21	16,0	0,022	1016	0,44	0,00
34041	0,1054	90	0,019	1,62	80	7,4	0,0453	0,43	0,23	20,3	0,021	988	0,55	0,00
34041	0,1480	90	0,024	1,72	103	7,1	0,0517	0,35	0,24	16,7	0,021	1110	0,43	0,00
34041	0,0682	90	0,013	1,42	50	9,7	0,0380	0,56	0,25	28,4	0,020	958	0,88	0,00
34041	0,1553	90	0,026	1,82	103	7,5	0,0542	0,35	0,26	17,7	0,020	1199	0,43	0,00
34041	0,1199	90	0,023	1,82	83	8,0	0,0510	0,43	0,28	21,9	0,019	1148	0,53	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
34041	0,1280	90	0,026	1,87	86	8,1	0,0545	0,43	0,31	21,7	0,020	1199	0,51	0,00
34041	0,0856	90	0,018	1,62	58	9,8	0,0456	0,53	0,32	27,9	0,019	1107	0,76	0,00
34041	0,0907	90	0,021	1,82	58	10,4	0,0479	0,53	0,36	31,4	0,017	1243	0,76	0,00
34101	0,0412	90	0,001	1,72	48	6,2	0,0103	0,25	0,02	35,8	0,007	663	0,92	0,63
34101	0,0777	90	0,003	1,92	78	5,7	0,0183	0,24	0,04	24,6	0,010	813	0,56	0,38
34101	0,0390	90	0,002	1,97	37	8,7	0,0133	0,34	0,05	53,2	0,006	872	1,19	0,81
34101	0,0783	90	0,004	2,32	67	7,2	0,0216	0,28	0,06	34,6	0,008	1049	0,66	0,45
34101	0,1162	90	0,006	2,37	95	6,3	0,0265	0,23	0,07	24,9	0,009	1109	0,46	0,32
34101	0,1382	90	0,008	2,67	101	6,9	0,0306	0,22	0,08	26,4	0,008	1317	0,44	0,30
34101	0,1063	90	0,006	2,82	80	7,5	0,0264	0,25	0,08	35,3	0,007	1315	0,55	0,38
34101	0,0683	90	0,004	2,82	50	9,8	0,0208	0,30	0,08	56,4	0,005	1351	0,88	0,60
34101	0,1210	90	0,007	2,92	83	8,1	0,0288	0,24	0,09	35,2	0,007	1467	0,53	0,36
34101	0,1500	90	0,009	2,92	103	7,2	0,0322	0,21	0,09	28,3	0,008	1466	0,43	0,29
34101	0,0852	90	0,005	2,92	58	9,7	0,0242	0,28	0,09	50,3	0,006	1479	0,76	0,52
34101	0,1578	90	0,009	2,92	103	7,6	0,0337	0,21	0,09	28,3	0,008	1542	0,43	0,29
34101	0,1299	90	0,008	2,92	86	8,2	0,0304	0,23	0,09	34,0	0,007	1520	0,51	0,35
34101	0,0903	90	0,006	2,92	58	10,3	0,0251	0,28	0,10	50,3	0,006	1567	0,76	0,52
34141	0,0412	90	0,004	1,57	48	6,3	0,0208	0,51	0,08	32,7	0,015	634	0,92	0,63
34141	0,0780	90	0,008	1,72	78	5,7	0,0300	0,39	0,10	22,1	0,017	772	0,56	0,38
34141	0,0388	90	0,004	1,67	37	8,7	0,0230	0,59	0,12	45,1	0,013	799	1,19	0,81
34141	0,0783	90	0,010	2,07	67	7,2	0,0329	0,42	0,14	30,9	0,014	991	0,66	0,45
34141	0,1162	90	0,014	2,12	95	6,3	0,0406	0,35	0,15	22,3	0,016	1049	0,46	0,32

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
34141	0,1382	90	0,018	2,47	101	6,9	0,0460	0,33	0,18	24,5	0,014	1267	0,44	0,30
34141	0,1063	90	0,015	2,47	80	7,5	0,0414	0,39	0,19	30,9	0,013	1230	0,55	0,38
34141	0,0683	90	0,010	2,52	50	9,8	0,0340	0,50	0,20	50,4	0,010	1278	0,88	0,60
34141	0,1500	90	0,021	2,67	103	7,2	0,0489	0,33	0,20	25,9	0,013	1402	0,43	0,29
34141	0,1578	90	0,023	2,82	103	7,6	0,0511	0,32	0,22	27,4	0,012	1516	0,43	0,29
34141	0,1210	90	0,018	2,77	83	8,1	0,0455	0,38	0,22	33,4	0,011	1429	0,53	0,36
34141	0,0852	90	0,013	2,92	58	9,7	0,0390	0,46	0,23	50,3	0,009	1479	0,76	0,52
34141	0,1299	90	0,020	2,92	86	8,2	0,0480	0,37	0,24	34,0	0,011	1520	0,51	0,35
34141	0,0903	90	0,015	2,92	58	10,3	0,0407	0,45	0,26	50,3	0,009	1567	0,76	0,52
40101	0,0388	90	0,000	0,62	39	8,1	0,0038	0,10	0,00	15,9	0,006	462	0,00	0,77
40101	0,0813	90	0,000	0,62	67	7,5	0,0052	0,06	0,00	9,3	0,007	563	0,00	0,45
40101	0,1123	90	0,001	0,67	82	7,6	0,0082	0,07	0,01	8,2	0,009	660	0,00	0,37
40101	0,0383	90	0,000	0,62	34	9,8	0,0065	0,17	0,01	18,2	0,009	523	0,00	0,88
40101	0,0791	90	0,001	0,67	60	8,6	0,0091	0,12	0,01	11,2	0,010	635	0,00	0,50
40101	0,1330	90	0,001	0,72	90	7,9	0,0123	0,09	0,01	8,0	0,012	739	0,00	0,33
40101	0,1460	90	0,002	0,77	94	8,1	0,0148	0,10	0,02	8,2	0,012	803	0,00	0,32
40101	0,1040	90	0,002	0,77	67	9,6	0,0156	0,15	0,03	11,5	0,013	803	0,00	0,45
40101	0,1142	90	0,003	0,82	71	9,6	0,0176	0,15	0,04	11,5	0,013	858	0,00	0,42
40101	0,0661	90	0,002	0,72	43	11,8	0,0168	0,25	0,05	16,7	0,015	769	0,00	0,70
40101	0,0768	90	0,003	0,82	49	11,3	0,0210	0,27	0,07	16,7	0,016	836	0,00	0,61
41000	0,0826	90	0,000	1,32	67	7,6	0,0240	0,29	0,00	19,7	0,015	834	0,39	0,00
41000	0,1128	90	0,000	1,57	82	7,7	0,0391	0,35	0,00	19,1	0,018	1016	0,32	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41000	0,1335	90	0,000	1,62	90	7,9	0,0518	0,39	0,00	18,0	0,022	1113	0,29	0,00
41000	0,1473	90	0,000	1,67	94	8,2	0,0601	0,41	0,00	17,8	0,023	1193	0,28	0,00
41000	0,0399	90	0,000	1,27	39	8,3	0,0159	0,40	0,00	32,6	0,012	679	0,67	0,00
41000	0,0791	90	0,000	1,57	60	8,6	0,0377	0,48	0,00	26,2	0,018	973	0,43	0,00
41000	0,1046	90	0,000	1,87	67	9,6	0,0600	0,57	0,00	27,9	0,021	1257	0,39	0,00
41000	0,1159	90	0,000	2,02	71	9,8	0,0697	0,60	0,00	28,5	0,021	1366	0,37	0,00
41000	0,0388	90	0,000	1,52	34	9,9	0,0246	0,63	0,00	44,7	0,014	830	0,76	0,00
41000	0,0780	90	0,000	2,22	49	11,5	0,0727	0,93	0,00	45,3	0,021	1398	0,53	0,00
41000	0,0663	90	0,000	2,02	43	11,9	0,0577	0,87	0,00	47,0	0,019	1291	0,60	0,00
41001	0,0407	90	0,001	1,22	39	8,4	0,0126	0,31	0,04	31,3	0,010	680	0,67	0,00
41001	0,0407	75	0,002	1,22	39	8,4	0,0116	0,28	0,04	31,3	0,009	680	0,67	0,00
41001	0,0828	90	0,003	1,37	67	7,6	0,0182	0,22	0,05	20,4	0,011	852	0,39	0,00
41001	0,0828	75	0,003	1,37	67	7,6	0,0174	0,21	0,05	20,4	0,010	852	0,39	0,00
41001	0,0407	60	0,002	1,22	39	8,4	0,0099	0,24	0,06	31,3	0,008	680	0,67	0,00
41001	0,0828	60	0,004	1,32	67	7,6	0,0156	0,19	0,06	19,7	0,010	836	0,39	0,00
41001	0,1132	90	0,006	1,52	82	7,7	0,0262	0,23	0,07	18,5	0,012	1003	0,32	0,00
41001	0,0397	90	0,002	1,42	34	10,1	0,0168	0,42	0,07	41,8	0,010	820	0,76	0,00
41001	0,0398	90	0,002	1,32	34	10,1	0,0160	0,40	0,07	38,8	0,010	792	0,76	0,00
41001	0,1132	75	0,006	1,47	82	7,7	0,0248	0,22	0,07	17,9	0,012	986	0,32	0,00
41001	0,0397	75	0,003	1,37	34	10,1	0,0160	0,40	0,08	40,3	0,010	805	0,76	0,00
41001	0,0398	75	0,003	1,32	34	10,1	0,0156	0,39	0,08	38,8	0,010	792	0,76	0,00
41001	0,0790	90	0,005	1,47	60	8,6	0,0230	0,29	0,08	24,5	0,012	940	0,43	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41001	0,0790	75	0,005	1,42	60	8,6	0,0222	0,28	0,09	23,7	0,012	924	0,43	0,00
41001	0,0407	45	0,003	1,12	39	8,4	0,0079	0,19	0,09	28,7	0,007	651	0,67	0,00
41001	0,1331	90	0,008	1,57	90	7,9	0,0313	0,23	0,09	17,4	0,013	1092	0,29	0,00
41001	0,1132	60	0,008	1,47	82	7,7	0,0211	0,19	0,10	17,9	0,010	986	0,32	0,00
41001	0,1331	75	0,009	1,57	90	7,9	0,0300	0,23	0,10	17,4	0,013	1092	0,29	0,00
41001	0,0828	45	0,007	1,27	67	7,6	0,0122	0,15	0,10	19,0	0,008	820	0,39	0,00
41001	0,0398	60	0,003	1,27	34	10,1	0,0129	0,33	0,10	37,4	0,009	777	0,76	0,00
41001	0,0397	60	0,003	1,32	34	10,1	0,0141	0,35	0,10	38,8	0,009	791	0,76	0,00
41001	0,1478	90	0,010	1,67	94	8,2	0,0343	0,23	0,11	17,8	0,013	1197	0,28	0,00
41001	0,0790	60	0,007	1,37	60	8,6	0,0180	0,23	0,11	22,8	0,010	908	0,43	0,00
41001	0,1478	75	0,011	1,62	94	8,2	0,0329	0,22	0,12	17,2	0,013	1179	0,28	0,00
41001	0,1040	90	0,009	1,57	67	9,6	0,0314	0,30	0,13	23,4	0,013	1147	0,39	0,00
41001	0,1331	60	0,012	1,52	90	7,9	0,0243	0,18	0,13	16,9	0,011	1074	0,29	0,00
41001	0,1040	75	0,009	1,57	67	9,6	0,0295	0,28	0,14	23,4	0,012	1147	0,39	0,00
41001	0,0790	45	0,009	1,32	60	8,6	0,0130	0,17	0,14	22,0	0,008	891	0,43	0,00
41001	0,1132	45	0,012	1,37	82	7,7	0,0156	0,14	0,14	16,7	0,008	952	0,32	0,00
41001	0,1137	90	0,010	1,67	71	9,6	0,0345	0,30	0,15	23,5	0,013	1220	0,37	0,00
41001	0,0398	45	0,005	1,22	34	10,1	0,0094	0,24	0,15	35,9	0,007	761	0,76	0,00
41001	0,0397	45	0,005	1,22	34	10,1	0,0117	0,29	0,15	35,9	0,008	760	0,76	0,00
41001	0,0669	90	0,007	1,62	43	12,0	0,0272	0,41	0,15	37,7	0,011	1167	0,60	0,00
41001	0,0669	90	0,007	1,52	43	12,0	0,0276	0,41	0,15	35,3	0,012	1130	0,60	0,00
41001	0,1137	75	0,011	1,62	71	9,6	0,0324	0,28	0,16	22,8	0,012	1202	0,37	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41001	0,0407	30	0,006	1,07	39	8,4	0,0050	0,12	0,16	27,4	0,004	636	0,67	0,00
41001	0,1478	60	0,015	1,52	94	8,2	0,0272	0,18	0,16	16,2	0,011	1142	0,28	0,00
41001	0,0669	75	0,007	1,52	43	12,0	0,0262	0,39	0,16	35,3	0,011	1130	0,60	0,00
41001	0,0669	75	0,007	1,57	43	12,0	0,0262	0,39	0,16	36,5	0,011	1149	0,60	0,00
41001	0,1040	60	0,012	1,52	67	9,6	0,0236	0,23	0,17	22,7	0,010	1128	0,39	0,00
41001	0,0774	90	0,009	1,72	49	11,4	0,0310	0,40	0,17	35,1	0,011	1221	0,53	0,00
41001	0,0828	30	0,012	1,12	67	7,6	0,0082	0,10	0,18	16,7	0,006	770	0,39	0,00
41001	0,0780	90	0,009	1,62	49	11,5	0,0312	0,40	0,18	33,1	0,012	1195	0,53	0,00
41001	0,0774	75	0,009	1,62	49	11,4	0,0293	0,38	0,18	33,1	0,011	1185	0,53	0,00
41001	0,0669	60	0,008	1,52	43	12,0	0,0211	0,32	0,19	35,3	0,009	1130	0,60	0,00
41001	0,1331	45	0,017	1,42	90	7,9	0,0170	0,13	0,19	15,8	0,008	1038	0,29	0,00
41001	0,0780	75	0,009	1,62	49	11,5	0,0297	0,38	0,19	33,1	0,012	1195	0,53	0,00
41001	0,1137	60	0,014	1,52	71	9,6	0,0260	0,23	0,20	21,4	0,011	1164	0,37	0,00
41001	0,0669	60	0,008	1,47	43	12,0	0,0211	0,32	0,20	34,2	0,009	1111	0,60	0,00
41001	0,0774	60	0,010	1,52	49	11,4	0,0232	0,30	0,21	31,0	0,010	1148	0,53	0,00
41001	0,0398	30	0,007	1,12	34	10,1	0,0059	0,15	0,22	32,9	0,005	730	0,76	0,00
41001	0,1478	45	0,021	1,47	94	8,2	0,0188	0,13	0,22	15,6	0,008	1123	0,28	0,00
41001	0,0397	30	0,008	1,12	34	10,1	0,0079	0,20	0,22	32,9	0,006	728	0,76	0,00
41001	0,0780	60	0,012	1,57	49	11,5	0,0227	0,29	0,24	32,0	0,009	1176	0,53	0,00
41001	0,1040	45	0,016	1,42	67	9,6	0,0161	0,15	0,24	21,2	0,007	1090	0,39	0,00
41001	0,1132	30	0,020	1,22	82	7,7	0,0094	0,08	0,24	14,9	0,006	899	0,32	0,00
41001	0,0407	15	0,010	0,92	39	8,4	0,0042	0,10	0,24	23,6	0,004	590	0,67	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41001	0,0669	45	0,011	1,42	43	12,0	0,0149	0,22	0,26	33,0	0,007	1092	0,60	0,00
41001	0,0790	30	0,015	1,17	60	8,6	0,0063	0,08	0,26	19,5	0,004	839	0,43	0,00
41001	0,1137	45	0,019	1,47	71	9,6	0,0175	0,15	0,26	20,7	0,007	1145	0,37	0,00
41001	0,0669	45	0,011	1,47	43	12,0	0,0142	0,21	0,27	34,2	0,006	1111	0,60	0,00
41001	0,0398	15	0,009	1,07	34	10,1	0,0047	0,12	0,28	31,5	0,004	713	0,76	0,00
41001	0,0397	15	0,010	1,02	34	10,1	0,0061	0,15	0,29	30,0	0,005	695	0,76	0,00
41001	0,1331	30	0,027	1,22	90	7,9	0,0095	0,07	0,30	13,6	0,005	962	0,29	0,00
41001	0,0774	45	0,015	1,42	49	11,4	0,0144	0,19	0,30	29,0	0,006	1109	0,53	0,00
41001	0,0780	45	0,015	1,52	49	11,5	0,0135	0,17	0,31	31,0	0,006	1157	0,53	0,00
41001	0,1040	30	0,022	1,27	67	9,6	0,0071	0,07	0,34	19,0	0,004	1031	0,39	0,00
41001	0,1478	30	0,032	1,27	94	8,2	0,0103	0,07	0,34	13,5	0,005	1044	0,28	0,00
41001	0,0828	15	0,023	0,92	67	7,6	0,0057	0,07	0,34	13,7	0,005	698	0,39	0,00
41001	0,0669	30	0,015	1,22	43	12,0	0,0078	0,12	0,34	28,4	0,004	1013	0,60	0,00
41001	0,0669	30	0,016	1,27	43	12,0	0,0082	0,12	0,36	29,5	0,004	1033	0,60	0,00
41001	0,1137	30	0,026	1,27	71	9,6	0,0085	0,08	0,36	17,9	0,004	1064	0,37	0,00
41001	0,0790	15	0,022	1,02	60	8,6	0,0038	0,05	0,37	17,0	0,003	783	0,43	0,00
41001	0,0774	30	0,019	1,37	49	11,4	0,0061	0,08	0,39	28,0	0,003	1089	0,53	0,00
41001	0,0780	30	0,020	1,37	49	11,5	0,0063	0,08	0,40	28,0	0,003	1098	0,53	0,00
41001	0,1132	15	0,034	1,02	82	7,7	0,0061	0,05	0,41	12,4	0,004	822	0,32	0,00
41001	0,0669	15	0,018	1,22	43	12,0	0,0055	0,08	0,41	28,4	0,003	1013	0,60	0,00
41001	0,1040	15	0,029	1,17	67	9,6	0,0022	0,02	0,44	17,5	0,001	990	0,39	0,00
41001	0,0669	15	0,019	1,12	43	12,0	0,0055	0,08	0,44	26,0	0,003	970	0,60	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41001	0,1137	15	0,033	1,22	71	9,6	0,0016	0,01	0,47	17,2	0,001	1043	0,37	0,00
41001	0,0774	15	0,023	1,22	49	11,4	0,0044	0,06	0,48	24,9	0,002	1028	0,53	0,00
41001	0,0780	15	0,023	1,22	49	11,5	0,0042	0,05	0,48	24,9	0,002	1037	0,53	0,00
41001	0,1331	15	0,045	1,02	90	7,9	0,0052	0,04	0,50	11,3	0,003	880	0,29	0,00
41001	0,1478	15	0,052	1,02	94	8,2	0,0044	0,03	0,55	10,9	0,003	935	0,28	0,00
41041	0,0397	90	0,006	0,82	39	8,2	0,0237	0,60	0,15	21,0	0,028	543	0,67	0,00
41041	0,0391	90	0,006	1,02	34	9,9	0,0239	0,61	0,18	30,0	0,020	684	0,76	0,00
41041	0,0808	90	0,013	0,82	67	7,4	0,0342	0,42	0,20	12,2	0,035	644	0,39	0,00
41041	0,1110	90	0,019	1,07	82	7,5	0,0419	0,38	0,23	13,0	0,029	825	0,32	0,00
41041	0,0782	90	0,016	1,07	60	8,5	0,0375	0,48	0,26	17,8	0,027	795	0,43	0,00
41041	0,1336	90	0,024	1,12	90	7,9	0,0477	0,36	0,26	12,4	0,029	926	0,29	0,00
41041	0,1464	90	0,027	1,17	94	8,1	0,0513	0,35	0,29	12,4	0,028	992	0,28	0,00
41041	0,1047	90	0,023	1,22	67	9,6	0,0459	0,44	0,34	18,2	0,024	1017	0,39	0,00
41041	0,1148	90	0,026	1,47	71	9,7	0,0496	0,43	0,37	20,7	0,021	1155	0,37	0,00
41041	0,0670	90	0,016	1,22	43	12,0	0,0378	0,56	0,38	28,4	0,020	1014	0,60	0,00
41041	0,0772	90	0,020	1,52	49	11,4	0,0419	0,54	0,40	31,0	0,017	1145	0,53	0,00
41100	0,0805	90	0,000	1,67	67	7,4	0,0280	0,35	0,00	24,9	0,014	915	0,39	0,45
41100	0,1110	90	0,000	1,97	82	7,5	0,0497	0,45	0,00	24,0	0,019	1120	0,32	0,37
41100	0,1324	90	0,000	2,07	90	7,8	0,0647	0,49	0,00	23,0	0,021	1247	0,29	0,33
41100	0,1464	90	0,000	2,12	94	8,1	0,0726	0,50	0,00	22,6	0,022	1336	0,28	0,32
41100	0,0391	90	0,000	1,52	39	8,1	0,0163	0,42	0,00	39,0	0,011	729	0,67	0,77
41100	0,0774	90	0,000	1,97	60	8,4	0,0479	0,62	0,00	32,8	0,019	1067	0,43	0,50

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41100	0,1045	90	0,000	2,22	67	9,6	0,0731	0,70	0,00	33,1	0,021	1369	0,39	0,45
41100	0,1140	90	0,000	2,42	71	9,6	0,0807	0,71	0,00	34,1	0,021	1471	0,37	0,42
41100	0,0383	90	0,000	1,72	34	9,7	0,0279	0,73	0,00	50,6	0,014	870	0,76	0,88
41100	0,0772	90	0,000	2,47	49	11,4	0,0823	1,07	0,00	50,4	0,021	1459	0,53	0,61
41100	0,0653	90	0,000	2,32	43	11,7	0,0714	1,09	0,00	54,0	0,020	1364	0,60	0,70
41101	0,0386	90	0,002	1,47	39	8,0	0,0141	0,36	0,04	37,7	0,010	708	0,67	0,77
41101	0,0802	90	0,003	1,47	67	7,4	0,0191	0,24	0,05	21,9	0,011	855	0,39	0,45
41101	0,0802	75	0,003	1,47	67	7,4	0,0185	0,23	0,05	21,9	0,010	855	0,39	0,45
41101	0,0386	75	0,002	1,47	39	8,0	0,0137	0,35	0,05	37,7	0,009	708	0,67	0,77
41101	0,0386	90	0,002	1,62	34	9,8	0,0162	0,42	0,06	47,6	0,009	852	0,76	0,88
41101	0,0386	75	0,002	1,62	34	9,8	0,0157	0,41	0,07	47,6	0,009	852	0,76	0,88
41101	0,0386	60	0,003	1,47	39	8,0	0,0124	0,32	0,07	37,7	0,009	708	0,67	0,77
41101	0,0802	60	0,004	1,47	67	7,4	0,0161	0,20	0,07	21,9	0,009	855	0,39	0,45
41101	0,1118	90	0,006	1,77	82	7,6	0,0256	0,23	0,07	21,6	0,011	1068	0,32	0,37
41101	0,1118	75	0,006	1,77	82	7,6	0,0247	0,22	0,08	21,6	0,010	1068	0,32	0,37
41101	0,0781	90	0,005	1,72	60	8,5	0,0244	0,31	0,08	28,7	0,011	1006	0,43	0,50
41101	0,0781	75	0,005	1,72	60	8,5	0,0231	0,30	0,09	28,7	0,010	1006	0,43	0,50
41101	0,0386	60	0,003	1,57	34	9,8	0,0139	0,36	0,09	46,2	0,008	839	0,76	0,88
41101	0,0386	45	0,003	1,47	39	8,0	0,0103	0,27	0,09	37,7	0,007	708	0,67	0,77
41101	0,1316	90	0,009	1,87	90	7,8	0,0311	0,24	0,10	20,8	0,011	1178	0,29	0,33
41101	0,1118	60	0,008	1,72	82	7,6	0,0198	0,18	0,10	21,0	0,008	1053	0,32	0,37
41101	0,0802	45	0,007	1,47	67	7,4	0,0117	0,15	0,10	21,9	0,007	855	0,39	0,45

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41101	0,1316	75	0,009	1,87	90	7,8	0,0296	0,23	0,10	20,8	0,011	1178	0,29	0,33
41101	0,0781	60	0,007	1,72	60	8,5	0,0195	0,25	0,11	28,7	0,009	1006	0,43	0,50
41101	0,1447	90	0,011	1,97	94	8,0	0,0351	0,24	0,12	21,0	0,012	1273	0,28	0,32
41101	0,0386	30	0,005	1,37	39	8,0	0,0073	0,19	0,12	35,1	0,005	683	0,67	0,77
41101	0,0386	45	0,004	1,47	34	9,8	0,0105	0,27	0,12	43,2	0,006	812	0,76	0,88
41101	0,1447	75	0,012	1,92	94	8,0	0,0333	0,23	0,12	20,4	0,011	1256	0,28	0,32
41101	0,1316	60	0,012	1,77	90	7,8	0,0239	0,18	0,13	19,7	0,009	1146	0,29	0,33
41101	0,1039	90	0,009	1,72	67	9,6	0,0321	0,31	0,13	25,7	0,012	1199	0,39	0,45
41101	0,1039	75	0,009	1,72	67	9,6	0,0306	0,29	0,14	25,7	0,011	1199	0,39	0,45
41101	0,1118	45	0,011	1,62	82	7,6	0,0137	0,12	0,14	19,8	0,006	1022	0,32	0,37
41101	0,0386	15	0,006	1,32	39	8,0	0,0061	0,16	0,14	33,8	0,005	671	0,67	0,77
41101	0,0781	45	0,009	1,57	60	8,5	0,0140	0,18	0,15	26,2	0,007	961	0,43	0,50
41101	0,1143	90	0,011	1,97	71	9,6	0,0350	0,31	0,15	27,7	0,011	1331	0,37	0,42
41101	0,1447	60	0,014	1,82	94	8,0	0,0261	0,18	0,15	19,4	0,009	1223	0,28	0,32
41101	0,0694	90	0,007	1,92	43	12,4	0,0278	0,40	0,15	44,7	0,009	1318	0,60	0,70
41101	0,1143	75	0,011	1,92	71	9,6	0,0333	0,29	0,16	27,0	0,011	1314	0,37	0,42
41101	0,0694	75	0,007	1,92	43	12,4	0,0266	0,38	0,16	44,7	0,009	1318	0,60	0,70
41101	0,0386	30	0,006	1,42	34	9,8	0,0065	0,17	0,16	41,8	0,004	798	0,76	0,88
41101	0,0802	30	0,011	1,42	67	7,4	0,0090	0,11	0,16	21,2	0,005	840	0,39	0,45
41101	0,1039	60	0,011	1,72	67	9,6	0,0244	0,23	0,16	25,7	0,009	1199	0,39	0,45
41101	0,0794	90	0,008	1,97	49	11,7	0,0312	0,39	0,17	40,2	0,010	1340	0,53	0,61
41101	0,0794	75	0,008	1,97	49	11,7	0,0295	0,37	0,17	40,2	0,009	1340	0,53	0,61

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41101	0,1316	45	0,016	1,67	90	7,8	0,0164	0,12	0,17	18,6	0,007	1114	0,29	0,33
41101	0,1143	60	0,013	1,87	71	9,6	0,0262	0,23	0,18	26,3	0,009	1297	0,37	0,42
41101	0,0694	60	0,008	1,82	43	12,4	0,0214	0,31	0,18	42,3	0,007	1283	0,60	0,70
41101	0,1447	45	0,019	1,72	94	8,0	0,0179	0,12	0,20	18,3	0,007	1189	0,28	0,32
41101	0,0386	15	0,007	1,32	34	9,8	0,0052	0,14	0,20	38,8	0,003	769	0,76	0,88
41101	0,0781	30	0,012	1,42	60	8,5	0,0097	0,12	0,20	23,7	0,005	914	0,43	0,50
41101	0,0794	60	0,010	1,87	49	11,7	0,0226	0,28	0,20	38,2	0,007	1306	0,53	0,61
41101	0,1039	45	0,014	1,72	67	9,6	0,0164	0,16	0,20	25,7	0,006	1199	0,39	0,45
41101	0,1118	30	0,017	1,47	82	7,6	0,0076	0,07	0,21	17,9	0,004	974	0,32	0,37
41101	0,0694	45	0,009	1,72	43	12,4	0,0147	0,21	0,22	40,0	0,005	1248	0,60	0,70
41101	0,1143	45	0,016	1,72	71	9,6	0,0170	0,15	0,22	24,2	0,006	1244	0,37	0,42
41101	0,0794	45	0,011	1,82	49	11,7	0,0153	0,19	0,23	37,1	0,005	1288	0,53	0,61
41101	0,0781	15	0,014	1,32	60	8,5	0,0078	0,10	0,23	22,0	0,005	882	0,43	0,50
41101	0,1316	30	0,022	1,57	90	7,8	0,0082	0,06	0,24	17,4	0,004	1080	0,29	0,33
41101	0,0802	15	0,016	1,22	67	7,4	0,0055	0,07	0,24	18,2	0,004	779	0,39	0,45
41101	0,1039	30	0,017	1,67	67	9,6	0,0102	0,10	0,25	24,9	0,004	1181	0,39	0,45
41101	0,0694	30	0,011	1,67	43	12,4	0,0088	0,13	0,26	38,8	0,003	1229	0,60	0,70
41101	0,0794	30	0,013	1,77	49	11,7	0,0088	0,11	0,27	36,1	0,003	1271	0,53	0,61
41101	0,1447	30	0,025	1,57	94	8,0	0,0084	0,06	0,27	16,7	0,003	1136	0,28	0,32
41101	0,1143	30	0,019	1,67	71	9,6	0,0102	0,09	0,27	23,5	0,004	1226	0,37	0,42
41101	0,1118	15	0,023	1,37	82	7,6	0,0038	0,03	0,28	16,7	0,002	940	0,32	0,37
41101	0,0694	15	0,012	1,67	43	12,4	0,0073	0,10	0,29	38,8	0,003	1229	0,60	0,70

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
41101	0,1039	15	0,019	1,57	67	9,6	0,0065	0,06	0,29	23,4	0,003	1145	0,39	0,45
41101	0,0794	15	0,014	1,72	49	11,7	0,0059	0,07	0,29	35,1	0,002	1253	0,53	0,61
41101	0,1316	15	0,028	1,42	90	7,8	0,0035	0,03	0,31	15,8	0,002	1027	0,29	0,33
41101	0,1143	15	0,022	1,62	71	9,6	0,0059	0,05	0,31	22,8	0,002	1207	0,37	0,42
41101	0,1447	15	0,032	1,47	94	8,0	0,0027	0,02	0,34	15,6	0,001	1099	0,28	0,32
41141	0,0400	90	0,006	0,92	39	8,3	0,0253	0,63	0,15	23,6	0,027	580	0,67	0,77
41141	0,0809	90	0,012	1,07	67	7,4	0,0359	0,44	0,17	16,0	0,028	736	0,39	0,45
41141	0,0395	90	0,006	1,02	34	10,1	0,0270	0,68	0,19	30,0	0,023	691	0,76	0,88
41141	0,1110	90	0,018	1,27	82	7,5	0,0449	0,40	0,21	15,5	0,026	899	0,32	0,37
41141	0,0774	90	0,014	1,37	60	8,4	0,0401	0,52	0,24	22,8	0,023	890	0,43	0,50
41141	0,1324	90	0,023	1,42	90	7,8	0,0512	0,39	0,25	15,8	0,025	1033	0,29	0,33
41141	0,1464	90	0,026	1,47	94	8,1	0,0553	0,38	0,28	15,6	0,024	1112	0,28	0,32
41141	0,1045	90	0,021	1,67	67	9,6	0,0492	0,47	0,31	24,9	0,019	1187	0,39	0,45
41141	0,1140	90	0,024	1,82	71	9,6	0,0528	0,46	0,34	25,6	0,018	1276	0,37	0,42
41141	0,0653	90	0,015	1,87	43	11,7	0,0412	0,63	0,35	43,5	0,015	1224	0,60	0,70
41141	0,0772	90	0,019	1,97	49	11,4	0,0454	0,59	0,38	40,2	0,015	1303	0,53	0,61
42001	0,0397	90	0,001	1,42	39	8,2	0,0122	0,31	0,04	36,4	0,008	715	0,79	0,00
42001	0,0808	90	0,003	1,52	67	7,4	0,0174	0,21	0,04	22,7	0,009	876	0,46	0,00
42001	0,1110	90	0,007	1,82	82	7,5	0,0264	0,24	0,08	22,2	0,011	1076	0,38	0,00
42001	0,0391	90	0,003	1,62	34	9,9	0,0179	0,46	0,09	47,6	0,010	862	0,91	0,00
42001	0,0782	90	0,006	1,62	60	8,5	0,0240	0,31	0,09	27,0	0,011	978	0,52	0,00
42001	0,1336	90	0,010	1,92	90	7,9	0,0326	0,24	0,11	21,3	0,011	1212	0,34	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
42001	0,1464	90	0,012	1,97	94	8,1	0,0358	0,24	0,12	21,0	0,012	1288	0,33	0,00
42001	0,1047	90	0,009	1,82	67	9,6	0,0316	0,30	0,14	27,2	0,011	1242	0,46	0,00
42001	0,0670	90	0,006	1,92	43	12,0	0,0269	0,40	0,15	44,7	0,009	1272	0,72	0,00
42001	0,1148	90	0,011	1,97	71	9,7	0,0345	0,30	0,15	27,7	0,011	1337	0,44	0,00
42001	0,0772	90	0,008	2,02	49	11,4	0,0301	0,39	0,16	41,2	0,009	1320	0,63	0,00
42041	0,0409	90	0,007	1,12	39	8,5	0,0254	0,62	0,17	28,7	0,022	655	0,79	0,00
42041	0,0399	90	0,007	1,12	34	10,2	0,0247	0,62	0,20	32,9	0,019	732	0,91	0,00
42041	0,0837	90	0,014	1,22	67	7,7	0,0365	0,44	0,21	18,2	0,024	813	0,46	0,00
42041	0,1127	90	0,021	1,42	82	7,7	0,0452	0,40	0,25	17,3	0,023	965	0,38	0,00
42041	0,0788	90	0,017	1,32	60	8,6	0,0397	0,50	0,28	22,0	0,023	889	0,52	0,00
42041	0,1341	90	0,026	1,47	90	7,9	0,0512	0,38	0,28	16,3	0,023	1064	0,34	0,00
42041	0,1484	90	0,030	1,52	94	8,2	0,0555	0,37	0,32	16,2	0,023	1147	0,33	0,00
42041	0,1055	90	0,024	1,42	67	9,7	0,0493	0,47	0,36	21,2	0,022	1105	0,46	0,00
42041	0,1167	90	0,027	1,52	71	9,8	0,0544	0,47	0,39	21,4	0,022	1194	0,44	0,00
42041	0,0670	90	0,017	1,42	43	12,0	0,0399	0,60	0,39	33,0	0,018	1094	0,72	0,00
42041	0,0785	90	0,021	1,72	49	11,6	0,0451	0,57	0,42	35,1	0,016	1238	0,63	0,00
42101	0,0397	90	0,002	1,62	39	8,2	0,0118	0,30	0,04	41,5	0,007	764	0,79	0,77
42101	0,0829	90	0,004	1,77	67	7,6	0,0222	0,27	0,06	26,4	0,010	969	0,46	0,45
42101	0,0390	90	0,003	1,67	34	9,9	0,0161	0,41	0,08	49,1	0,008	873	0,91	0,88
42101	0,1141	90	0,007	1,97	82	7,8	0,0288	0,25	0,09	24,0	0,010	1150	0,38	0,37
42101	0,0792	90	0,006	1,97	60	8,6	0,0246	0,31	0,09	32,8	0,009	1092	0,52	0,50
42101	0,1312	90	0,010	2,02	90	7,8	0,0327	0,25	0,11	22,4	0,011	1221	0,34	0,33

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
42101	0,1461	90	0,011	2,12	94	8,1	0,0359	0,25	0,12	22,6	0,011	1334	0,33	0,32
42101	0,1041	90	0,009	2,12	67	9,6	0,0306	0,29	0,13	31,6	0,009	1334	0,46	0,45
42101	0,0667	90	0,006	2,27	43	11,9	0,0243	0,36	0,13	52,8	0,007	1378	0,72	0,70
42101	0,1150	90	0,010	2,37	71	9,7	0,0329	0,29	0,14	33,4	0,009	1469	0,44	0,42
42101	0,0765	90	0,007	2,47	49	11,3	0,0271	0,35	0,14	50,4	0,007	1446	0,63	0,61
42141	0,0395	90	0,005	0,97	39	8,2	0,0235	0,60	0,14	24,9	0,024	588	0,79	0,77
42141	0,0388	90	0,006	0,92	34	9,9	0,0266	0,68	0,18	27,1	0,025	646	0,91	0,88
42141	0,0792	90	0,012	1,37	67	7,3	0,0359	0,45	0,18	20,4	0,022	816	0,46	0,45
42141	0,1141	90	0,019	1,57	82	7,8	0,0457	0,40	0,23	19,1	0,021	1027	0,38	0,37
42141	0,0792	90	0,014	1,37	60	8,6	0,0397	0,50	0,24	22,8	0,022	911	0,52	0,50
42141	0,1312	90	0,024	1,67	90	7,8	0,0516	0,39	0,26	18,6	0,021	1110	0,34	0,33
42141	0,1456	90	0,027	1,72	94	8,1	0,0553	0,38	0,29	18,3	0,021	1197	0,33	0,32
42141	0,1041	90	0,021	1,57	67	9,6	0,0485	0,47	0,32	23,4	0,020	1148	0,46	0,45
42141	0,0667	90	0,014	1,32	43	11,9	0,0394	0,59	0,33	30,7	0,019	1050	0,72	0,70
42141	0,1150	90	0,025	1,62	71	9,7	0,0522	0,45	0,35	22,8	0,020	1215	0,44	0,42
42141	0,0765	90	0,018	1,47	49	11,3	0,0452	0,59	0,37	30,0	0,020	1115	0,63	0,61
43001	0,0409	90	0,002	1,62	39	8,5	0,0144	0,35	0,04	41,5	0,008	787	0,92	0,00
43001	0,0837	90	0,004	1,72	67	7,7	0,0223	0,27	0,06	25,7	0,010	965	0,54	0,00
43001	0,0399	90	0,003	1,77	34	10,2	0,0174	0,44	0,08	52,1	0,008	921	1,06	0,00
43001	0,1127	90	0,007	1,92	82	7,7	0,0290	0,26	0,09	23,4	0,011	1122	0,44	0,00
43001	0,0788	90	0,006	1,87	60	8,6	0,0256	0,33	0,10	31,2	0,010	1058	0,60	0,00
43001	0,1341	90	0,010	1,97	90	7,9	0,0336	0,25	0,11	21,9	0,011	1232	0,40	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
43001	0,1484	90	0,012	2,22	94	8,2	0,0367	0,25	0,13	23,6	0,010	1386	0,38	0,00
43001	0,0670	90	0,006	2,12	43	12,0	0,0261	0,39	0,14	49,3	0,008	1336	0,84	0,00
43001	0,1055	90	0,009	2,12	67	9,7	0,0321	0,30	0,14	31,6	0,010	1351	0,54	0,00
43001	0,1167	90	0,011	2,22	71	9,8	0,0347	0,30	0,15	31,3	0,010	1443	0,51	0,00
43001	0,0785	90	0,008	2,67	49	11,6	0,0288	0,37	0,16	54,5	0,007	1543	0,73	0,00
43041	0,0409	90	0,007	1,22	39	8,5	0,0255	0,62	0,18	31,3	0,020	683	0,92	0,00
43041	0,0837	90	0,013	1,22	67	7,7	0,0357	0,43	0,20	18,2	0,023	813	0,54	0,00
43041	0,0399	90	0,007	1,62	34	10,2	0,0261	0,65	0,21	47,6	0,014	881	1,06	0,00
43041	0,1127	90	0,020	1,52	82	7,7	0,0451	0,40	0,24	18,5	0,022	998	0,44	0,00
43041	0,0788	90	0,015	1,52	60	8,6	0,0389	0,49	0,25	25,3	0,019	954	0,60	0,00
43041	0,1341	90	0,025	1,62	90	7,9	0,0515	0,38	0,28	18,0	0,021	1117	0,40	0,00
43041	0,1484	90	0,029	1,72	94	8,2	0,0561	0,38	0,31	18,3	0,021	1220	0,38	0,00
43041	0,1055	90	0,022	1,62	67	9,7	0,0483	0,46	0,34	24,2	0,019	1181	0,54	0,00
43041	0,1167	90	0,026	1,72	71	9,8	0,0528	0,45	0,37	24,2	0,019	1270	0,51	0,00
43041	0,0670	90	0,016	1,82	43	12,0	0,0396	0,59	0,37	42,3	0,014	1238	0,84	0,00
43041	0,0785	90	0,020	2,02	49	11,6	0,0453	0,58	0,41	41,2	0,014	1342	0,73	0,00
43101	0,0398	90	0,002	1,92	39	8,2	0,0154	0,39	0,05	49,2	0,008	833	0,92	0,77
43101	0,0814	90	0,005	2,02	67	7,5	0,0237	0,29	0,07	30,1	0,010	1017	0,54	0,45
43101	0,0388	90	0,003	1,97	34	9,9	0,0179	0,46	0,08	57,9	0,008	945	1,06	0,88
43101	0,0781	90	0,006	2,27	60	8,5	0,0254	0,33	0,09	37,8	0,009	1156	0,60	0,50
43101	0,1125	90	0,008	2,27	82	7,6	0,0299	0,27	0,09	27,7	0,010	1218	0,44	0,37
43101	0,1321	90	0,009	2,42	90	7,8	0,0330	0,25	0,11	26,9	0,009	1345	0,40	0,33

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
43101	0,1042	90	0,008	2,72	67	9,6	0,0303	0,29	0,12	40,6	0,007	1512	0,54	0,45
43101	0,1467	90	0,011	2,62	94	8,1	0,0355	0,24	0,12	27,9	0,009	1489	0,38	0,32
43101	0,0662	90	0,005	2,67	43	11,9	0,0251	0,38	0,12	62,1	0,006	1482	0,84	0,70
43101	0,1146	90	0,009	2,82	71	9,7	0,0317	0,28	0,13	39,7	0,007	1597	0,51	0,42
43101	0,0776	90	0,006	2,92	49	11,4	0,0267	0,34	0,13	59,6	0,006	1594	0,73	0,61
43141	0,0401	90	0,005	1,27	39	8,3	0,0251	0,63	0,14	32,6	0,019	683	0,92	0,77
43141	0,0806	90	0,011	1,37	67	7,4	0,0353	0,44	0,17	20,4	0,021	830	0,54	0,45
43141	0,0386	90	0,006	1,17	34	9,8	0,0264	0,68	0,18	34,4	0,020	724	1,06	0,88
43141	0,1125	90	0,018	1,77	82	7,6	0,0446	0,40	0,21	21,6	0,018	1075	0,44	0,37
43141	0,0781	90	0,013	1,57	60	8,5	0,0383	0,49	0,22	26,2	0,019	961	0,60	0,50
43141	0,1321	90	0,022	1,97	90	7,8	0,0504	0,38	0,25	21,9	0,017	1214	0,40	0,33
43141	0,1467	90	0,026	2,07	94	8,1	0,0541	0,37	0,27	22,0	0,017	1323	0,38	0,32
43141	0,1042	90	0,020	1,97	67	9,6	0,0469	0,45	0,29	29,4	0,015	1287	0,54	0,45
43141	0,0662	90	0,013	1,82	43	11,9	0,0385	0,58	0,30	42,3	0,014	1224	0,84	0,70
43141	0,1146	90	0,023	2,07	71	9,7	0,0507	0,44	0,32	29,2	0,015	1368	0,51	0,42
43141	0,0776	90	0,016	1,97	49	11,4	0,0425	0,55	0,33	40,2	0,014	1310	0,73	0,61
44001	0,0403	90	0,002	2,32	39	8,3	0,0157	0,39	0,06	59,5	0,007	927	1,13	0,00
44001	0,0393	90	0,002	2,72	34	10,0	0,0148	0,38	0,07	80,0	0,005	1123	1,29	0,00
44001	0,0818	90	0,005	2,62	67	7,5	0,0234	0,29	0,07	39,1	0,007	1165	0,66	0,00
44001	0,0780	90	0,005	2,92	60	8,5	0,0226	0,29	0,08	48,7	0,006	1308	0,73	0,00
44001	0,1133	90	0,007	2,92	82	7,7	0,0276	0,24	0,08	35,6	0,007	1392	0,54	0,00
44001	0,0764	90	0,004	2,92	49	11,2	0,0220	0,29	0,09	59,6	0,005	1570	0,90	0,00

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
44001	0,1047	90	0,006	2,92	67	9,6	0,0264	0,25	0,09	43,6	0,006	1573	0,66	0,00
44001	0,1339	90	0,008	2,92	90	7,9	0,0306	0,23	0,09	32,4	0,007	1499	0,49	0,00
44001	0,1146	90	0,007	2,92	71	9,7	0,0272	0,24	0,09	41,1	0,006	1625	0,62	0,00
44001	0,0672	90	0,004	2,92	43	12,0	0,0215	0,32	0,09	67,9	0,005	1573	1,02	0,00
44001	0,1465	90	0,009	2,92	94	8,1	0,0321	0,22	0,10	31,1	0,007	1569	0,47	0,00
44041	0,0403	90	0,004	1,82	39	8,3	0,0222	0,55	0,11	46,7	0,012	821	1,13	0,00
44041	0,0818	90	0,010	1,82	67	7,5	0,0324	0,40	0,15	27,2	0,015	971	0,66	0,00
44041	0,0393	90	0,005	1,92	34	10,0	0,0234	0,59	0,15	56,5	0,011	943	1,29	0,00
44041	0,0780	90	0,011	2,82	60	8,5	0,0337	0,43	0,18	47,0	0,009	1286	0,73	0,00
44041	0,1133	90	0,015	2,42	82	7,7	0,0408	0,36	0,19	29,5	0,012	1267	0,54	0,00
44041	0,1339	90	0,019	2,82	90	7,9	0,0455	0,34	0,21	31,3	0,011	1473	0,49	0,00
44041	0,1465	90	0,022	2,92	94	8,1	0,0498	0,34	0,23	31,1	0,011	1569	0,47	0,00
44041	0,0672	90	0,010	2,82	43	12,0	0,0323	0,48	0,24	65,6	0,007	1545	1,02	0,00
44041	0,1047	90	0,016	2,92	67	9,6	0,0412	0,39	0,24	43,6	0,009	1573	0,66	0,00
44041	0,1146	90	0,018	2,92	71	9,7	0,0451	0,39	0,26	41,1	0,010	1625	0,62	0,00
44041	0,0764	90	0,013	2,92	49	11,2	0,0366	0,48	0,26	59,6	0,008	1570	0,90	0,00
44101	0,0397	90	0,002	2,27	39	8,2	0,0156	0,39	0,06	58,2	0,007	904	1,13	0,77
44101	0,0824	90	0,005	2,67	67	7,6	0,0236	0,29	0,07	39,9	0,007	1184	0,66	0,45
44101	0,0387	90	0,002	2,57	34	9,9	0,0157	0,41	0,07	75,6	0,005	1075	1,29	0,88
44101	0,0774	90	0,005	2,82	60	8,4	0,0225	0,29	0,08	47,0	0,006	1276	0,73	0,50
44101	0,1111	90	0,006	2,82	82	7,6	0,0270	0,24	0,08	34,4	0,007	1341	0,54	0,37
44101	0,1316	90	0,008	2,92	90	7,8	0,0301	0,23	0,09	32,4	0,007	1473	0,49	0,33

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
44101	0,0766	90	0,004	2,92	49	11,3	0,0216	0,28	0,09	59,6	0,005	1574	0,90	0,61
44101	0,1046	90	0,006	2,92	67	9,6	0,0261	0,25	0,09	43,6	0,006	1571	0,66	0,45
44101	0,0665	90	0,004	2,92	43	11,9	0,0211	0,32	0,09	67,9	0,005	1558	1,02	0,70
44101	0,1145	90	0,007	2,92	71	9,7	0,0268	0,23	0,09	41,1	0,006	1624	0,62	0,42
44101	0,1467	90	0,009	2,92	94	8,1	0,0312	0,21	0,09	31,1	0,007	1572	0,47	0,32
44141	0,0410	90	0,004	1,52	39	8,5	0,0211	0,51	0,11	39,0	0,013	764	1,13	0,77
44141	0,0808	90	0,010	1,92	67	7,4	0,0338	0,42	0,14	28,7	0,015	985	0,66	0,45
44141	0,0396	90	0,005	1,57	34	10,1	0,0248	0,63	0,16	46,2	0,014	859	1,29	0,88
44141	0,0774	90	0,010	2,02	60	8,4	0,0339	0,44	0,17	33,7	0,013	1080	0,73	0,50
44141	0,1111	90	0,015	2,42	82	7,6	0,0422	0,38	0,18	29,5	0,013	1242	0,54	0,37
44141	0,1316	90	0,018	2,82	90	7,8	0,0462	0,35	0,21	31,3	0,011	1447	0,49	0,33
44141	0,1467	90	0,021	2,92	94	8,1	0,0497	0,34	0,23	31,1	0,011	1572	0,47	0,32
44141	0,1046	90	0,015	2,82	67	9,6	0,0417	0,40	0,23	42,1	0,009	1544	0,66	0,45
44141	0,0665	90	0,010	2,52	43	11,9	0,0338	0,51	0,24	58,6	0,009	1448	1,02	0,70
44141	0,1145	90	0,017	2,92	71	9,7	0,0444	0,39	0,25	41,1	0,009	1624	0,62	0,42
44141	0,0766	90	0,012	2,82	49	11,3	0,0374	0,49	0,25	57,6	0,008	1546	0,90	0,61

Dados dos ensaios de rampas rugosas

2100	0,0388	90	0,000	0,62	43	6,9	0,0110	0,284	0,000	14,42	0,020	418		
2100	0,0684	90	0,000	0,62	45	11,4	0,0353	0,517	0,000	13,78	0,037	705		
2100	0,0864	90	0,000	0,92	45	14,5	0,0628	0,727	0,000	20,44	0,036	1086		
2100	0,0950	90	0,000	1,12	45	15,9	0,0745	0,784	0,000	24,89	0,032	1317		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2100	0,0987	90	0,000	1,22	45	16,5	0,0783	0,793	0,000	27,11	0,029	1428		
2100	0,1012	90	0,000	1,32	47	15,9	0,0829	0,819	0,000	28,09	0,029	1458		
2100	0,1058	90	0,000	1,42	50	15,1	0,0907	0,857	0,000	28,40	0,030	1485		
2100	0,1078	90	0,000	1,82	50	15,4	0,0948	0,879	0,000	36,40	0,024	1714		
2100	0,0388	90	0,000	0,72	43	6,9	0,0063	0,163	0,004	16,74	0,010	451		
2100	0,0391	90	0,000	0,72	43	7,0	0,0026	0,067	0,004	16,74	0,004	455		
2100	0,0684	90	0,003	1,12	45	11,4	0,0195	0,286	0,077	24,89	0,011	948		
2100	0,0683	90	0,003	1,12	45	11,4	0,0190	0,278	0,078	24,89	0,011	946		
2100	0,0864	90	0,007	1,42	45	14,5	0,0288	0,333	0,164	31,56	0,011	1349		
2100	0,0950	90	0,010	1,62	45	15,9	0,0326	0,343	0,214	36,00	0,010	1584		
2100	0,0936	90	0,010	1,52	45	15,6	0,0312	0,334	0,215	33,78	0,010	1511		
2100	0,0987	90	0,011	1,62	45	16,5	0,0344	0,348	0,238	36,00	0,010	1645		
2100	0,0990	90	0,011	1,57	45	16,6	0,0340	0,343	0,250	34,89	0,010	1624		
2100	0,1012	90	0,012	1,62	47	15,9	0,0356	0,351	0,257	34,47	0,010	1615		
2100	0,1050	90	0,013	1,72	50	15,0	0,0368	0,351	0,266	34,40	0,010	1622		
2100	0,1033	90	0,013	1,67	47	16,2	0,0361	0,349	0,271	35,53	0,010	1674		
2100	0,1078	90	0,014	1,82	50	15,4	0,0381	0,354	0,274	36,40	0,010	1714		
2100	0,1058	90	0,014	1,82	50	15,1	0,0377	0,356	0,276	36,40	0,010	1682		
2100	0,0412	90	0,000	0,52	53	5,4	-	-	0,000	9,81	-	331		
2100	0,0778	90	0,000	0,82	68	7,0	-	-	0,000	12,06	-	610		
2100	0,1067	90	0,000	1,22	68	9,6	0,0297	0,278	0,000	17,94	0,016	1021		
2100	0,1235	90	0,000	1,52	68	11,1	0,0482	0,390	0,000	22,35	0,017	1320		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2100	0,1301	90	0,000	1,62	68	11,7	0,0566	0,435	0,000	23,82	0,018	1435		
2100	0,1365	90	0,000	1,62	68	12,3	0,0611	0,448	0,000	23,82	0,019	1506		
2100	0,1470	90	0,000	1,92	68	13,2	0,0789	0,537	0,000	28,24	0,019	1764		
2100	0,1529	90	0,000	2,02	68	13,8	0,0864	0,565	0,000	29,71	0,019	1882		
2100	0,0413	90	0,000	0,52	53	5,4	0,0000	0,000	0,001	9,81	0,000	331		
2100	0,0412	90	0,000	0,52	53	5,4	0,0072	0,175	0,003	9,81	0,018	331		
2100	0,0778	90	0,000	0,82	68	7,0	0,0115	0,148	0,006	12,06	0,012	610		
2100	0,0774	90	0,000	0,82	68	7,0	0,0059	0,077	0,006	12,06	0,006	607		
2100	0,1067	90	0,004	1,12	68	9,6	0,0224	0,210	0,059	16,47	0,013	978		
2100	0,1219	90	0,007	1,32	68	11,0	0,0261	0,214	0,100	19,41	0,011	1214		
2100	0,1235	90	0,008	1,32	68	11,1	0,0314	0,255	0,114	19,41	0,013	1230		
2100	0,1301	90	0,009	1,52	68	11,7	0,0345	0,265	0,137	22,35	0,012	1390		
2100	0,1341	90	0,010	1,42	68	12,1	0,0312	0,233	0,142	20,88	0,011	1384		
2100	0,1365	90	0,011	1,52	68	12,3	0,0364	0,266	0,163	22,35	0,012	1458		
2100	0,1441	90	0,012	1,52	69	12,7	0,0357	0,247	0,180	22,03	0,011	1517		
2100	0,1490	90	0,014	1,52	70	12,8	0,0380	0,255	0,201	21,71	0,012	1547		
2100	0,1470	90	0,015	1,62	70	12,7	0,0412	0,281	0,212	23,14	0,012	1574		
2100	0,1529	90	0,016	1,62	70	13,2	0,0427	0,280	0,223	23,14	0,012	1638		
2100	0,0415	90	0,000	-	55	5,1	-	-	0,000	-	-	-		
2100	0,0820	90	0,000	-	87	5,1	-	-	0,000	-	-	-		
2100	0,1179	90	0,000	0,92	95	6,4	0,0000	0,000	0,000	9,68	0,000	701		
2100	0,1408	90	0,000	1,12	95	7,7	0,0190	0,135	0,000	11,79	0,011	924		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2100	0,1529	90	0,000	1,22	95	8,3	0,0241	0,158	0,000	12,84	0,012	1047		
2100	0,1620	90	0,000	1,22	95	8,8	0,0342	0,211	0,000	12,84	0,016	1110		
2100	0,1812	90	0,000	1,52	95	9,9	0,0493	0,272	0,000	16,00	0,017	1386		
2100	0,1914	90	0,000	1,62	97	10,1	0,0641	0,335	0,000	16,70	0,020	1480		
2100	0,0822	90	0,000	0,62	87	5,1	0,0000	0,000	0,001	7,13	0,000	438		
2100	0,0820	90	0,000	0,62	87	5,1	0,0043	0,053	0,002	7,13	0,007	437		
2100	0,0415	90	0,000	0,52	55	5,1	0,0034	0,082	0,002	9,45	0,009	321		
2100	0,1172	90	0,001	0,87	95	6,4	0,0070	0,060	0,006	9,16	0,007	678		
2100	0,1179	90	0,001	0,92	95	6,4	0,0095	0,081	0,008	9,68	0,008	701		
2100	0,1408	90	0,002	1,12	95	7,7	0,0180	0,128	0,024	11,79	0,011	924		
2100	0,1389	90	0,002	1,02	95	7,6	0,0147	0,106	0,025	10,74	0,010	870		
2100	0,1529	90	0,004	1,22	95	8,3	0,0225	0,147	0,043	12,84	0,011	1047		
2100	0,1580	90	0,005	1,22	95	8,6	0,0214	0,135	0,050	12,84	0,011	1083		
2100	0,1620	90	0,005	1,22	95	8,8	0,0254	0,157	0,055	12,84	0,012	1110		
2100	0,1812	90	0,007	1,42	95	9,9	0,0319	0,176	0,079	14,95	0,012	1340		
2100	0,1753	90	0,008	1,32	95	9,6	0,0278	0,159	0,081	13,89	0,011	1249		
2100	0,1838	90	0,010	1,42	96	9,9	0,0324	0,176	0,108	14,79	0,012	1345		
2100	0,1914	90	0,012	1,52	97	10,1	0,0372	0,194	0,127	15,67	0,012	1433		
2101	0,0391	90	0,001	0,52	43	7,0	0,0080	0,204	0,014	12,09	0,017	387		
2101	0,0672	90	0,005	0,82	45	11,2	0,0231	0,343	0,119	18,22	0,019	796		
2101	0,0934	90	0,013	1,17	45	15,6	0,0371	0,397	0,297	26,00	0,015	1323		
2101	0,0990	90	0,015	1,47	45	16,6	0,0399	0,403	0,344	32,67	0,012	1572		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2101	0,1052	90	0,018	1,62	50	15,0	0,0430	0,409	0,363	32,40	0,013	1577		
2101	0,1028	90	0,018	1,57	48	15,6	0,0423	0,411	0,365	32,71	0,013	1582		
2101	0,0413	90	0,000	0,42	53	5,4	0,0000	0,000	0,000	7,92	0,000	298		
2101	0,0774	90	0,001	0,72	68	7,0	0,0101	0,131	0,014	10,59	0,012	569		
2101	0,1215	90	0,009	1,07	68	10,9	0,0302	0,249	0,127	15,74	0,016	1089		
2101	0,1335	90	0,012	1,22	68	12,0	0,0359	0,269	0,183	17,94	0,015	1278		
2101	0,1431	90	0,016	1,32	69	12,6	0,0406	0,284	0,231	19,13	0,015	1404		
2101	0,1486	90	0,018	1,32	70	12,8	0,0424	0,286	0,250	18,86	0,015	1437		
2101	0,0823	90	0,000	0,52	87	5,1	0,0000	0,000	0,000	5,98	0,000	402		
2101	0,1167	90	0,001	0,72	95	6,4	0,0112	0,096	0,012	7,58	0,013	614		
2101	0,1381	90	0,003	0,92	95	7,5	0,0188	0,136	0,037	9,68	0,014	821		
2101	0,1579	90	0,006	1,02	95	8,6	0,0258	0,164	0,068	10,74	0,015	989		
2101	0,1745	90	0,010	1,12	95	9,5	0,0325	0,186	0,109	11,79	0,016	1145		
2101	0,1838	90	0,012	1,22	96	9,9	0,0359	0,195	0,130	12,71	0,015	1246		
2102	0,0399	90	0,001	0,62	43	7,1	0,0117	0,295	0,026	14,42	0,020	430		
2102	0,0679	90	0,007	0,97	45	11,4	0,0270	0,398	0,162	21,56	0,018	876		
2102	0,0930	90	0,016	1,42	45	15,6	0,0401	0,431	0,348	31,56	0,014	1451		
2102	0,0984	90	0,018	1,52	45	16,5	0,0423	0,429	0,389	33,78	0,013	1589		
2102	0,1045	90	0,020	1,57	50	14,9	0,0461	0,441	0,402	31,40	0,014	1542		
2102	0,1033	90	0,020	1,57	47	16,2	0,0451	0,437	0,418	33,40	0,013	1623		
2102	0,0408	90	0,000	0,42	53	5,3	0,0000	0,000	0,001	7,92	0,000	294		
2102	0,0768	90	0,001	0,72	68	6,9	0,0122	0,160	0,021	10,59	0,015	564		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2102	0,1216	90	0,011	1,12	68	10,9	0,0326	0,268	0,155	16,47	0,016	1115		
2102	0,1333	90	0,014	1,22	68	12,0	0,0384	0,288	0,211	17,94	0,016	1276		
2102	0,1486	90	0,020	1,37	70	12,8	0,0452	0,305	0,280	19,57	0,016	1464		
2102	0,1441	90	0,026	1,32	69	12,7	0,0438	0,304	0,370	19,13	0,016	1414		
2102	0,0835	90	0,000	0,52	87	5,2	0,0000	0,000	0,003	5,98	0,000	408		
2102	0,1171	90	0,002	0,82	95	6,4	0,0135	0,115	0,019	8,63	0,013	658		
2102	0,1393	90	0,004	0,92	95	7,6	0,0211	0,151	0,047	9,68	0,016	829		
2102	0,1586	90	0,008	1,02	95	8,6	0,0283	0,179	0,084	10,74	0,017	994		
2102	0,1751	90	0,012	1,12	95	9,5	0,0347	0,198	0,124	11,79	0,017	1149		
2102	0,1838	90	0,015	1,22	96	9,9	0,0385	0,209	0,152	12,71	0,016	1246		
2103	0,0392	90	0,002	0,52	43	7,0	0,0145	0,370	0,048	12,09	0,031	387		
2103	0,0682	90	0,009	0,97	45	11,4	0,0305	0,447	0,206	21,56	0,021	880		
2103	0,0931	90	0,020	1,47	45	15,6	0,0446	0,480	0,438	32,67	0,015	1478		
2103	0,0990	90	0,022	1,52	45	16,6	0,0472	0,477	0,491	33,78	0,014	1598		
2103	0,1052	90	0,025	1,57	50	15,0	0,0504	0,479	0,495	31,40	0,015	1553		
2103	0,1026	90	0,024	1,57	47	16,1	0,0496	0,483	0,507	33,40	0,014	1612		
2103	0,0414	90	0,000	0,42	53	5,4	0,0034	0,082	0,005	7,92	0,010	299		
2103	0,0777	90	0,003	0,67	68	7,0	0,0169	0,218	0,046	9,85	0,022	551		
2103	0,1212	90	0,015	1,02	68	10,9	0,0385	0,318	0,217	15,00	0,021	1060		
2103	0,1337	90	0,019	1,07	68	12,0	0,0443	0,331	0,282	15,74	0,021	1199		
2103	0,1431	90	0,023	1,17	69	12,6	0,0490	0,342	0,336	16,96	0,020	1321		
2103	0,1480	90	0,025	1,22	70	12,8	0,0508	0,343	0,361	17,43	0,020	1376		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2103	0,0820	90	0,001	0,52	87	5,1	0,0065	0,079	0,007	5,98	0,013	401		
2103	0,1167	90	0,004	0,72	95	6,4	0,0179	0,154	0,037	7,58	0,020	614		
2103	0,1385	90	0,007	0,82	95	7,6	0,0268	0,193	0,074	8,63	0,022	778		
2103	0,1581	90	0,011	1,02	95	8,6	0,0339	0,214	0,120	10,74	0,020	991		
2103	0,1743	90	0,016	1,07	95	9,5	0,0404	0,232	0,170	11,26	0,021	1119		
2103	0,1836	90	0,019	1,12	96	9,9	0,0438	0,239	0,199	11,67	0,020	1193		
2104	0,0678	90	0,000	1,12	45	11,3	0,0460	0,679	0,000	24,89	0,027	939		
2104	0,0855	90	0,000	1,62	45	14,3	0,0698	0,816	0,000	36,00	0,023	1425		
2104	0,0938	90	0,000	1,72	45	15,7	0,0874	0,932	0,000	38,22	0,024	1610		
2104	0,0975	90	0,000	1,72	45	16,3	0,0892	0,915	0,000	38,22	0,024	1675		
2104	0,0992	90	0,000	1,72	47	15,5	0,0938	0,946	0,000	36,60	0,026	1631		
2104	0,1037	90	0,000	1,82	50	14,8	0,0994	0,958	0,000	36,40	0,026	1649		
2104	0,1053	90	0,000	1,92	50	15,0	0,1042	0,989	0,000	38,40	0,026	1719		
2104	0,0392	90	0,003	0,52	43	7,0	0,0144	0,368	0,061	12,09	0,030	387		
2104	0,0679	90	0,010	1,12	45	11,4	0,0294	0,433	0,225	24,89	0,017	941		
2104	0,0681	90	0,010	0,82	45	11,4	0,0319	0,469	0,233	18,22	0,026	808		
2104	0,0852	90	0,017	1,52	45	14,3	0,0410	0,482	0,375	33,78	0,014	1376		
2104	0,0932	90	0,020	1,42	45	15,6	0,0458	0,492	0,455	31,56	0,016	1454		
2104	0,0938	90	0,021	1,62	45	15,7	0,0461	0,492	0,457	36,00	0,014	1563		
2104	0,0970	90	0,022	1,62	45	16,2	0,0479	0,494	0,492	36,00	0,014	1617		
2104	0,1038	90	0,025	1,72	50	14,8	0,0522	0,502	0,503	34,40	0,015	1605		
2104	0,0985	90	0,023	1,52	45	16,5	0,0484	0,491	0,509	33,78	0,015	1590		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2104	0,0994	90	0,024	1,62	47	15,6	0,0493	0,496	0,509	34,47	0,014	1586		
2104	0,1058	90	0,026	1,72	50	15,1	0,0529	0,500	0,528	34,40	0,015	1635		
2104	0,1046	90	0,027	1,62	50	14,9	0,0522	0,500	0,533	32,40	0,015	1568		
2104	0,1026	90	0,026	1,57	47	16,1	0,0511	0,498	0,553	33,40	0,015	1612		
2104	0,1048	90	0,000	1,12	68	9,4	0,0480	0,459	0,000	16,47	0,028	961		
2104	0,1202	90	0,000	1,42	68	10,8	0,0662	0,551	0,000	20,88	0,026	1241		
2104	0,1280	90	0,000	1,52	68	11,5	0,0736	0,575	0,000	22,35	0,026	1367		
2104	0,1330	90	0,000	1,72	68	12,0	0,0791	0,595	0,000	25,29	0,024	1511		
2104	0,1431	90	0,000	1,72	70	12,3	0,0910	0,636	0,000	24,57	0,026	1579		
2104	0,1480	90	0,000	1,77	70	12,8	0,0983	0,664	0,000	25,29	0,026	1657		
2104	0,0779	90	0,004	0,62	68	7,0	0,0208	0,268	0,065	9,12	0,029	531		
2104	0,1048	90	0,011	1,02	68	9,4	0,0348	0,332	0,166	15,00	0,022	917		
2104	0,1202	90	0,017	1,12	68	10,8	0,0429	0,357	0,246	16,47	0,022	1102		
2104	0,1208	90	0,018	1,02	68	10,9	0,0421	0,348	0,259	15,00	0,023	1058		
2104	0,1280	90	0,020	1,17	68	11,5	0,0435	0,340	0,300	17,21	0,020	1200		
2104	0,1330	90	0,022	1,12	68	12,0	0,0477	0,359	0,328	16,47	0,022	1219		
2104	0,1330	90	0,023	1,42	68	12,0	0,0473	0,355	0,332	20,88	0,017	1373		
2104	0,1432	90	0,027	1,17	69	12,6	0,0524	0,366	0,388	16,96	0,022	1323		
2104	0,1431	90	0,028	1,52	70	12,3	0,0531	0,371	0,404	21,71	0,017	1485		
2104	0,1484	90	0,029	1,27	70	12,8	0,0548	0,369	0,415	18,14	0,020	1408		
2104	0,1480	90	0,031	1,57	70	12,8	0,0554	0,374	0,436	22,43	0,017	1561		
2104	0,0415	90	0,000	-	55	5,1	-	-	0,000	-	-	-		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2104	0,0820	90	0,000	-	87	5,1	-	-	0,000	-	-	-	-	-
2104	0,1179	90	0,000	-	95	6,4	-	-	0,000	-	-	-	-	-
2104	0,1408	90	0,000	0,92	95	7,7	0,0401	0,285	0,000	9,68	0,029	838	-	-
2104	0,1529	90	0,000	1,12	95	8,3	0,0517	0,338	0,000	11,79	0,029	1003	-	-
2104	0,1620	90	0,000	1,12	95	8,8	0,0589	0,364	0,000	11,79	0,031	1064	-	-
2104	0,1812	90	0,000	1,37	95	9,9	0,0711	0,392	0,000	14,42	0,027	1316	-	-
2104	0,1914	90	0,000	1,42	97	10,1	0,0793	0,415	0,000	14,64	0,028	1385	-	-
2104	0,0814	90	0,001	0,52	87	5,1	0,0110	0,135	0,013	5,98	0,023	397	-	-
2104	0,1167	90	0,005	0,72	95	6,4	0,0217	0,186	0,052	7,58	0,025	614	-	-
2104	0,1381	90	0,009	0,82	95	7,5	0,0306	0,222	0,097	8,63	0,026	776	-	-
2104	0,1408	90	0,010	0,82	95	7,7	0,0305	0,217	0,100	8,63	0,025	791	-	-
2104	0,1529	90	0,012	1,02	95	8,3	0,0341	0,223	0,127	10,74	0,021	958	-	-
2104	0,1577	90	0,014	0,97	95	8,6	0,0386	0,245	0,150	10,21	0,024	963	-	-
2104	0,1620	90	0,015	1,07	95	8,8	0,0410	0,253	0,157	11,26	0,022	1040	-	-
2104	0,1740	90	0,020	1,07	95	9,5	0,0451	0,259	0,209	11,26	0,023	1116	-	-
2104	0,1812	90	0,021	1,12	95	9,9	0,0489	0,270	0,223	11,79	0,023	1190	-	-
2104	0,1838	90	0,023	1,12	96	9,9	0,0489	0,266	0,240	11,67	0,023	1194	-	-
2104	0,1914	90	0,025	1,12	97	10,1	0,0521	0,272	0,261	11,55	0,024	1230	-	-
2104	0,0415	90	-	0,52	55	5,1	-	-	-	9,45	-	321	-	-
2104	0,0820	90	-	0,62	87	5,1	-	-	-	7,13	-	437	-	-
2104	0,1179	90	-	0,92	95	6,4	-	-	-	9,68	-	701	-	-
2110	0,0391	90	0,000	0,62	43	7,0	0,0015	0,039	0,001	14,42	0,003	422	-	-

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2110	0,0679	90	0,003	1,02	45	11,4	0,0167	0,246	0,061	22,67	0,011	898		
2110	0,0931	90	0,008	1,47	45	15,6	0,0290	0,311	0,184	32,67	0,010	1478		
2110	0,0982	90	0,010	1,52	45	16,4	0,0318	0,323	0,217	33,78	0,010	1586		
2110	0,1040	90	0,012	1,52	50	14,9	0,0347	0,333	0,234	30,40	0,011	1512		
2110	0,1025	90	0,011	1,52	47	16,1	0,0341	0,332	0,239	32,34	0,010	1585		
2110	0,0410	90	0,000	0,47	53	5,4	0,0000	0,000	0,000	8,87	0,000	313		
2110	0,0775	90	0,000	0,72	68	7,0	0,0048	0,062	0,004	10,59	0,006	570		
2110	0,1214	90	0,005	1,22	68	10,9	0,0227	0,187	0,073	17,94	0,010	1162		
2110	0,1336	90	0,008	1,32	68	12,0	0,0277	0,208	0,113	19,41	0,011	1330		
2110	0,1435	90	0,010	1,42	69	12,6	0,0318	0,222	0,141	20,58	0,011	1460		
2110	0,1484	90	0,011	1,52	70	12,8	0,0342	0,231	0,162	21,71	0,011	1541		
2110	0,0779	90	0,000	0,52	87	4,8	0,0022	0,028	0,001	5,98	0,005	380		
2110	0,1175	90	0,000	0,82	95	6,4	0,0063	0,054	0,004	8,63	0,006	660		
2110	0,1395	90	0,001	0,92	95	7,6	0,0112	0,080	0,015	9,68	0,008	830		
2110	0,1581	90	0,003	1,12	95	8,6	0,0178	0,112	0,032	11,79	0,010	1038		
2110	0,1750	90	0,006	1,22	95	9,5	0,0236	0,135	0,058	12,84	0,010	1199		
2110	0,1838	90	0,007	1,32	96	9,9	0,0276	0,150	0,077	13,75	0,011	1296		
2111	0,0679	90	0,005	0,97	45	11,4	0,0231	0,339	0,117	21,56	0,016	876		
2111	0,0927	90	0,013	1,37	45	15,5	0,0355	0,383	0,278	30,44	0,013	1421		
2111	0,1038	90	0,017	1,57	47	16,3	0,0415	0,399	0,354	33,40	0,012	1631		
2111	0,0771	90	0,001	0,72	68	6,9	0,0069	0,089	0,012	10,59	0,008	567		
2111	0,1208	90	0,008	1,12	68	10,9	0,0280	0,232	0,117	16,47	0,014	1108		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
2111	0,1480	90	0,015	1,32	70	12,8	0,0400	0,270	0,221	18,86	0,014	1431		
2111	0,1165	90	0,001	0,72	95	6,4	0,0080	0,069	0,010	7,58	0,009	613		
2111	0,1575	90	0,005	1,02	95	8,6	0,0235	0,149	0,058	10,74	0,014	987		
2111	0,1826	90	0,011	1,22	96	9,8	0,0332	0,182	0,110	12,71	0,014	1238		
21011	0,0675	90	0,003	1,22	45	11,3	0,0176	0,260	0,076	27,11	0,010	976		
21011	0,0927	90	0,010	1,57	45	15,5	0,0314	0,339	0,219	34,89	0,010	1521		
21011	0,1039	90	0,013	1,67	47	16,3	0,0366	0,353	0,286	35,53	0,010	1684		
21011	0,0769	90	0,000	0,82	68	6,9	0,0057	0,075	0,005	12,06	0,006	603		
21011	0,1214	90	0,006	1,32	68	10,9	0,0260	0,214	0,094	19,41	0,011	1208		
21011	0,1481	90	0,014	1,62	70	12,8	0,0377	0,254	0,197	23,14	0,011	1587		
21011	0,1167	90	0,001	0,92	95	6,4	0,0083	0,071	0,005	9,68	0,007	694		
21011	0,1575	90	0,004	1,22	95	8,6	0,0216	0,137	0,044	12,84	0,011	1079		
21011	0,1835	90	0,009	1,52	96	9,8	0,0318	0,173	0,098	15,83	0,011	1388		
21110	0,0388	90	0,000	0,52	43	7,0	0,0046	0,118	0,005	12,09	0,010	384		
21110	0,0673	90	0,003	0,92	45	11,3	0,0181	0,269	0,074	20,44	0,013	846		
21110	0,0931	90	0,010	1,22	45	15,6	0,0311	0,334	0,216	27,11	0,012	1346		
21110	0,0981	90	0,011	1,42	45	16,4	0,0335	0,342	0,250	31,56	0,011	1531		
21110	0,1040	90	0,013	1,52	50	14,9	0,0367	0,353	0,267	30,40	0,012	1512		
21110	0,1020	90	0,013	1,52	47	16,0	0,0361	0,354	0,274	32,34	0,011	1577		
21110	0,0412	90	0,000	0,42	53	5,4	0,0015	0,037	0,001	7,92	0,005	297		
21110	0,0769	90	0,000	0,72	68	6,9	0,0063	0,082	0,007	10,59	0,008	565		
21110	0,1213	90	0,006	1,12	68	10,9	0,0243	0,200	0,085	16,47	0,012	1112		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	g.vá	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21110	0,1337	90	0,009	1,22	68	12,0	0,0300	0,224	0,128	17,94	0,012	1280		
21110	0,1429	90	0,012	1,32	69	12,6	0,0346	0,242	0,169	19,13	0,013	1403		
21110	0,1481	90	0,013	1,42	70	12,8	0,0366	0,247	0,187	20,29	0,012	1486		
21110	0,0824	90	0,000	0,52	87	5,1	0,0015	0,018	0,001	5,98	0,003	402		
21110	0,1168	90	0,001	0,72	95	6,4	0,0069	0,059	0,006	7,58	0,008	615		
21110	0,1386	90	0,002	0,92	95	7,6	0,0133	0,096	0,020	9,68	0,010	825		
21110	0,1581	90	0,004	1,02	95	8,6	0,0199	0,126	0,043	10,74	0,012	991		
21110	0,1745	90	0,007	1,22	95	9,5	0,0264	0,151	0,072	12,84	0,012	1195		
21110	0,1831	90	0,009	1,22	96	9,8	0,0303	0,165	0,090	12,71	0,013	1241		
21111	0,0677	90	0,003	1,12	45	11,3	0,0174	0,257	0,071	24,89	0,010	938		
21111	0,0928	90	0,009	1,47	45	15,5	0,0312	0,336	0,210	32,67	0,010	1473		
21111	0,1042	90	0,013	1,62	47	16,3	0,0362	0,347	0,275	34,47	0,010	1663		
21111	0,0778	90	0,001	0,82	68	7,0	0,0142	0,182	0,008	12,06	0,015	610		
21111	0,1210	90	0,006	1,32	68	10,9	0,0241	0,200	0,087	19,41	0,010	1204		
21111	0,1483	90	0,013	1,52	70	12,8	0,0365	0,246	0,185	21,71	0,011	1539		
21111	0,1169	90	0,001	0,82	95	6,4	0,0072	0,062	0,006	8,63	0,007	657		
21111	0,1575	90	0,004	1,22	95	8,6	0,0200	0,127	0,040	12,84	0,010	1079		
21111	0,1835	90	0,009	1,42	96	9,8	0,0295	0,161	0,090	14,79	0,011	1342		
21112	0,0678	90	0,004	1,02	45	11,3	0,0252	0,371	0,085	22,67	0,016	896		
21112	0,0926	90	0,010	1,32	45	15,5	0,0324	0,349	0,231	29,33	0,012	1393		
21112	0,1041	90	0,014	1,57	47	16,3	0,0381	0,366	0,306	33,40	0,011	1636		
21112	0,0777	90	0,001	0,72	68	7,0	0,0067	0,086	0,009	10,59	0,008	571		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Código	Qw	ng.vál	P/Gam	Lj	h	Fr	Qar	Beta	P/Gam.	Lj/h	K	We_Lj	tr/h	td/h
-	(m3/s)	(o)	(m.c.a)	(m)	(mm)	-	(m3/s)	-	-	-	-	-	-	-
21112	0,1208	90	0,007	1,22	68	10,9	0,0261	0,216	0,099	17,94	0,012	1157		
21112	0,1486	90	0,014	1,47	70	12,8	0,0381	0,257	0,205	21,00	0,012	1516		
21112	0,1172	90	0,001	0,82	95	6,4	0,0075	0,064	0,008	8,63	0,007	658		
21112	0,1580	90	0,005	1,12	95	8,6	0,0221	0,140	0,050	11,79	0,012	1037		
21112	0,1827	90	0,010	1,32	96	9,8	0,0321	0,175	0,105	13,75	0,013	1289		

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Dados dos ensaios com escoamento aerado a montante

Qw (m ³ /s)	p1 (N/m ²)	p2 (N/m ²)	Ginj (N/s)	ar(inj (m ³ /s)	Cinj -	canal (mm)	Fr -	Qar (m ³ /s)	Beta -	/Gam -	Lj/h -
0,0672	0	0	0,0000	0,0000	0,00	45	11,2	0,0180	0,268	0,074	22,67
0,0672	127343	123887	0,0324	0,0282	0,42	45	11,2	0,0177	0,264	0,071	22,67
0,0672	140103	133058	0,0478	0,0416	0,62	45	11,2	0,0193	0,287	0,082	22,67
0,0672	159644	145952	0,0694	0,0603	0,90	45	11,2	0,0197	0,293	0,085	22,67
0,0672	191280	171873	0,0895	0,0778	1,16	45	11,2	0,0205	0,305	0,090	22,67
0,0672	231025	203243	0,1161	0,1010	1,50	45	11,2	0,0214	0,318	0,098	22,67
0,0930	0	0	0,0000	0,0000	0,00	45	15,6	0,0309	0,333	0,209	30,44
0,0930	158048	150339	0,0532	0,0462	0,50	45	15,6	0,0302	0,325	0,202	30,44
0,0930	182108	168151	0,0753	0,0655	0,70	45	15,6	0,0308	0,331	0,207	30,44
0,0930	206699	187026	0,0940	0,0818	0,88	45	15,6	0,0311	0,334	0,213	30,44
0,0930	244583	216934	0,1198	0,1042	1,12	45	15,6	0,0318	0,342	0,223	30,44
0,1031	0	0	0,0000	0,0000	0,00	50	14,7	0,0355	0,344	0,246	28,40
0,1029	160707	153928	0,0505	0,0439	0,43	50	14,7	0,0354	0,343	0,245	29,40
0,1029	185830	172404	0,0748	0,0651	0,63	50	14,7	0,0358	0,347	0,250	29,40
0,1029	215073	195533	0,0959	0,0834	0,81	50	14,7	0,0361	0,351	0,256	29,40
0,1023	249634	221188	0,1227	0,1067	1,04	50	14,6	0,0357	0,349	0,253	29,40
0,0774	0	0	0,0000	0,0000	0,00	68	7,0	0,0059	0,077	0,006	10,59
0,0774	131729	124684	0,0462	0,0402	0,52	68	7,0	0,0072	0,093	0,009	10,59
0,0774	159245	145155	0,0702	0,0610	0,79	68	7,0	0,0081	0,105	0,012	10,59
0,0774	183038	163365	0,0877	0,0763	0,99	68	7,0	0,0086	0,111	0,012	11,32
0,0774	218397	191811	0,1103	0,0959	1,24	68	7,0	0,0095	0,123	0,015	12,06
0,1212	0	0	0,0000	0,0000	0,00	68	10,9	0,0255	0,210	0,095	15,74

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Dados dos ensaios com escoamento aerado a montante

Qw (m ³ /s)	p1 (N/m ²)	p2 (N/m ²)	G _{inj} (N/s)	ar(inj) (m ³ /s)	C _{inj} -	canal (mm)	Fr -	Qar (m ³ /s)	Beta -	/Gam -	Lj/h -
0,1212	143427	135983	0,0496	0,0432	0,36	68	10,9	0,0272	0,224	0,107	16,47
0,1212	164695	151801	0,0688	0,0598	0,49	68	10,9	0,0276	0,227	0,109	16,47
0,1212	194736	174664	0,0917	0,0797	0,66	68	10,9	0,0282	0,233	0,116	17,21
0,1212	229828	202844	0,1144	0,0994	0,82	68	10,9	0,0287	0,237	0,122	17,21
0,1432	0	0	0,0000	0,0000	0,00	70	12,3	0,0348	0,243	0,172	18,86
0,1432	145819	139439	0,0466	0,0405	0,28	70	12,3	0,0363	0,253	0,187	18,86
0,1432	175329	161770	0,0728	0,0633	0,44	70	12,3	0,0374	0,261	0,195	18,86
0,1432	203110	183171	0,0937	0,0814	0,57	70	12,3	0,0380	0,265	0,204	19,57
0,1432	232487	206035	0,1142	0,0993	0,69	70	12,3	0,0384	0,268	0,209	19,57
0,1167	0	0	0,0000	0,0000	0,00	95	6,4	0,0061	0,053	0,005	8,11
0,1167	129868	122823	0,0459	0,0399	0,34	95	6,4	0,0086	0,073	0,009	8,63
0,1167	149674	137046	0,0646	0,0562	0,48	95	6,4	0,0083	0,071	0,009	8,63
0,1167	186096	166024	0,0893	0,0777	0,67	95	6,4	0,0092	0,079	0,010	8,63
0,1167	217067	190482	0,1099	0,0956	0,82	95	6,4	0,0092	0,079	0,010	8,63
0,1579	0	0	0,0000	0,0000	0,00	95	8,6	0,0218	0,138	0,049	10,74
0,1579	135052	127741	0,0477	0,0415	0,26	95	8,6	0,0247	0,156	0,064	10,74
0,1579	157118	144357	0,0667	0,0580	0,37	95	8,6	0,0248	0,157	0,065	11,26
0,1579	191280	170942	0,0913	0,0794	0,50	95	8,6	0,0256	0,162	0,068	11,26
0,1579	218397	192343	0,1094	0,0951	0,60	95	8,6	0,0265	0,168	0,071	11,26
0,1743	0	0	0,0000	0,0000	0,00	95	9,5	0,0267	0,153	0,076	12,32
0,1743	137977	130932	0,0474	0,0412	0,24	95	9,5	0,0314	0,180	0,102	12,32
0,1743	159644	147016	0,0670	0,0582	0,33	95	9,5	0,0306	0,175	0,098	12,32

TABELA A.4: PLANILHA DE DADOS - AERAÇÃO DE ESCOAMENTOS DE ALTA VELOCIDADE

Dados dos ensaios com escoamento aerado a montante

Qw (m ³ /s)	p1 (N/m ²)	p2 (N/m ²)	G _{inj} (N/s)	ar(inj (m ³ /s)	C _{inj} -	canal (mm)	Fr -	Q _{ar} (m ³ /s)	Beta -	/Gam -	Lj/h -
0,1743	195135	174930	0,0921	0,0801	0,46	95	9,5	0,0320	0,184	0,104	12,32
0,1743	220125	194337	0,1094	0,0952	0,55	95	9,5	0,0323	0,185	0,108	12,32