

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismos para melhorar o contato e a mistura entre duas ou mais correntes de fluidos. ....	19
Figura 2 - Esquema do micromisturador serpentina 3-D (LIU et al., 2000). ....	20
Figura 3 - Canal do micromisturador serpentina 3-D (LIU et al., 2000). ....	21
Figura 4 - Perfil de mistura: esquerda, processo de dispersão; direita, processo de estiramento e dobra. Enquanto que um pequeno fragmento de gota foi gerado para um baixo número de Reynolds, o estiramento foi dominante para um número de Reynolds mais alto. (PARK et al., 2004) .....	23
Figura 5 - Dispositivo usado por Lin, Tsai e Fu (2005). ....	53
Figura 6 - Linhas de corrente de Lin, Tsai e Fu (2005). ....	54
Figura 7 - Fração mássica de Lin, Tsai e Fu (2005). ....	54
Figura 8 - Projeção das linhas de correntes em diferentes posições de Lin, Tsai e Fu (2005). ....	54
Figura 9 - Misturadores utilizados em Stroock et al (2002). (a) Misturador diagonal. (b) Misturador ziguezague. ....	55
Figura 10 - Evolução do traçador de partícula ao longo do misturador diagonal (AUBIN, FLETCHER, XUEREB, 2005). ....	57
Figura 11 - Mapa padrão de uma seção de Poincaré (GLEESON, 2005). ....	58
Figura 12 - Micromisturadores SOR-I e SOR-II (FU et al., 2006). ....	59
Figura 13 - Fator de atrito experimental para líquidos de Kohl et al. (2005). ....	60
Figura 14 - Comparação de dados da água para escoamento laminar incompressível em relação ao número de Reynolds (KOHL et al., 2005). ....	60
Figura 15 - Fator de Fanning VS número de Reynolds para fluido Newtoniano em duto retangular (KOHL et al., 2005). ....	61
Figura 16 - Vista da etapa de “sketch” do micromisturador M1. ....	76
Figura 17 - Vista da operação de extrusão de um dos “sketchs” do micromisturador M1. ....	77

Figura 18 - Geometria do canal reto.....	80
Figura 19 - Linhas de corrente no duto reto. ....	81
Figura 20 - Vista frontal das linhas de corrente no duto reto. ....	81
Figura 21 - Contornos de velocidade em um plano médio do duto reto. ....	82
Figura 22 - Fração mássica do corante para diferentes tempos. ....	83
Figura 23 - Distribuição do tempo de residência calculados na saída por diferentes critérios.....	84
Figura 24 - Concentração normalizada com relação ao tempo adimensional. ....	85
Figura 25 - Geometria do misturador em formato –T. ....	86
Figura 26 - Vista aproximada das linhas de corrente para alimentação não perpendicular.....	87
Figura 27 - Vista aproximada das linhas de corrente para alimentação perpendicular. ....	87
Figura 28 - Fração mássica em um plano médio para alimentação não perpendicular. ....	88
Figura 29 - Fração mássica em um plano médio para alimentação perpendicular. ..	88
Figura 30 - Fração mássica no contato dos fluidos para alimentação não perpendicular.....	89
Figura 31 - Fração mássica no contato dos fluidos para alimentação perpendicular. ....	89
Figura 32 - Fração mássica na saída do misturador para alimentação não perpendicular.....	90
Figura 33 - Geometria do misturador com ranhuras em ziguezague. ....	91
Figura 34 - Detalhe das ranhuras em ziguezague.....	91
Figura 35 - Linhas de corrente para alimentação não perpendicular. ....	92
Figura 36 - Linhas de corrente para alimentação perpendicular. ....	92
Figura 37 - Geometria do micromisturador M1.....	93
Figura 38 - Geometria do micromisturador M2.....	94

Figura 39 - Geometria do micromisturador M3.....	94
Figura 40 - Detalhe da malha gerada para o micromisturador M1. ....	95
Figura 41 - Detalhe da malha gerada para o micromisturador M2. ....	95
Figura 42 - Detalhe da malha gerada para o micromisturador M3. ....	96
Figura 43 - Contornos de Fração Mássica para o micromisturador M1 para as diferentes vazões. ....	102
Figura 44 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 4,5 ml/min no micromisturador M1.....	103
Figura 45 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 9 ml/min no micromisturador M1.....	104
Figura 46 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 18 ml/min no micromisturador M1.....	105
Figura 47 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 36 ml/min no micromisturador M1.....	106
Figura 48 - Parâmetro da qualidade da mistura em função da posição ao longo do micromisturador M1 para as diferentes vazões com diferentes malhas.....	107
Figura 49 - Comparativo da qualidade da mistura para as malhas mais refinadas do micromisturador M1 nas diferentes vazões.....	108
Figura 50 - Contornos de Pressão para o micromisturador M1 para as diferentes vazões.....	109
Figura 51 - Pressão total média em função da posição ao longo do micromisturador M1 para as diferentes vazões com diferentes malhas. ....	110
Figura 52 - Linhas de corrente de velocidade para o micromisturador M1 para as diferentes vazões. ....	111
Figura 53 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 4,5 ml/min. ....	112
Figura 54 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 4,5 ml/min (Continuação).....	113

Figura 55 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 4,5 ml/min (Continuação).....	114
Figura 56 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 9 ml/min.....	115
Figura 57 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 9 ml/min (Continuação).....	116
Figura 58 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 9 ml/min (Continuação).....	117
Figura 59 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 18 ml/min.....	118
Figura 60 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 18 ml/min (Continuação).....	119
Figura 61 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 18 ml/min (Continuação).....	120
Figura 62 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 36 ml/min.....	121
Figura 63 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 36 ml/min (Continuação).....	122
Figura 64 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M1 com vazão 36 ml/min (Continuação).....	123
Figura 65 - Velocidade média em função da posição ao longo do micromisturador M1 para as diferentes vazões com diferentes malhas. ....	124
Figura 66 - Comparativo da velocidade média para as malhas mais refinadas do micromisturador M1 nas diferentes vazões.....	125
Figura 67 - Perda de carga do micromisturador M1 para as diferentes vazões com diferentes malhas.....	126
Figura 68 - Contornos de Fração Mássica para o micromisturador M2 para as diferentes vazões. ....	129
Figura 69 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 4,5 ml/min no micromisturador M2.....	130

Figura 70 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 9 ml/min no micromisturador M2.....	131
Figura 71 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 18 ml/min no micromisturador M2.....	132
Figura 72 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 36 ml/min no micromisturador M2.....	133
Figura 73 - Parâmetro da qualidade da mistura em função da posição ao longo do micromisturador M2 para as diferentes vazões com diferentes malhas.....	134
Figura 74 - Comparativo da qualidade da mistura para as malhas mais refinadas do micromisturador M2 nas diferentes vazões.....	135
Figura 75 - Contornos de Pressão para o micromisturador M2 para as diferentes vazões.....	136
Figura 76 - Pressão total média em função da posição ao longo do micromisturador M2 para as diferentes vazões com diferentes malhas. ....	137
Figura 77 - Linhas de corrente de velocidade para o micromisturador M2 para as diferentes vazões. ....	139
Figura 78 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 4,5 ml/min. ....	140
Figura 79 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 4,5 ml/min (Continuação).....	141
Figura 80 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 4,5 ml/min (Continuação).....	142
Figura 81 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 9 ml/min. ....	143
Figura 82 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 9 ml/min (Continuação).....	144
Figura 83 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 9 ml/min (Continuação).....	145
Figura 84 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 18 ml/min. ....	146

Figura 85 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 18 ml/min (Continuação).....	147
Figura 86 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 18 ml/min (Continuação).....	148
Figura 87 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 36 ml/min. ....	149
Figura 88 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 36 ml/min (Continuação).....	150
Figura 89 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M2 com vazão 36 ml/min (Continuação).....	151
Figura 90 - Velocidade média em função da posição ao longo do micromisturador M1 para as diferentes vazões com diferentes malhas. ....	152
Figura 91 - Comparativo da velocidade média para as malhas mais refinadas do micromisturador M2 nas diferentes vazões.....	153
Figura 92 - Perda de carga do micromisturador M2 para as diferentes vazões com diferentes malhas.....	154
Figura 93 - Contornos de Fração Mássica para o micromisturador M3 para as diferentes vazões. ....	157
Figura 94 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 4,5 ml/min no micromisturador M3.....	158
Figura 95 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 9 ml/min no micromisturador M3.....	159
Figura 96 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 18 ml/min no micromisturador M3.....	160
Figura 97 - Detalhes dos contornos de fração mássica para vazão de 36 ml/min no micromisturador M3.....	161
Figura 98 - Parâmetro da qualidade da mistura em função da posição ao longo do micromisturador M3 para as diferentes vazões com diferentes malhas.....	162
Figura 99 - Comparativo da qualidade da mistura para as malhas mais refinadas do micromisturador M3 nas diferentes vazões.....	163

Figura 100 - Contornos de Pressão para o micromisturador M3 para as diferentes vazões.....	164
Figura 101 - Pressão total média em função da posição ao longo do micromisturador M3 para as diferentes vazões com diferentes malhas. ....	165
Figura 102 - Linhas de corrente de velocidade para o micromisturador M3 para as diferentes vazões. ....	166
Figura 103 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 4,5 ml/min. ....	168
Figura 104 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 4,5 ml/min (Continuação).....	169
Figura 105 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 4,5 ml/min (Continuação).....	170
Figura 106 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 9 ml/min. ....	171
Figura 107 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 9 ml/min (Continuação).....	172
Figura 108 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 9 ml/min (Continuação).....	173
Figura 109 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 18 ml/min. ....	174
Figura 110 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 18 ml/min (Continuação).....	175
Figura 111 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 18 ml/min (Continuação).....	176
Figura 112 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 36 ml/min. ....	177
Figura 113 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 36 ml/min (Continuação).....	178
Figura 114 - Projeção dos vetores velocidade em diferentes seções transversais no interior do micromisturador M3 com vazão 36 ml/min (Continuação).....	179

Figura 115 - Velocidade média em função da posição ao longo do micromisturador M3 para as diferentes vazões com diferentes malhas. ....	181
Figura 116 - Comparativo da velocidade média para as malhas mais refinadas do micromisturador M3 nas diferentes vazões.....	182
Figura 117 - Perda de carga do micromisturador M3 para as diferentes vazões com diferentes malhas.....	183
Figura 118 - Comparativo de qualidade de mistura em função da posição para os diferentes micromisturadores para as vazões simuladas.....	184
Figura 119 - Comparativo de pressão em função da posição para os diferentes micromisturadores para as vazões simuladas.....	185
Figura 120 - Comparativo de velocidade em função da posição para os diferentes micromisturadores para as vazões simuladas.....	187
Figura 121 - Comparativo de perda de carga para os diferentes micromisturadores para as vazões simuladas.....	188
Figura 122 - Número de Poiseuille em função do número de Reynolds para as diferentes malhas.....	190
Figura 123 - Fator de atrito em função do número de Reynolds para as diferentes malhas.....	190
Figura 124 - Desvio do fator de atrito simulado em função do número de Reynolds. ....	191