

TESE DE DOUTORADO

DESENVOLVIMENTO DE NOVO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO
DO TAMANHO DE LOTE MÍNIMO EM AMOSTRAGEM ALEATÓRIA
PARA MATERIAIS FRÁGEIS EMPREGANDO A DISTRIBUIÇÃO DE
DE WEIBULL

JOSÉ ANTÔNIO MACIEL PEREIRA

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais
Centro de Ciência e Tecnologia – CCT
Campos dos Goytacazes – RJ
Fevereiro - 2013

DESENVOLVIMENTO DE NOVO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO
DO TAMANHO DE LOTE MÍNIMO EM AMOSTRAGEM ALEATÓRIA
PARA MATERIAIS FRÁGEIS EMPREGANDO A DISTRIBUIÇÃO DE
DE WEIBULL

JOSE ANTÔNIO MACIEL PEREIRA

“Tese de Doutorado submetida ao corpo docente
do Centro de Ciência e Tecnologia, da
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Doutor em
Engenharia e Ciência dos Materiais.”

Orientador: Prof. Eduardo Atem de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2013

“DESENVOLVIMENTO DE NOVO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO
DO TAMANHO DE LOTE MÍNIMO EM AMOSTRAGEM ALEATÓRIA
PARA MATERIAIS FRÁGEIS EMPREGANDO A DISTRIBUIÇÃO DE
DE WEIBULL”

JOSÉ ANTÔNIO MACIEL PEREIRA

“Tese de Doutorado submetida ao corpo docente
do Centro de Ciência e Tecnologia, da
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Doutor em
Engenharia e Ciência dos Materiais.”

Aprovada em 28 de Fevereiro de 2013

Comissão Examinadora:

Prof. Aílton da Silva Ferreira
D.Sc. – Engenharia e Ciências de Materiais – UFF

Prof^a. Ana Lúcia Diegues Skury
D.Sc. – Engenharia e Ciências de Materiais – LAMAV – UENF

Prof. José Nilson França de Hollanda.
D.Sc. – Engenharia de Materiais – LAMAV – UENF

Prof. Eduardo Atem de Carvalho
Ph.D. – Engenharia Mecânica – LAMAV – UENF
(ORIENTADOR)

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCT / UENF**

31/2013

Pereira, José Antônio Maciel

Desenvolvimento de novo método para determinação do tamanho de lote mínimo em amostragem aleatória para materiais frágeis empregando a distribuição de Weibull / José Antônio Maciel Pereira.

– Campos dos Goytacazes, 2013.

xviii, 189 f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia Ciência dos Materiais) --
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Materiais
Avançados. Campos dos Goytacazes, 2013.

Orientador: Eduardo Atem de Carvalho.

Área de concentração: Metrologia.

Bibliografia: f. 182-185.

1. LOTES MÍNIMOS 2. WEIBULL 3. MATERIAIS
FRÁGEIS 4. NÚMEROS ALEATÓRIOS I. Universidade

Dedico esta obra acadêmica aos meus pais, Félix (em memória) e Gertudes, a minha incansável esposa e companheira Mônica e aos meus queridos filhos Jean, Adhara e Beatriz, que, em família, me fazem uma pessoa feliz.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.0	Função de Densidade de Probabilidade (FDP).....	7
Figura 2.1	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	8
Figura 2.2	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	9
Figura 2.3	Efeito do Parâmetro de Forma na Função de Risco (Falha).....	11
Figura 2.4	Curva da Banheira.....	12
Figura 3.0	Interface Gráfica do Software para Geração de Números Aleatórios.....	35
Figura 3.1	Interface Gráfica do Software o teste de Kolmogorov-Smirnov.....	37
Figura 3.2	Interface Gráfica do Software Relrig 32.....	38
Figura 3.3	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull frente aos Métodos Matemáticos Disponíveis do Programa.....	39
Figura 3.4	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Máxima Verossimilhança considerando Parâmetro de Localização igual a 0.....	39
Figura 3.5	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull pelo Método de Estimadores Momentos Modificados considerando o Parâmetro de Localização selecionado pelo software não igual a 0.....	40
Figura 3.6	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Probabilidade considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	40
Figura 3.7	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Risco considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	41

Figura 4.0	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov.....	77
Figura 4.1	Resultados do Comportamento de R ² para os Métodos de PP e HP.....	111
Figura 4.2	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 1.....	129
Figura 4.3	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,75.....	130
Figura 4.4	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,5.....	131
Figura 4.5	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,25.....	132
Figura 4.6	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,1.....	139
Figura 4.7	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,2.....	139
Figura 4.8	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,3.....	140
Figura 4.9	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,4.....	141
Figura 4.10	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,1.....	141
Figura 4.11	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,2.....	142
Figura 4.12	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,3.....	143
Figura 4.13	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e	

	Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,4$	144
Figura 4.14	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,1$	144
Figura 4.15	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,2$	145
Figura 4.16	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,3$	145
Figura 4.17	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,4$	146
Figura 4.18	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,1$	147
Figura 4.19	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,2$	148
Figura 4.20	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,3$	148
Figura 4.21	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,4$	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Valores críticos para a estatística do teste de Komolgorov-Smirnov.....	28
Tabela 3.1	Determinação de Coeficiente de Variação.....	31
Tabela 3.2	Sequência do Método para Determinação de Lotes Mínimos para cada Erro Relativo para a Distribuição Normal.....	39
Tabela 3.3	Sequência do Método para Determinação de Lotes Mínimos para cada Erro Relativo para a Distribuição de Weibull.....	39
Tabela 4.1	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 01 a 150).....	41
Tabela 4.2	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	42
Tabela 4.3	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	43
Tabela 4.4	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	44
Tabela 4.5	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,3$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	45
Tabela 4.6	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,3$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	46
Tabela 4.7	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,4$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	47
Tabela 4.8	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,4$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	48
Tabela 4.9	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	49
Tabela 4.10	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	50
Tabela 4.11	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	51
Tabela 4.12	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	52

Tabela 4.13	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 001 a 150).....	53
Tabela 4.14	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 151 a 300).....	54
Tabela 4.15	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 001 a 150).....	55
Tabela 4.16	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 151 a 300).....	56
Tabela 4.17	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 001 a 150).....	57
Tabela 4.18	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 151 a 300).....	58
Tabela 4.19	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 001 a 150).....	59
Tabela 4.20	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 151 a 300).....	60
Tabela 4.21	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 001 a 150).....	61
Tabela 4.22	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 151 a 300).....	62
Tabela 4.23	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 001 a 150).....	63
Tabela 4.24	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 151 a 300).....	64
Tabela 4.25	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 001 a 150).....	65
Tabela 4.26	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 151 a 300).....	66
Tabela 4.27	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 001 a 150).....	67
Tabela 4.28	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 151 a 300).....	68
Tabela 4.29	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 001 a 150).....	69

Tabela 4.30	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 151 a 300).....	70
Tabela 4.31	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 001 a 150).....	71
Tabela 4.32	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 151 a 300).....	72
Tabela 4.33	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,1.....	76
Tabela 4.34	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,2.....	77
Tabela 4.35	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,3.....	78
Tabela 4.36	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,4.....	79
Tabela 4.37	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,1.....	80
Tabela 4.38	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,2.....	81
Tabela 4.39	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,3.....	82
Tabela 4.40	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,4.....	83
Tabela 4.41	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,1.....	84
Tabela 4.42	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,2.....	85
Tabela 4.43	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para os CV = 0,3.....	86
Tabela 4.44	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,4.....	87
Tabela 4.45	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,1.....	88
Tabela 4.46	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,2.....	89

Tabela 4.47	Valores de Beta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,3.....	90
Tabela 4.48	Valores de Beta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,4.....	91
Tabela 4.49	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,1.....	92
Tabela 4.50	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,2.....	93
Tabela 4.51	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,3.....	94
Tabela 4.52	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,4.....	95
Tabela 4.53	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,1.....	96
Tabela 4.54	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para os CV = 0,2.....	97
Tabela 4.55	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,3.....	98
Tabela 4.56	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,4.....	99
Tabela 4.57	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,1.....	100
Tabela 4.58	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,2.....	101
Tabela 4.59	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,3.....	102
Tabela 4.60	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,4.....	103
Tabela 4.61	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,1.....	104
Tabela 4.62	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,2.....	105
Tabela 4.63	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,3.....	106

Tabela 4.64	Valores de Teta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,4.....	107
Tabela 4.65	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 1).....	110
Tabela 4.66	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 1).....	111
Tabela 4.67	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 1).....	112
Tabela 4.68	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 1).....	113
Tabela 4.69	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 0,75).....	114
Tabela 4.70	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 0,75).....	115
Tabela 4.71	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 0,75).....	116
Tabela 4.72	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 0,75).....	117
Tabela 4.73	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 0,5).....	118
Tabela 4.74	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 0,5).....	119
Tabela 4.75	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 0,5).....	120
Tabela 4.76	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 0,5).....	121
Tabela 4.77	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 0,25).....	122
Tabela 4.78	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 0,25).....	123
Tabela 4.79	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 0,25).....	124
Tabela 4.80	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 0,25).....	125

Tabela 4.81	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,1.....	131
Tabela 4.82	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,75.....	132
Tabela 4.83	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,5.....	133
Tabela 4.84	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,25.....	134
Tabela 4.85	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	152
Tabela 4.86	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	153
Tabela 4.87	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	153
Tabela 4.88	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	154
Tabela 4.89	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	154
Tabela 4.90	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	155
Tabela 4.91	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	155
Tabela 4.92	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	156
Tabela 4.93	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	156
Tabela 4.94	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	157
Tabela 4.95	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	157
Tabela 4.96	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	158
Tabela 4.97	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	158

Tabela 4.98	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	159
Tabela 4.99	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	159
Tabela 4.100	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	160
Tabela 5.1	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,1.....	162
Tabela 5.2	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,2.....	163
Tabela 5.3	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,3.....	163
Tabela 5.4	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,4.....	164
Tabela 5.5	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,1....	164
Tabela 5.6	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,2....	165
Tabela 5.7	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,3....	165
Tabela 5.8	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,4....	166
Tabela 5.9	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,1.....	166

Tabela 5.10	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,2.....	167
Tabela 5.11	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,3.....	167
Tabela 5.12	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,4.....	168
Tabela 5.13	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,1....	168
Tabela 5.14	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,2....	169
Tabela 5.15	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,3...	169
Tabela 5.16	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,4...	170
Tabela 5.17	Métodos com Melhor Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os LM obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	170
Tabela 5.18	Métodos com Pior Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os LM obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	171
Tabela 5.19	Valores Obtidos para Desvio Médio Percentual entre os Nmax obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	171
Tabela 5.20	Valores Obtidos para Desvio Médio Percentual entre os Nmax obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	171

Tabela 5.21	Dimensionamento para Erro Relativo (r) e Beta (Parâmetro de Forma).....	172
Tabela 5.22	Critérios de Qualidade de Aplicação do Método em Função de Erro Relativo (r).....	173
Tabela 5.23	Dimensionamento para Erro Relativo (r) e Beta (Parâmetro de Forma).....	173
Tabela 5.24	Valores Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Hespanhol (2009).....	174
Tabela 5.25	Valores de Weibull Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Hespanhol (2009).....	175
Tabela 5.26	Adimensionamento dos Valores Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Hespanhol (2009).....	175
Tabela 5.27	Valores Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009).....	177
Tabela 5.28	Valores de Weibull Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009).....	177
Tabela 5.29	Adimensionamento dos Valores Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009).....	178

ANEXO I

Tabela I	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > $nf-1$ ou n_0-1 para Faixa 0 a 1.....	186
Tabela II	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > $nf-1$ ou n_0-1 para Faixa 0 a 0,75.....	187
Tabela III	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > $nf-1$ ou n_0-1 para Faixa 0 a 0,5.....	188
Tabela IV	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > $nf-1$ ou n_0-1 para Faixa 0 a 0,25.....	189

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço ao Grande Arquiteto do Universo que sempre me alimentou de energias especiais para levar até o final este curso, me mostrando que havia algum novo motivo seguir em frente, quando a vontade de continuar estremecia e o tempo a se dedicar ao Doutorado tornava-se escasso.

Tenho imensa dívida de gratidão com os meus pais, **Félix Pereira da Silva** (em memória) e **Gertrudes Maciel da Silva**, pelo constante incentivo, desde tenra idade, para a busca incessante ao conhecimento, pois esta é a melhor herança que se pode deixar aos filhos.

Muito agradeço a minha esposa, companheira e amiga, **Mônica Pires Sant'Anna Maciel**, pela paciência e entendimento que demonstrava, quando precisava, por muitas vezes, ficar ausente do contato familiar para me dedicar ao curso. Aos meus filhos, Jean, Adhara e Beatriz, também deixo o meu sincero agradecimento pelo apoio neste projeto acadêmico.

Agradeço também ao meu Orientador de Mestrado da Fundação Getúlio Vargas (FGV), Prof. Dr. **Joaquim Rubens**, pelo constante incentivo para a conclusão do Doutorado. Além deste, fica o mais sincero agradecimento a todos os Professores, Funcionários do LAMAV e colegas da UENF que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação acadêmica no Doutorado.

Ficam dois agradecimentos especiais a duas importantes pessoas que muito me ajudaram a chegar a este título: ao meu grande amigo, colega, comradre e Irmão, Prof. M.Sc. Engenheiro. Mecânico **João Damasceno de Jesus**, pelas palavras e atitudes que me deram grande auxílio durante toda esta travessia e, inegavelmente, ao meu Orientador, Prof. Ph.D. Engenheiro Mecânico **Eduardo Atem de Carvalho**, pelo constante suporte acadêmico e gotas de sua experiência para a finalização de cada etapa deste curso de Doutorado, que me levou a concluir que foi uma grande honra tê-lo como responsável por guiar os meus passos.

Resumo da Tese apresentada ao CCT-UENF como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais.

DESENVOLVIMENTO DE NOVO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DE LOTE MÍNIMO EM AMOSTRAGEM ALEATÓRIA PARA MATERIAIS FRÁGEIS EMPREGANDO A DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL

JOSÉ ANTÔNIO MACIEL PEREIRA

28 de Fevereiro de 2013

Orientador: Eduardo Atem de Carvalho.

A determinação de um lote mínimo representativo para amostras de materiais é fator preponderante para que uma inferência sobre propriedades em geral para a população seja significativa, bem como propicia um menor custo operacional. Para materiais frágeis, onde algumas propriedades podem ser representadas pela Distribuição de Weibull, destaca-se a necessidade de que um método seja apresentado para a determinação de lotes mínimos. Deste modo, um modelo para Weibull foi construído a partir de um método já aplicado para Distribuição Normal.

Foi realizada a coleta de números verdadeiramente aleatórios, em Distribuição Normal, sob Coeficientes de Variação (relação entre Desvio Padrão e Média Aritmética da Distribuição) para quatro faixas de numéricas pré-determinadas simulando também uma dispersão aleatória existente em materiais frágeis. Estes números foram desdobrados em distribuições menores para cada Coeficiente de Variação e Faixa Numérica, simulando tamanho de lotes. Ferramentas estatísticas para a confirmação de Normalidade dos Lotes foram aplicadas.

Estes mesmos Lotes foram também testados para adequação à Distribuição de Weibull e calculados os parâmetros de forma e de escala, bem como o Coeficiente de Variação a partir de três métodos de determinação de parâmetros.

O modelo foi construído utilizando-se a Metodologia de Cochran (1977) e com a adoção de critérios específicos. Foram produzidas tabelas numéricas que relacionam os Coeficientes de Variação de Weibull, Faixa Numérica e Parâmetros de

Weibull para a determinação de lotes mínimos em função do número máximo de amostras. Dois exemplos de aplicação prática destas tabelas são também apresentados.

This abstract presented to CCT/UENF as part of necessary requirements for obtaining the degree of Doctorate in Materials Science and Engineering.

**DEVELOPMENT OF NEW METHOD TO DETERMINATION OF
MINIMUM BATCH SIZE ON RANDOM SAMPLING FOR BRITTLE
MATERIALS APPLYING WEIBULL DISTRIBUTION**

JOSÉ ANTÔNIO MACIEL PEREIRA

February 28th, 2013

Advisor: Eduardo Atem de Carvalho.

A representative minimum batch matching is a very important issue to some inference may be taken for a population focusing materials properties in general and making true lower operational costs. Regarding brittle materials where some properties can be represented by Weibull Distribution, the necessity of a new method of minimum batch be presented must be highlighted. Thus, a model has been built as baseline from a method already applied to Normal Distribution supported by statistical tools.

Applying Cochran Methodology (1977) new model was built beginning from numbers truly random, under Normal Distribution and using Variation Coefficients (quotient between Standard Deviation and Single Average of the Distribution) by four chosen numerical ranges faking the brittle materials randomly dispersion. Such numbers packs were deployed into new smaller distributions for every Variation Coefficient and Numerical range also simulating batch sizes. Statistical tools were applied ensuring Normal distribution compliance.

Such new batches were also tested for Weibull Distribution Compliance with reckoned shape and scale parameter as well as Coefficient of Variation by three Weibull parameters methods calculation.

Adopting specific criteria, numerical tables are outcome which encloses Coefficient of Variation, Numerical Ranges and Weibull Parameters with minimum batch number in reason of maximum number of batches. Two practical examples of these tables to users are also presented.

SUMÁRIO

página

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Ineditismo.....	2
1.3 Objetivos e Justificativa	2
 CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	 5
2.1 Distribuição de Weibull.....	5
2.1.1 Distribuição de Rank.....	12
2.2 Métodos de Estimação de Parâmetros.....	14
2.2.1 Método Gráfico de Probabilidade.....	15
2.2.2 Método Gráfico de de Risco.....	17
2.2.3 Método Método de Máxima Verossimilhança.....	18
2.2.4 Método dos Momentos Modificados.....	20
2.3 Métodos Matemáticos para Determinação de Lotes Mínimos.....	20
2.4 Números Aleatórios.....	24
2.4.1 Tipos de Amostras de Números Aleatórios.....	25
2.5 Teste de Kolmogorov-Smirnov.....	26
 CAPÍTULO 3: METODOLOGIA.....	 29
3.1 Método.....	29
3.1.1 Definição das Faixas de Números (FN) a serem estudadas.....	30
3.1.2 Definição dos Coeficientes de Variação (CV) a serem estudados.....	30
3.1.3 Geração e Coleta dos Números Aleatórios dentro das FN em função dos Coeficientes de Variação definidos.....	31
3.1.4 Criação de Novos Sublotes.....	32
3.1.5 Confirmação da Adequação da Normalidade das Distribuições.....	33
3.1.6 Confirmação da Adequação à Distribuição de Weibull através dos Métodos de Determinação de Parâmetros.....	34
3.1.7 Verificação do Comportamento dos Coeficientes de Variação dos Sub-Lotes em Distribuição Normal e em Distribuição de Weibull.....	38

3.1.8 Aplicação da Fórmula de Cochran (Fórmula 2.46) para cálculo do Lote Mínimo (N) em função do erro relativo para Faixas Numéricas, Coeficientes de Variação e Distribuição Normal e Métodos de Determinação de Parâmetro de Weibull.....	39
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....	40
4.1 Geração e Coleta dos Números Aleatórios.....	40
4.2 Verificação da Condição de Normalidade dos Números Aleatórios fornecidos, a partir do Teste de Kolmogorov-Smirnov, utilizando-se o software <i>Easyfit Professional</i>	73
4.3 Parâmetros de Weibull (Beta – β e Teta - θ) calculados pelo software Weibull Analsys a partir das Distribuições Normais geradas por Números Aleatórios conforme faixa e por Coeficiente de Variação.....	76
4.4 Verificação da Condição de Adequação dos Números Aleatórios fornecidos através dos Métodos Gráfico de Probabilidade (PP) e de Risco (HP) a partir do Coeficiente de , utilizando-se o software Weibull Analsys.....	108
4.5 Comportamento do CV para as Distribuições.....	109
4.6 Verificação do Comportamento dos Parâmetros de Weibull em função do Número de Lotes.....	130
4.7 Aplicação da Fórmula de Cochran n_f ou n_0 para os Números Aleatórios utilizando-se o Modelo Normal (Média e Desvio Padrão) e o Modelo de Weibull (Média e Desvio Padrão de Weibull).....	130
4.8 Determinação Aplicação da Fórmula de Cochran n_f ou n_0 para os Números Aleatórios utilizando-se o Modelo Normal (Média e Desvio Padrão) e o Modelo de Weibull (Média e Desvio Padrão de Weibull).....	151
CAPÍTULO 5: ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	161
5.1 Definição do Critério do Melhor Método para Determinação de Lote Mínimo de Weibull em relação ao Método Normal.....	161
5.1.1 Diferença Percentual Absoluta de Valores de Lote Mínimo Calculado para o Método de Weibull em relação ao Método Normal.	161
5.1.2 Desvio Médio Absoluto dos valores de N_{max} verificado para a determinação do Lote Mínimo para o Método de Weibull em relação ao Método Normal.....	162

5.2	Aplicação Prática do Método para Validação.....	173
CAPÍTULO 6:	CONCLUSÕES.....	179
REFERÊNCIAS	BIBLIOGRÁFICAS.....	182

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.0	Função de Densidade de Probabilidade (FDP).....	7
Figura 2.1	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	8
Figura 2.2	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	9
Figura 2.3	Efeito do Parâmetro de Forma na Função de Risco (Falha).....	11
Figura 2.4	Curva da Banheira.....	12
Figura 3.0	Interface Gráfica do Software para Geração de Números Aleatórios.....	35
Figura 3.1	Interface Gráfica do Software o teste de Kolmogorov-Smirnov.....	37
Figura 3.2	Interface Gráfica do Software Relrig 32.....	38
Figura 3.3	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull frente aos Métodos Matemáticos Disponíveis do Programa.....	39
Figura 3.4	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Máxima Verossimilhança considerando Parâmetro de Localização igual a 0.....	39
Figura 3.5	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull pelo Método de Estimadores Momentos Modificados considerando o Parâmetro de Localização selecionado pelo software não igual a 0.....	40
Figura 3.6	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Probabilidade considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	40
Figura 3.7	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Risco considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	41

Figura 4.0	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov.....	77
Figura 4.1	Resultados do Comportamento de R ² para os Métodos de PP e HP.....	111
Figura 4.2	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 1.....	129
Figura 4.3	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,75.....	130
Figura 4.4	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,5.....	131
Figura 4.5	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,25.....	132
Figura 4.6	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,1.....	139
Figura 4.7	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,2.....	139
Figura 4.8	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,3.....	140
Figura 4.9	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,1 e CV = 0,4.....	141
Figura 4.10	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,1.....	141
Figura 4.11	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,2.....	142
Figura 4.12	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,3.....	143
Figura 4.13	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e	

	Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,4.....	144
Figura 4.14	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0,1.....	144
Figura 4.15	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0,2.....	145
Figura 4.16	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0,3.....	145
Figura 4.17	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0,4.....	146
Figura 4.18	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,1.....	147
Figura 4.19	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,2.....	148
Figura 4.20	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,3.....	148
Figura 4.21	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull em função de r a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,4.....	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Valores críticos para a estatística do teste de Komolgorov-Smirnov.....	28
Tabela 3.1	Determinação de Coeficiente de Variação.....	31
Tabela 3.2	Sequência do Método para Determinação de Lotes Mínimos para cada Erro Relativo para a Distribuição Normal.....	39
Tabela 3.3	Sequência do Método para Determinação de Lotes Mínimos para cada Erro Relativo para a Distribuição de Weibull.....	39
Tabela 4.1	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 01 a 150).....	41
Tabela 4.2	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	42
Tabela 4.3	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	43
Tabela 4.4	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	44
Tabela 4.5	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,3$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	45
Tabela 4.6	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,3$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	46
Tabela 4.7	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,4$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	47
Tabela 4.8	Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e $CV = 0,4$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	48
Tabela 4.9	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	49
Tabela 4.10	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,1$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	50
Tabela 4.11	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 001 a 150).....	51
Tabela 4.12	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$ (Número de Ordem de 151 a 300).....	52

Tabela 4.13	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 001 a 150).....	53
Tabela 4.14	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 151 a 300).....	54
Tabela 4.15	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 001 a 150).....	55
Tabela 4.16	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 151 a 300).....	56
Tabela 4.17	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 001 a 150).....	57
Tabela 4.18	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 151 a 300).....	58
Tabela 4.19	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 001 a 150).....	59
Tabela 4.20	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 151 a 300).....	60
Tabela 4.21	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 001 a 150).....	61
Tabela 4.22	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 151 a 300).....	62
Tabela 4.23	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 001 a 150).....	63
Tabela 4.24	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 151 a 300).....	64
Tabela 4.25	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 001 a 150).....	65
Tabela 4.26	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,1 (Número de Ordem de 151 a 300).....	66
Tabela 4.27	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 001 a 150).....	67
Tabela 4.28	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,2 (Número de Ordem de 151 a 300).....	68
Tabela 4.29	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 001 a 150).....	69

Tabela 4.30	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,3 (Número de Ordem de 151 a 300).....	70
Tabela 4.31	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 001 a 150).....	71
Tabela 4.32	Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,4 (Número de Ordem de 151 a 300).....	72
Tabela 4.33	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,1.....	76
Tabela 4.34	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,2.....	77
Tabela 4.35	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,3.....	78
Tabela 4.36	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,4.....	79
Tabela 4.37	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,1.....	80
Tabela 4.38	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,2.....	81
Tabela 4.39	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,3.....	82
Tabela 4.40	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,4.....	83
Tabela 4.41	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,1.....	84
Tabela 4.42	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,2.....	85
Tabela 4.43	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para os CV = 0,3.....	86
Tabela 4.44	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,4.....	87
Tabela 4.45	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,1.....	88
Tabela 4.46	Valores de Beta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,2.....	89

Tabela 4.47	Valores de Beta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,3.....	90
Tabela 4.48	Valores de Beta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,4.....	91
Tabela 4.49	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,1.....	92
Tabela 4.50	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,2.....	93
Tabela 4.51	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,3.....	94
Tabela 4.52	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 1 para o CV = 0,4.....	95
Tabela 4.53	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,1.....	96
Tabela 4.54	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para os CV = 0,2.....	97
Tabela 4.55	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,3.....	98
Tabela 4.56	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,75 para o CV = 0,4.....	99
Tabela 4.57	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,1.....	100
Tabela 4.58	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,2.....	101
Tabela 4.59	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,3.....	102
Tabela 4.60	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,5 para o CV = 0,4.....	103
Tabela 4.61	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,1.....	104
Tabela 4.62	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,2.....	105
Tabela 4.63	Valores de Teta a partir do Software Weibull Análisis para a Faixa entre 0 e 0,25 para os CV = 0,3.....	106

Tabela 4.64	Valores de Teta a partir do Software Weibull Analsys para a Faixa entre 0 e 0,25 para o CV = 0,4.....	107
Tabela 4.65	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 1).....	110
Tabela 4.66	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 1).....	111
Tabela 4.67	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 1).....	112
Tabela 4.68	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 1).....	113
Tabela 4.69	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 0,75).....	114
Tabela 4.70	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 0,75).....	115
Tabela 4.71	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 0,75).....	116
Tabela 4.72	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 0,75).....	117
Tabela 4.73	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 0,5).....	118
Tabela 4.74	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 0,5).....	119
Tabela 4.75	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 0,5).....	120
Tabela 4.76	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 0,5).....	121
Tabela 4.77	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,1 (Faixa 0 a 0,25).....	122
Tabela 4.78	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,2 (Faixa 0 a 0,25).....	123
Tabela 4.79	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,3 (Faixa 0 a 0,25).....	124
Tabela 4.80	Valores de CV Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para CV Padrão de 0,4 (Faixa 0 a 0,25).....	125

Tabela 4.81	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,1.....	131
Tabela 4.82	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,75.....	132
Tabela 4.83	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,5.....	133
Tabela 4.84	Utilização da correção nf ou ou manutenção de n_0 para a Faixa 0 a 0,25.....	134
Tabela 4.85	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	152
Tabela 4.86	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	153
Tabela 4.87	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	153
Tabela 4.88	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 1 em função do erro relativo (r).....	154
Tabela 4.89	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	154
Tabela 4.90	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	155
Tabela 4.91	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	155
Tabela 4.92	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 0,75 em função do erro relativo (r).....	156
Tabela 4.93	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	156
Tabela 4.94	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	157
Tabela 4.95	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	157
Tabela 4.96	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 0,5 em função do erro relativo (r).....	158
Tabela 4.97	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,1 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	158

Tabela 4.98	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,2 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	159
Tabela 4.99	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,3 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	159
Tabela 4.100	Valores Obtidos para Lotes Mínimos para CV 0,4 e Faixa 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).....	160
Tabela 5.1	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,1.....	162
Tabela 5.2	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,2.....	163
Tabela 5.3	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,3.....	163
Tabela 5.4	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 1 e CV=0,4.....	164
Tabela 5.5	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,1....	164
Tabela 5.6	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,2....	165
Tabela 5.7	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,3....	165
Tabela 5.8	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,75 e CV=0,4....	166
Tabela 5.9	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,1.....	166

Tabela 5.10	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,2.....	167
Tabela 5.11	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,3.....	167
Tabela 5.12	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,5 e CV=0,4.....	168
Tabela 5.13	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,1....	168
Tabela 5.14	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,2....	169
Tabela 5.15	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,3...	169
Tabela 5.16	Valores Obtidos para Desvio Médio Absoluto entre os Nmax e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r) para a Faixa de 0 a 0,25 e CV=0,4...	170
Tabela 5.17	Métodos com Melhor Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os LM obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	170
Tabela 5.18	Métodos com Pior Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os LM obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	171
Tabela 5.19	Valores Obtidos para Desvio Médio Percentual entre os Nmax obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	171
Tabela 5.20	Valores Obtidos para Desvio Médio Percentual entre os Nmax obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal em relação ao erro relativo (r).....	171

Tabela 5.21	Dimensionamento para Erro Relativo (r) e Beta (Parâmetro de Forma).....	172
Tabela 5.22	Crêterios de Qualidade de Aplicaçãõ do Môtodo em Funçãõ de Erro Relativo (r).....	173
Tabela 5.23	Dimensionamento para Erro Relativo (r) e Beta (Parâmetro de Forma).....	173
Tabela 5.24	Valores Obtidos de Tensãõ de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Hespanhol (2009).....	174
Tabela 5.25	Valores de Weibull Obtidos de Tensãõ de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Hespanhol (2009).....	175
Tabela 5.26	Adimensionamento dos Valores Obtidos de Tensãõ de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Hespanhol (2009).....	175
Tabela 5.27	Valores Obtidos de Tensãõ de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009).....	177
Tabela 5.28	Valores de Weibull Obtidos de Tensãõ de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009).....	177
Tabela 5.29	Adimensionamento dos Valores Obtidos de Tensãõ de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009).....	178

ANEXO I

Tabela I	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > n_f-1 ou n_0-1 para Faixa 0 a 1.....	186
Tabela II	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > n_f-1 ou n_0-1 para Faixa 0 a 0,75.....	187
Tabela III	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > n_f-1 ou n_0-1 para Faixa 0 a 0,5.....	188
Tabela IV	Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo > n_f-1 ou n_0-1 para Faixa 0 a 0,25.....	189

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Função de Densidade de Probabilidade (FDP).....	6
Figura 2.2	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	7
Figura 2.3	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	8
Figura 2.4	Efeito do Parâmetro de Forma na Função de Risco (Falha).....	10
Figura 2.5	Curva da Banheira.....	11
Figura 3.1	Interface Gráfica do Software para Geração de Números Aleatórios.....	32
Figura 3.2	Interface Gráfica do Software o teste de Kolmogorov-Smirnov.....	34
Figura 3.3	Interface Gráfica do Software Relrig 32.....	35
Figura 3.4	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull frente aos Métodos Matemáticos Disponíveis do Programa.....	36
Figura 3.5	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Máxima Verossimilhança considerando Parâmetro de Localização igual a 0.....	36
Figura 3.6	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull pelo Método de Estimadores Momentos Modificados considerando o Parâmetro de Localização selecionado pelo software não igual a 0.....	37
Figura 3.7	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Probabilidade considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	37
Figura 3.8	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Risco considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	38

Figura 4.1	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75.....	74
Figura 4.2	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas Numéricas de 0 a 0,5 e de 0 a 0,25.....	75
Figura 4.3	Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para as Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75.....	108
Figura 4.4	Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para as Faixas Numéricas de 0 a 0,5 e de 0 a 0,25.....	109
Figura 4.5	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 1.....	126
Figura 4.6	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,75.....	127
Figura 4.7	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,5.....	128
Figura 4.8	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,25.....	129
Figura 4.9	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,1$	135
Figura 4.10	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,2$	136
Figura 4.11	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,3$	137
Figura 4.12	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,4$	138
Figura 4.13	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,1$	139
Figura 4.14	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$	140

Figura 4.15	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,3$	141
Figura 4.16	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,4$	142
Figura 4.17	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,1$	143
Figura 4.18	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,2$	144
Figura 4.19	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,3$	145
Figura 4.20	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,4$	146
Figura 4.21	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,1$	147
Figura 4.22	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,2$	148
Figura 4.23	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,3$	149
Figura 4.24	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,4$	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Função de Densidade de Probabilidade (FDP).....	6
Figura 2.2	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	7
Figura 2.3	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	8
Figura 2.4	Efeito do Parâmetro de Forma na Função de Risco (Falha).....	10
Figura 2.5	Curva da Banheira.....	11
Figura 3.1	Interface Gráfica do Software para Geração de Números Aleatórios.....	32
Figura 3.2	Interface Gráfica do Software o teste de Kolmogorov-Smirnov.....	34
Figura 3.3	Interface Gráfica do Software Relrig 32.....	35
Figura 3.4	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull frente aos Métodos Matemáticos Disponíveis do Programa.....	36
Figura 3.5	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Máxima Verossimilhança considerando Parâmetro de Localização igual a 0.....	36
Figura 3.6	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull pelo Método de Estimadores Momentos Modificados considerando o Parâmetro de Localização selecionado pelo software não igual a 0.....	37
Figura 3.7	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Probabilidade considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	37
Figura 3.8	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Risco considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	38

Figura 4.1	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75.....	74
Figura 4.2	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas Numéricas de 0 a 0,5 e de 0 a 0,25.....	75
Figura 4.3	Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para as Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75.....	108
Figura 4.4	Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para as Faixas Numéricas de 0 a 0,5 e de 0 a 0,25.....	109
Figura 4.5	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 1.....	126
Figura 4.6	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,75.....	127
Figura 4.7	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,5.....	128
Figura 4.8	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,25.....	129
Figura 4.9	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,1$	135
Figura 4.10	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,2$	136
Figura 4.11	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,3$	137
Figura 4.12	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,4$	138
Figura 4.13	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,1$	139
Figura 4.14	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$	140

Figura 4.15	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,3$	141
Figura 4.16	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,4$	142
Figura 4.17	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,1$	143
Figura 4.18	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,2$	144
Figura 4.19	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,3$	145
Figura 4.20	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,4$	146
Figura 4.21	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,1$	147
Figura 4.22	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,2$	148
Figura 4.23	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,3$	149
Figura 4.24	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,4$	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Função de Densidade de Probabilidade (FDP).....	6
Figura 2.2	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	7
Figura 2.3	Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade.....	8
Figura 2.4	Efeito do Parâmetro de Forma na Função de Risco (Falha).....	10
Figura 2.5	Curva da Banheira.....	11
Figura 3.1	Interface Gráfica do Software para Geração de Números Aleatórios.....	32
Figura 3.2	Interface Gráfica do Software o teste de Kolmogorov-Smirnov.....	34
Figura 3.3	Interface Gráfica do Software Relrig 32.....	35
Figura 3.4	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull frente aos Métodos Matemáticos Disponíveis do Programa.....	36
Figura 3.5	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Máxima Verossimilhança considerando Parâmetro de Localização igual a 0.....	36
Figura 3.6	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull pelo Método de Estimadores Momentos Modificados considerando o Parâmetro de Localização selecionado pelo software não igual a 0.....	37
Figura 3.7	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Probabilidade considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	37
Figura 3.8	Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Risco considerando o Parâmetro de Localização igual a 0.....	38
Figura 4.1	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75.....	74
Figura 4.2	Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas	75

	Numéricas de 0 a 0,5 e de 0 a 0,25.....	
Figura 4.3	Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para as Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75.....	108
Figura 4.4	Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para as Faixas Numéricas de 0 a 0,5 e de 0 a 0,25.....	109
Figura 4.5	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 1.....	126
Figura 4.6	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,75.....	127
Figura 4.7	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,5.....	128
Figura 4.8	Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,25.....	129
Figura 4.9	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,1$	135
Figura 4.10	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,2$	136
Figura 4.11	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,3$	137
Figura 4.12	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,4$	138
Figura 4.13	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,1$	139
Figura 4.14	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$	140
Figura 4.15	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,3$	141

Figura 4.16	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,4$	142
Figura 4.17	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,1$	143
Figura 4.18	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,2$	144
Figura 4.19	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,3$	145
Figura 4.20	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,4$	146
Figura 4.21	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,1$	147
Figura 4.22	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,2$	148
Figura 4.23	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,3$	149
Figura 4.24	Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e $CV = 0,4$	150

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

O Modelo ou Distribuição de Weibull, que foi já conhecido como *Fisher-Tippet III* dos Menores Valores ou Terceira Assintótica dos menores valores extremos (Kapur & Lamberson, 1977), tem sido, em recentes anos, utilizado em grande

número de trabalhos científicos e na indústria para a determinação de vida útil ou previsões nas áreas aeroespacial, automotiva, geração elétrica, eletrônica, médica e dentária, eletrônica. Como exemplos práticos, é empregado como uma ferramenta recomendada para determinar o potencial da energia eólica (Rocha *et al*, 2012), analisar os dados de campo ou de ensaios para análises de confiabilidade com objetivo de determinar as fases de falhas prematuras (mortalidade infantil), a fase de falhas casuais ou aleatórias (taxa de falhas constante) e a fase por falhas por desgaste (Lafraia, 2001).

Weibull consegue descrever uma propriedade de materiais frágeis (também chamados de baixa tenacidade), denominado de Módulo de Weibull e simbolizado pela letra m . (Carvalho, 2007), fornecendo um indicativo da resistência mecânica do material (Menegazzo *et al*, 2002) sob cargas que provocam fadiga e fraturas. Assim, quanto maior este Módulo de Weibull, menor tendência de existência de micro-defeitos neste material, servindo, deste modo, como índice de confiança para seu uso. Vale dizer que a resistência de um mesmo material cerâmico pode variar largamente, já que materiais frágeis sempre contêm uma população de micro-defeitos em seu volume (Duarte, 2000). O Modelo de Weibull apresenta boa aderência ao controle de processos que envolvam falhas de materiais ou peças ao longo do tempo e grande flexibilidade em se adaptar a diversas distribuições de frequência acumuladas (Dodson, 2006).

A determinação do tamanho de Lote Mínimo de uma população requer a escolha um certo número N , que represente o que dela se espera, para que uma ação ou decisão consistente seja tomada quando o resultado da amostragem é conhecido (Duarte, 2000). Um outro modo de se analisar este caso, seria a resposta à pergunta feita por Bartlett *et al* (2001) sobre qual o tamanho de uma amostra necessária para que qualquer inferência consistente possa ser estendida para toda a população, eliminando-se a possibilidade de qualquer análise posterior, ao mesmo tempo, com o objetivo reduzir o tempo de análise e os respectivos custos de todo este processo.

A amostragem é uma técnica amplamente utilizada no estudo de populações, decorrente das vantagens que este processo proporciona. Porém, utilizando-se uma má amostragem, os resultados estarão sujeitos a um certo grau de incerteza, já que os dados mensurados em amostras, por considerar apenas uma parte da população, podem conduzir a uma variação aleatória composta de duas partes: a primeira,

relativa ao método de medição e a segunda, relativa ao próprio material. Estes erros podem ser reduzidos trabalhando-se com uma amostra dimensionada para uma precisão desejada (Lúcio et al, 2003).

1.2 Ineditismo

A literatura acadêmica mostra diversos trabalhos com desenvolvimento de métodos para a determinação de lotes mínimos de amostras com a premissa de que a população estudada possui uma distribuição normal. Por um outro lado, é sabido que, muitas outras distribuições podem também representar uma população estudada.

Na área de Engenharia de Materiais, tem grande destaque a Distribuição de Weibull que possui excelente aderência a materiais frágeis, porém não se identifica nenhum trabalho acadêmico apontando algum método para a determinação de lotes mínimos para as populações por esta Distribuição representadas. Aí se encontra o ineditismo desta Tese de Doutorado, desenvolvida em metodologia quantitativa e exploratória, a partir de dados empíricos e validados, ao final, em exemplos práticos.

1.3 Objetivos e Justificativa

O Objetivo Geral desta Tese de Doutorado está associado em apresentar um novo método para a determinação de lotes mínimos para materiais que apresentam distribuição por Weibull na busca de atender a uma necessidade da área de Engenharia de Materiais, cujos Laboratórios Acadêmicos e da Indústria (área de Confiabilidade de Equipamentos, por exemplo), lidam com estudos com materiais frágeis. Este tipo de material pode ter propriedades mecânicas descritas pela Distribuição de Weibull. Por outro lado, ainda se busca a determinação de Lotes Mínimos para que estes estudos possuam representatividade da população dentro das premissas do trabalho, bem como sejam viáveis economicamente.

Assim, o tema se justifica quando esta Tese desenvolve uma nova ferramenta para determinação do tamanho de lote mínimo (número de amostras), que seja representativo para a população de materiais frágeis, a partir de um método matemático desenvolvido e aceito na área acadêmica.

Este novo método, por sua vez, também se inicia de uma premissa do uso de uma ferramenta aplicada para Distribuições Normais, apresentada por Cochran (1977), mas que possui as suas variáveis adaptadas, a partir de premissas múltiplas,

para a Distribuição de Weibull. Partindo-se de 300 números aleatórios distribuídos em 60 sublotes (denominados de Lotes Originais), quatro faixas numéricas (simulando níveis de dispersão) o método de Cochran amplamente utilizado na Distribuição Normal, foi aplicado para a Distribuição de Weibull, em função do Erro Relativo estabelecido pelo método na faixa de 0,1 a 0,01 (1 a 10%).

Como Objetivo Específico, esta Tese de Doutorado buscou responder quatro perguntas:

- a) Qual o valor deste número que pode ser considerado, após certos critérios atendidos, como Lote Mínimo para a Distribuição de Weibull?
- b) Qual o número máximo para o Lote Original onde, após certos critérios atendidos, ocorre o aparecimento de um valor aceito como constante de Lote mínimo.
- c) Qual o desvio do Método desenvolvido em relação ao Método Normal.
- d) Como é a aplicabilidade deste Método desenvolvido aleatoriamente para lotes reais com Distribuição de Weibull?

Para a Distribuição de Weibull, o cálculo dos parâmetros de forma (β) e de localização (θ) foi realizado através de três Métodos de Determinação: Método de Máxima Verossimilhança, Método Gráfico de Probabilidade e Método Gráfico de Risco, adotando-se o parâmetro de localização (δ) igual a zero ou inexistente. Apresenta tabelas geradas de rápida utilização e comparativas entre o Método Normal e os de Weibull, em função do erro relativo da fórmula de Cochran. Também relacionando β e θ em função do Coeficiente de Variação de Weibull e Faixa de Numérica de Dispersão, para identificar o número mínimo de amostras necessárias e o desvio existente entre os modelos. Admite-se o erro $\alpha = 0,05$, o que confere as tabelas a confiabilidade de 95%, para que a representatividade desejada seja obtida também no Modelo de Weibull.

CAPÍTULO 2

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo busca apresentar os trabalhos da literatura que embasaram esta pesquisa científica, situando o tema em um contexto acadêmico para a Distribuição de Weibull em materiais frágeis, bem como consubstanciar o desenvolvimento da formulação no novo método de Determinação de Lotes Mínimos.

2.1 Distribuição de Weibull

Wallodi Weibull (1887-1979), engenheiro originário da área aeronáutica, contribuiu bastante para a difusão do conhecimento de confiabilidade, previsão vida futura e comportamento de materiais. Agraciado com duas Medalhas de Ouro (1972 e 1988) pela ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) devido a sua contribuição à Engenharia e à Estatística.

A Distribuição de Weibull foi inicialmente publicada em 1951 como “*A Statistical Distribution Function of Wide Applicability*” (Dodson, 2006), embora tenha sido identificada pela primeira vez por Fréchet em 1927 e aplicada pela primeira vez por Rosin & Rammler em 1933 para descrever a distribuição do tamanho de partículas (De Souza *et al*, 2011).

Weibull sugere que crescimento de uma microtrinca isolada em uma estrutura frágil, quando tracionada na direção normal do seu plano, é similar a uma corrente que se rompe quando a resistência de seu elo mais fraco é excedida (Menegazzo *et al*, 2002). Um material possui a sua resistência mecânica determinada pela sua

microestrutura e a distribuição e tamanho dos defeitos existentes, que são sempre aleatórias e apresentam certa dispersão (Menegazzo *et al*, 2002). Esta dispersão verificada pode ser obtida de modo quantitativo através do módulo de Weibull. Deste modo, quanto maior é o Módulo de Weibull, menor é a dispersão.

Materiais frágeis são aqueles que absorvem a energia aplicada sobre eles sem se deformar até um ponto crítico, no qual se rompem sem aviso prévio (Berezowski, 2006).

Dodson (2006) estabelece 04 funções de interesse para o uso de Weibull:

- 1) A Função Densidade de Probabilidade (fdp) -> $f(x)$.
- 2) A Função Distribuição Cumulativa (cdf) -> $F(x)$
- 3) A Função Confiabilidade -> $R(x)$
- 4) Função Risco -> $h(x)$.

1) Função Densidade de Probabilidade (FDP) – *Probability Density Function* (PDF):
Descreve a forma da distribuição em função de um histograma, conforme Figura 2.1.

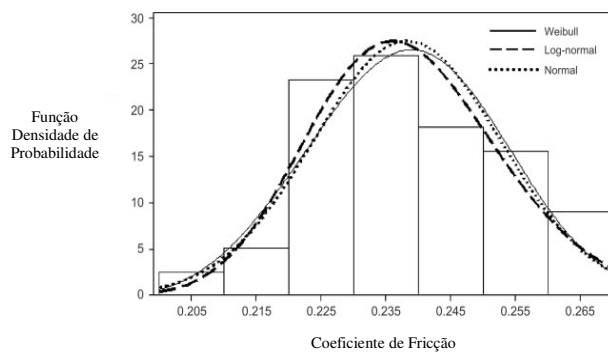


Figura 2.1: Função de Densidade de Probabilidade (Chang *et al*, 2008)

Possui duas condições básicas requeridas:

- a) $f(x) > 0$ para todo x (tempo).
- b) Área sob a curva $f(x) = 1$.

Assim:

Para Distribuições Contínuas

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1 \quad (2.1)$$

Para Distribuições Discretas:

$$\sum_n x_n = 1 \quad (2.2)$$

A função densidade de probabilidade de Weibull é definida por Dodson (2006) como:

$$f(x) = \frac{\beta(x-\delta)^{\beta-1}}{\theta^{\beta}} e^{\left\{-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^{\beta}\right\}} \quad (2.3)$$

Onde:

β é o parâmetro de forma (também conhecido como Módulo de Weibull e inclinação da Distribuição de Weibull, representado em materiais frágeis como **m**) cujo efeito na FDP é visto na Figura 2.2. É um número puro ou adimensional. Valor este que controla a variância dos valores medidos, ou seja, quantifica a dispersão dos resultados e fornece uma avaliação da homogeneidade do material: quanto maior o seu valor, mais estreita é a distribuição dos valores medidos, ou seja, maior é a repetibilidade dos resultados (Vieira, 2010). Por conseguinte, quanto menor esta constante, mais próxima de ocorrer está a falha, pois torna o material susceptível a falhas em uma vasta faixa de tensões. Wu *et al* (2006) também sugerem que o parâmetro de forma é mais eficiente em previsões para materiais frágeis do que o parâmetro de escala.

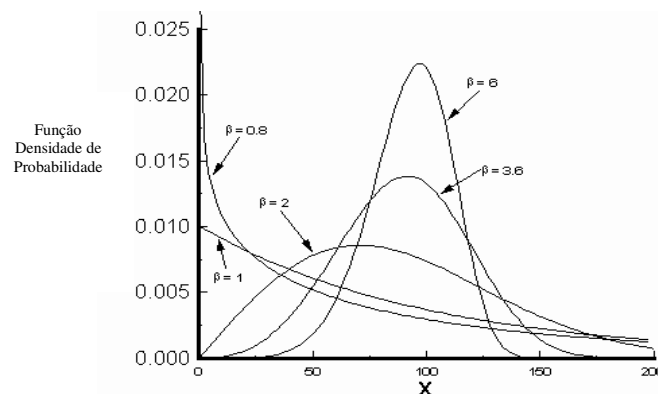


Figura 2.2: Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade (Duarte, 2000)

Valor de β igual a:

- a) 1: Equivalente à Distribuição Exponencial.
- b) 2: Equivalente à Distribuição de Rayleigh.
- c) Entre 1 e 3,6: Aproxima-se da LogNormal.
- d) Entre 3 e 4: Aproxima-se da Distribuição Normal (3.6 é a melhor estimativa, compensando a assimetria existente).
- e) 5: Aproxima-se de uma Distribuição Normal de Pico (desvio padrão tende a zero).

θ é o parâmetro de escala. É também conhecido como vida característica, ou seja, resistência intrínseca como a durabilidade do material, a resistência mecânica ou pressão (Vieira, 2010). Significa o valor de tempo em que 63,2% das falhas ocorrem se o parâmetro de localização for igual a zero. Se o parâmetro de localização for diferente de zero, este deverá ser adicionado ao parâmetro de escala para que esta

mesma regra seja aceita. Determina comprimento da escala (eixo das abscissas) propriamente dita da função, conforme explicitado na Figura 2.3.

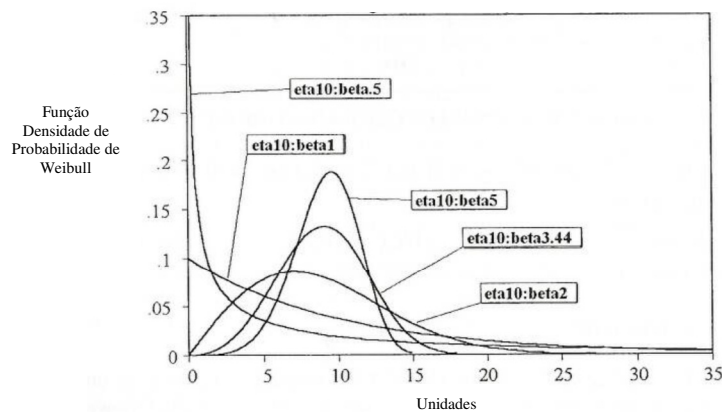


Figura 2.3: Efeito do Parâmetro de Escala na Função de Densidade de Probabilidade (Albernathy, 2012)

δ é o parâmetro de localização (ou de posição) ao longo do eixo das abscissas (Considerando que x é maior ou igual a δ na fórmula 2.3) em relação à origem. Em caso de $\delta \neq$ zero. Também conhecido como vida mínima da população, indicando que a probabilidade de ocorrer uma falha abaixo deste valor é zero e novas considerações deverão ser feitas, as quais se encontram claramente explicitadas em Dodson (2006). Quando existe uma Distribuição de Weibull de 02 parâmetros ($\delta = 0$) a vida mínima é também igual a zero.

2) Função de Distribuição Cumulativa - FDC (*Cumulative Distribution Function* - CDF): É a área sob a linha da Função de Densidade de Probabilidade, representando a probabilidade de sobrevivência de x sendo menor do que o valor de $P(X < x)$.

Para Distribuições Contínuas: $P \geq 0$

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx \quad (2.4)$$

Para Distribuições Discretas: $P > 0$

Esta distribuição descreve a probabilidade de falha e o tempo aproximado de vida dos materiais sob cargas cíclicas ou não, que provocam a fadiga e fraturas em certos materiais (Weibull, 1951). Considera-se a Distribuição de Falhas na forma:

$$P \text{ ou } F(x) = 1 - e^{\varnothing(x)} \quad (2.5)$$

Onde P ou $F(x)$ é a probabilidade de falha para uma dada característica x (pressão, resistência, tempo, carga, etc.) e $\varnothing(x)$ tem que ser uma função positiva não decrescente. Assim, Weibull (1951) propõe a distribuição como:

$$F(x) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^\beta\right]} \quad (2.6)$$

Para materiais frágeis, a expressão transforma-se em:

$$F = 1 - e^{\left[-\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^m\right]} \quad (2.7)$$

Onde:

F = probabilidade de fratura.

σ = é a tensão de ruptura.

σ_0 = é a constante de normalização, correspondente à tensão cuja probabilidade de falha é 62,3%.

m = módulo ou parâmetro de Weibull.

A partir da teoria do elo mais fraco de uma corrente, Weibull descreveu o comportamento da resistência mecânica dos materiais, onde o ponto com menor resistência determina a resistência do corpo inteiro, fazendo com que a resistência medida sempre será o menor valor de um conjunto de valores possíveis e, se outro ensaio for realizado, outros valores mínimos poderão ser obtidos. Deste modo, demonstrando que a resistência medida pode ser considerada um valor aleatório (Vieira, 2010). Assim, ao se tentar avaliar empiricamente a resistência de um material frágil, ao invés de ser obtido um único valor definido, chega-se a um conjunto de dados espalhados e distribuídos probabilisticamente ao longo de uma faixa relativamente ampla de tensões (Berezowski *et al*, 2006).

3) Função de Confiabilidade - FC (*Reliability Function* - RF): É a probabilidade de sobrevivência do sistema, sendo o complemento da Função de Distribuição Cumulativa F(x), sendo obtida através da Função de Densidade de Probabilidade:

$$R(x) = 1 - F(x) = 1 - \int_{-\infty}^x f(\sigma) d\sigma = \int_x^{\infty} f(\sigma) d(\sigma)$$

$$R(x) = \int_x^{\infty} \frac{\beta(t-\delta)^{\beta-1}}{\theta^\beta} e^{\left\{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta\right\}} dt \quad (2.8)$$

4) Função Risco - FR (*Harzard Function* - HF): É a taxa condicional de falhas em certo intervalo de tempo (*failure rate*), dada pela fórmula 2.9 e seu comportamento em função de Beta é apresentada na Figura 2.4.

$$h(x) = \frac{f(x)}{R(x)} = \frac{\frac{\beta(x-\delta)^{\beta-1}}{\theta^{\beta}} e^{\left\{-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^{\beta}\right\}}}{e^{\left[-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^{\beta}\right]}} = \frac{\beta(x-\delta)^{\beta-1}}{\theta^{\beta}} \quad (2.9)$$

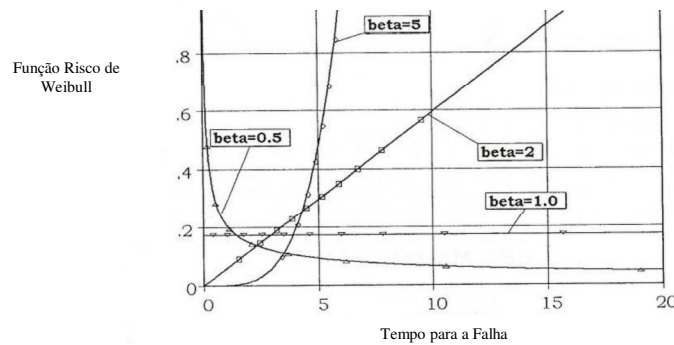


Figura 2.4: Efeito do Parâmetro β na Função de Risco (Albernathy, 2012)

Para $\beta < 1$: taxa de falha decrescente

Para $\beta = 1$: taxa de falha é constante.

Para $\beta > 1$: taxa de falha é crescente. Quanto maior o valor de β mais rápida a taxa de falhas cresce.

Segundo Dodson (2006), a Função Risco (Taxa de Falha Instantânea) é frequentemente utilizada para a composição da Curva da Banheira (*The Bathtub Curve*) conforme Figura 2.5.

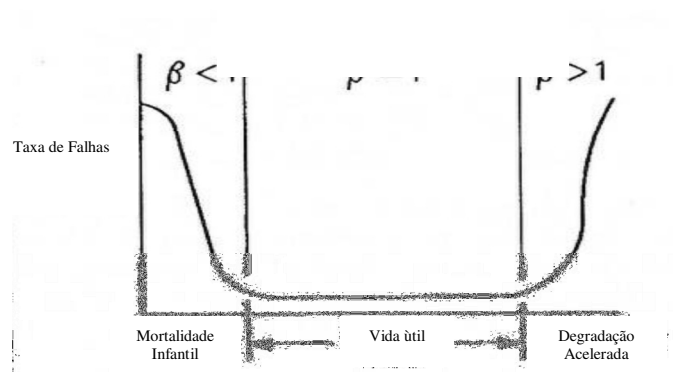


Figura 2.5: Curva da Banheira (Albernathy, 2012)

A Figura 2.5 estabelece três situações diferentes para a taxa de falha instantânea.

- 1) A primeira seção (Fase I) é caracterizada pela existência de um valor elevado inicial para a taxa de falhas e declinando rapidamente ao longo do tempo, quando $\beta < 1$, indicando que as falhas ocorrem dentro do período inicial da

vida de uso do material. Estas falhas ocorrem devido a defeito do próprio material ou na sua fabricação, que podem ser sanados, em grande parte, por sistema de controle de qualidade e testes eficientes (Kapur & Lamberson, 1977). Esta fase pode ser descrita pela Distribuição de Weibull e também conhecida como “Mortalidade Infantil”.

- 2) A segunda seção (Fase II) apresenta uma taxa de falha constante, ao longo do tempo, quando $\beta = 1$, correspondendo ao uso econômico do material, ao longo de sua vida útil, onde as falhas são aleatórias ou espontâneas, e pode ser descrita pela Função Exponencial ou pela Distribuição de Poisson.
- 3) A terceira seção (Fase III) descreve o comportamento de uma taxa de falhas crescente de modo rápido, ao longo do tempo, com a deterioração do material, quando $\beta > 1$, também podendo ser descrita pela Distribuição de Weibull. Kapur & Lamberson (2007) sugerem uma rápida determinação deste início de degradação acelerada dos materiais para a sua substituição ou medidas que possam reduzir este processo, objetivando uma extensão da Fase II.

A média (\bar{E}) é um valor que tende a tipificar a Distribuição de Weibull, que é dada pela seguinte fórmula matemática (Peres *et al*, 2003):

$$\bar{E} = \delta + \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2.10)$$

No mesmo sentido, como medida de dispersão, se apresenta a Desvio Padrão de Weibull (s), que é dada pela seguinte fórmula matemática (Chang, 2011):

$$s = \theta \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

Onde Γ é a função Gama, tabulada em textos estatísticos.

Carvalho (2007) estabelece a necessidade de determinação dos intervalos de confiança para os parâmetros de forma e de escala para que se saiba o quão precisas foram estes resultados. Descreve a existência de dois métodos mais utilizados para a determinação de β : os Estimadores de Máxima Verossimilhança (EMV) e o Método de Estimadores Lineares para intervalos exatos.

2.1.1 Distribuição de Rank

Dada uma sequência ordenada de dados x_1, x_2, \dots, x_n cujo número total de amostras é n e possui uma função de distribuição cumulativa $F(x)$, onde x é um valor

contínuo, deseja-se determinar os valores dos estimadores, ou seja, a probabilidade de falha do material: $F(x_1), F(x_2), \dots, F(x_n)$. Dodson (2006) apresenta a expressão para o Rank dada por:

$$W_\alpha = \frac{\frac{i}{n-i+1}}{F_{1-\alpha, 2(n-i+1), 2i} + \frac{i}{n-i+1}} \quad (2.12)$$

Onde:

$w_\alpha = 100 (1 - \alpha)\%$ limite de confiança não paramétrico ($\alpha = 0,5$ para o rank médio)

i = ordem da falha.

n = número total da amostra.

$F_{\alpha, v1, v2}$: valor crítico da distribuição F (*Fischer-Snedecor*), com dois graus de liberdade.

Uma estimação preliminar de relação da posição do valor em relação à probabilidade de falha deve ser feita antes da determinação dos parâmetros de Weibull. Isto significa determinar a probabilidade de se ocorrer um evento de estudo do caso, o valor da variável seja x . A Distribuição de Rank é utilizada para obter a probabilidade de falha $F(x)$ para um certo dado ordenado, ou seja, é o valor que esta mesma probabilidade de falha deveria ter na j -ésima ordenação em um número de amostras testadas N , com intervalo de confiança de 50% (Lino, 2008).

A literatura apresenta dois modos para estimar o valor da probabilidade $F(x_n)$ de falha do material. São eles o valor médio (ou Rank Médio) e o valor da mediana (ou Rank Mediano). O estimador mais comum é o rank mediano.

Rank Mediano é um estimador não paramétrico da Função Cumulativa de Distribuição baseado em falhas ordenadas. Dodson (2006) apresenta dois modelos numéricos para o cálculo do Rank:

$$\text{Rank Médio} \rightarrow (x_j) = \frac{i}{n+1} \quad (2.13)$$

$$\text{Rank Mediano} \rightarrow (x_j) = \frac{i-0.3}{n+0.4} \quad (2.14)$$

Onde i é a ordem da amostra e n é o total de amostras em um lote.

O valor médio é usado porque a média é normalmente assumida como sendo o valor representativo de toda a distribuição. Porém, em distribuições muito distorcidas, como é o caso da distribuição de Weibull, a mediana descreve melhor a amostra (Dodson, 2006). A distribuição de Weibull são normalmente assimétricas da direita para a esquerda, quando se inicia a análise do menor para o maior valor. Assim, a probabilidade de que um valor da amostra caia abaixo da média é maior

para os primeiros membros ordenados (do menor para o maior) do que para os últimos (maiores valores). Isto implica em que se o Rank Médio está sendo usado, o Rank designado para as primeiras observações serão, provavelmente, grandes demais, com mudanças sucessivas no valor do erro para os termos intermediários. Quando uma linha reta é usada para descrever (através de *best fit*) estes dados estudados usando Rank Médio, a linha sofrerá rotação no sentido horário e sua inclinação será menor, indicando valores muito menores do que os reais para os fatores estudados. Desta forma, existe uma tendência para se usar o Rank Mediano neste método.

Existem outras propostas para o Rank Mediano. Askeland & Phulé (2005) apresentam duas possíveis estimativas sugeridas por White (White 1 e White 2).

$$\text{Rank Mediano W1} \rightarrow F(x_i) = \frac{i - 0.375}{n + 0.250} \quad (2.15)$$

$$\text{Rank Mediano W2} \rightarrow F(x_i) = \frac{i - 0.5}{n} \quad (2.16)$$

Onde i é a ordem da amostra e n é o total de amostras em um lote.

Além destas propostas, Yahaya *et al* (2012) acrescentam outros métodos:

$$\text{California: } F(x_i) = \frac{1}{n} \quad (2.17)$$

$$\text{Gringorten } F(x_i) = \frac{i - 0.44}{n + 0.12} \quad (2.18)$$

$$\text{Cunane } F(x_i) = \frac{i - 0.4}{n + 0.2} \quad (2.19)$$

$$\text{Turkey } F(x_i) = \frac{i - 1/3}{n + 1/3} \quad (2.20)$$

$$\text{Beard } F(x_i) = \frac{i + 0.31}{n + 0.38} \quad (2.21)$$

2.2 Métodos de Estimação de Parâmetros

Dodson (2006) apresenta cinco métodos de estimação de parâmetros: Método Gráfico de Probabilidade (*Probability Plotting*), Método Gráfico de Risco (*Hazard Plotting*); Método de Máxima Verossemelhança (*Maximum Likelihood Estimation - MLE*), Método dos Momentos Modificados (*Modified Moment Estimation - MME*) e Método dos Momentos Lineares (*Linear Estimation - LME*). Em geral, todos possuem vantagens de utilização e, por outro lado, suas próprias limitações. Recomenda o uso do Método Gráfico ou Método de Risco para a melhor verificação da qualidade da linearização proposta para a Distribuição de Weibull. Por outro

lado, recomenda o EMV ou o Método de Momentos Modificados (MME) para a estimação de parâmetros e limites de confiança correspondentes, reforçando que o EMV é o método mais acurado para este fim e possui, em geral, propriedades muito boas (Bussab e Morettin, 2006), contudo torna-se um método de difícil utilização sem o suporte da informática, já que é de difícil operação manual e diversas interações numéricas são necessárias (Rocha *et al*, 2012).

Diversos autores, tais como Al-Fawzan (2000) e Kirtay & Dispinar (2012) apresentaram trabalhos com uso de vários métodos não paramétricos para a Distribuição de Weibull. Yahaya *et al* (2012) buscam fazer uma compilação destes estudos. Contudo, Dodson (2006) reforça que os mais comuns destes métodos são o Gráfico de Probabilidade, Máxima Verossimilhança, Estimadores de Momento e Estimadores Lineares. Dentro dos Métodos Quantitativos utilizados, o de Máxima Verossimilhança, que é usado como ferramenta de comparação.

2.2.1 Método Gráfico de Probabilidade (*Probability Plotting Position*)

Para a estimação dos parâmetros, o Método Gráfico de Probabilidade é uma ferramenta largamente utilizada, sendo utilizado na representação da Função de Distribuição Cumulativa da distribuição dada (Yahaya *et al*, 2012), apesar de não ser tão acurado como outros métodos (Dodson, 2006). Para construção do Método Gráfico de Probabilidade é necessário que a Função de Distribuição Cumulativa de Weibull abaixo apresentada seja transformada em uma reta:

$$F(x) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^\beta\right]} \quad (2.22)$$

Assim, com um rearranjo da equação 2.23, temos:

$$1 - F(x) = e^{\left[-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^\beta\right]} \quad (2.23)$$

Aplicando-se logaritmo natural em ambos os termos da equação 2.24, temos como resultado:

$$\ln (1 - F(x)) = \ln \left(e^{\left[-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^\beta\right]} \right) \quad (2.24)$$

$$\ln (1 - F(x)) = \ln \left[-\left(\frac{x-\delta}{\theta}\right)^\beta \right] \quad (2.25)$$

Aplicando-se, novamente, logaritmo em ambos os termos da equação 2.25, obtém-se uma regressão linear simples entre a probabilidade acumulada e os valores experimentais de falhas:

$$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(x)} \right) \right] = \beta \ln (x - \delta) - \beta \ln \theta \quad (2.26)$$

Para o caso particular em que β e θ são constantes, se $\delta = 0$, teremos uma reta e, caso $\delta \neq 0$, resultará em uma curva (Lafraia, 2001).

Utilizando o papel de plotagem de Weibull, escala log-log nas ordenadas conjuntamente com uma transformação para $\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(x)} \right) \right]$ de forma que se coloca diretamente $F(x)$, a probabilidade de falha, contra $(x - \delta)$ como abscissa. Assim, o método gráfico é utilizado para estimar beta (a inclinação da curva), θ (escala da curva) e δ para o período de garantia (localização da curva). Para uma aplicação prática ver Lafraia (2001).

O Método Gráfico de Probabilidade, com o apoio da Análise de Regressão Linear Simples, pode ser utilizado para a linearização definitiva da Função de Distribuição Cumulativa de Weibull.

Considerando a equação geral da reta como:

$$Y = AX + B \quad (2.27)$$

Relacionando a equação 2.26 com a equação 2.27, tem-se:

$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(x)} \right) \right]$ = apresenta-se como o variável dependente (Y).

β = responsável pela inclinação da reta (A)

$\ln (x - \delta)$ = como a variável independente (X).

$-\beta \ln \theta$ = como intercepto do eixo das ordenadas (B).

Para o cálculo do Parâmetro de Escala θ , temos a expressão obtida anteriormente que $-\beta \ln \theta = B$.

$$\text{Assim:} \quad \theta = e^{\left(\frac{B}{\beta} \right)} \quad (2.28)$$

Onde:

B é o valor onde a linha de tendência corta o eixo e está representado na equação da reta obtida para cada sub-lote

β é o valor do parâmetro de forma de Weibull obtido na equação da reta.

Antes da construção do gráfico, a estimação da função de distribuição cumulativa (CDF) é necessária. Assim, a estimativa mais comum aplicada é

Distribuição de Rank (Dodson, 2006). Depois, uma linha reta é ajustada a estes pontos de maneira visual ou por meio de algum método numérico. Após a geração dos gráficos, ocorre frequentemente uma interpretação subjetiva sobre o quão boa fica a adequação deste gráfico aos pontos que deram origem aos parâmetros (“*goodness-of-fit*”). Intervalos ou limites de confiança são adicionados como forma de ajudar nesta interpretação (Dodson, 2006).

2.2.2 Método Gráfico de Risco (*Harzard Plotting*)

A Dodson (2006) que o método pode ser formulado de modo que as posições plotadas podem ser facilmente determinadas, assim como no Método Gráfico de Probabilidade. Assim, a Função Risco Cumulativa (2.9) pode ser expressa como uma função da Função de Distribuição Cumulativa de Weibull da seguinte maneira:

$$H(x - \delta) = -\ln[1 - F(x - \delta)] \quad (2.29)$$

Usando a expressão em combinação com a transformação para a linearização da equação também aplicada no Método Gráfico (2.27), tem-se que:

$$\ln[H(x - \delta)] = \beta \ln(x - \delta) - \beta \ln \theta \quad (2.30)$$

2.2.3 Método de Estimadores de Máxima Verossimilhança - MLE (*Maximum Likelihood Estimators*)

O princípio, demonstrado por Fischer em 1912 e 1922, adota que este método determina o valor do parâmetro desconhecido que maximiza a probabilidade de obter a amostra particular observada, ou seja, o valor que torna aquela amostra mais provável de ocorrer (Bussab e Morettin, 2006).

Para a estimação de β pelo EMV, existe a necessidade de que os dois lados da equação abaixo sejam iguais:

$$\sum_{i=1}^r \frac{\ln(x_i - \delta)}{r} = \frac{\sum_{i=1}^r (x_i - \delta)^\beta \ln(x_i - \delta)}{\sum_{i=1}^r (x_i - \delta)^\beta} \quad (2.31)$$

Os estimadores não podem ser pontuais, ou seja, não podem ser especificados por um único valor, já que não se permite julgar a magnitude do erro que se comete: daí, a necessidade de que sejam delimitados Intervalos de Confiança, baseados na Distribuição Amostral do estimador pontual (Bussab e Morettin, 2006). Deste modo, gerando um coeficiente de confiança, onde uma certa quantidade percentual dos estimadores seriam encontrados dentro de um dado intervalo delimitado entre um valor limite superior e um valor limite inferior. Além

disto, é o método adotado para a determinação do módulo de Weibull para cerâmicas avançadas pelas Normas DIN-EM 843-5:2007-03 (E) utilizando a Distribuição de Weibull com dois parâmetros. Esta norma segue o mesmo procedimento de cálculo do que o método A da ISO 20501:2003 (E), mas não prevê outro método para lidar com dados censurados, como no método B desta mesma norma.

Para o método de Máxima Verossimilhança, Dodson (2006) estabelece que o Limite de Confiança Superior de β é dado pela fórmula 2.32:

$$\beta_{\text{sup}} = \beta e^{\left(\frac{K \sqrt{F(2,2)^{-1}}}{\beta} \right)} \quad (2.32)$$

Para o método de Máxima Verossimilhança, Dodson (2006) estabelece que o Limite de Confiança Inferior de β é dado pela fórmula 2.33:

$$\beta_{\text{Inf}} = \frac{\beta}{e^{\left(\frac{K \sqrt{F(2,2)^{-1}}}{\beta} \right)}} \quad (2.33)$$

Para o método de Máxima Verossimilhança, Dodson (2006) estabelece que o Limite Superior de θ é dado pela fórmula 2.34:

$$\theta_{\text{Sup}} = \theta e^{\left(\frac{K \sqrt{F(1,1)^{-1}}}{\theta} \right)} \quad (2.34)$$

Para o método de Máxima Verossimilhança, Dodson (2006) estabelece que o Limite Inferior de θ é dado pela fórmula 2.35:

$$\theta_{\text{inf}} = \frac{\theta}{e^{\left(\frac{K \sqrt{F(1,1)^{-1}}}{\theta} \right)}} \quad (2.35)$$

Onde K é o $[100(1-\alpha/2)]$ -ésimo percentil normal para $100(1 - \alpha)$ limite percentual. Para um coeficiente de confiança de 95%, por exemplo, K é igual ao 97.5-ésimo percentil normal, que equivale a 1,96.

A matriz F é dada pela fórmula 2.36:

$$F = \begin{pmatrix} \frac{-\partial L_T^2}{\partial \theta^2} & \frac{-\partial L_T^2}{\partial \beta \partial \theta} \\ \frac{-\partial L_T^2}{\partial \beta \partial \theta} & \frac{-\partial L_T^2}{\partial \beta^2} \end{pmatrix} \quad (2.36)$$

Onde:

$$\frac{\partial L_T^2}{\partial \theta^2} = \frac{\beta}{\theta^2} - \left(\frac{x_i}{\theta}\right)^\beta \left(\frac{\beta}{\theta^2}\right) (\beta + 1) \quad (2.37)$$

$$\frac{\partial L_T^2}{\partial \beta^2} = \frac{-1}{\beta^2} - \left(\frac{x_i}{\theta}\right)^\beta \left[\ln\left(\frac{x_i}{\theta}\right)\right]^2 \quad (2.38)$$

$$\frac{\partial L_T^2}{\partial \beta \partial \theta} = \frac{-1}{\theta} + \left(\frac{x_i}{\theta}\right)^\beta \left(\frac{1}{\theta}\right) \left[\beta \ln\left(\frac{x_i}{\theta}\right) + 1\right] \quad (2.39)$$

2.2.4 Método dos Momentos Modificados (*Modified Moment Estimation - MME*)

Uma Distribuição de Parâmetros pode ser estimada pela relação das amostras dos momentos frente à correspondente distribuição de momentos. O Método dos Momentos Modificados resulta em desenvolvimento da técnica para a Distribuição de Momentos.

As equações são apresentadas por Dodson (2006):

$$\begin{aligned} \frac{s^2}{(\bar{x} - x_1)^2} &= \frac{\Gamma_2 - \Gamma_1^2}{\left[\left(1 - n^{-1/\beta}\right) \Gamma_1\right]^2} \\ \theta &= \frac{s}{\sqrt{\Gamma_2 - \Gamma_1^2}} \\ \delta &= \bar{x} - \theta \Gamma_1 \end{aligned} \quad (2.40)$$

Onde:

$$\Gamma_i = \Gamma\left(1 + \frac{i}{\beta}\right) \quad (2.41)$$

n = tamanho da amostra.

s = desvio padrão da amostra.

\bar{x} = média da amostra.

x_1 = falha de ordem primeira.

Os valores dos parâmetros de distribuição de Weibull não são facilmente determinados sem a ajuda de softwares. Estes, atualmente, se apresentam muito mais amigáveis já que possuem a função Gama disponível, bem como apresentam soluções com a excelente interface gráfica.

2.3 Métodos Matemáticos para Determinação de Lotes Mínimos

A discussão do número mínimo de lotes para análise estatística e determinação de características utilizando métodos quantitativos possui grande

aplicação na área de Engenharia, principalmente na Área de Materiais, já que a busca da coleta de dados representativos da população, por muitas vezes, esbarra em não se possuir informações disponíveis para a certeza quanto ao tamanho de uma amostra (Duarte, 2000).

Esta discussão pode ser direcionada para dois objetivos: inferência sobre para a população a partir de um lote mínimo com o suporte estatístico para a determinação de propriedades e/ou características do material e a busca para a racionalização de recursos, ou seja, a relação *custo x benefício*.

Israel (2012) sugere alguns cuidados para a determinação do número de amostras a serem consideradas para um lote mínimo:

- 1) Nível de Precisão: é a escala em que o valor verdadeiro da população é estimado estar, ou seja, de acordo com a quantidade de erro que desejamos tolerar na estimativa da amostra. A escala frequentemente é expressa em pontos percentuais, como, por exemplo: 0,05.
- 2) Nível de Confiança: é baseado no Teorema do Limite Central, onde a idéia principal é que, quando a população é repetidamente testada, o valor médio do atributo obtido por aquelas amostras é igual ao da população verdadeira. Além do mais, os valores obtidos por estas amostras são distribuídas normalmente sobre a média, com algumas amostras tendo um maior valor e alguma outras com valores menores do que este valor verdadeiro da população. Em uma Distribuição Normal, aproximadamente 95% dos valores amostrais estão entre dois desvios padrão da média. Assim, por exemplo, um intervalo de confiança de 95% significa que 95 das 100 amostras testadas terão a média dentro da escala de precisão especificada, ou seja, existindo uma probabilidade de 5% de que a amostra obtida não represente a média da população.
- 3) Grau de Variabilidade: refere-se à distribuição dos atributos da população. Quanto mais heterogênea ou com maior variabilidade a população, maior o tamanho da amostra requerida para se obter um dado nível de precisão. De outro lado, quanto menos heterogênea é uma amostra, ela poderá ser representada por um número menor de lote mínimo.

Na busca de identificação deste número de amostras mínimas, Bartlett *et al* (2001) sugerem que duas abordagens quantitativas para a Distribuição Normal, são as mais utilizadas na literatura para a determinação deste lote mínimo: para dados

discretos, estabelece a fórmula de Krjcie e Morgan, apresentada em 1970, e para dados contínuos, a estabelecida por Cochran em 1977. A presente Tese de Doutorado busca estabelecer uma metodologia para dados contínuos, este trabalho limita-se a estudar o trabalho de Cochran, com foco em amostras com distribuição normal ou gaussiana.

Para o uso destas fórmulas, é usualmente aceito de que a amostra siga a distribuição normal, tendo \bar{x} , a média amostral, a estimativa não tendenciosa de μ , a média populacional, e S, o desvio padrão amostral, uma estimativa não tendenciosa de Sigma, que é o desvio populacional.

Cochran (1977) sugere o erro relativo (r) deve ser controlado na população total ou média. Assim:

$$\Pr\left(\left|\frac{\bar{x}-\mu}{\mu}\right| \geq r\right) = \Pr\left(\left|\frac{N\bar{x}-N\mu}{N\mu}\right| \geq r\right) = \Pr(|\bar{x} - \mu| \geq r\mu) \quad (2.42)$$

Onde:

Pr é a probabilidade de r ocorrer.

N é o número total de itens da amostra (população).

Assume-se que \bar{x} é distribuído normalmente.

O desvio padrão experimental é dado por:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{N-n}{N}} \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (2.43)$$

Assim, conclui-se que:

$$r\mu = tS_{\bar{x}} = t\sqrt{\frac{N-n}{N}} \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (2.44)$$

Sendo t obtido diretamente da Tabela de *Student* para (n-1) graus de liberdade, existente na literatura acadêmica, ou calculado diretamente através da fórmula:

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu)}{S/\sqrt{N}} \quad (2.45)$$

A Fórmula de Cochran (1977) para a determinação de lotes mínimos é abaixo apresentada, sendo composta por quatro fatores principais:

$$n_0 = \frac{t^2 S^2}{r^2 \mu^2} \quad (2.46)$$

n_0 = Valor do Lote Mínimo calculado.

t = O erro alfa (α) ou erro Tipo I,

S^2 = Valor calculado ou estimado da Variância da amostra.

r = Erro relativo.

μ = valor calculado da média da população.

A Fórmula de Cochran utiliza dois tipos de erros. O primeiro, erro α é o nível de risco tolerável que o pesquisador deseja aceitar para que a margem verdadeira de erro exceda a margem de erro, ou seja, a probabilidade de que diferenças reveladas pelas análises estatísticas, de fato, não existam. O valor do nível de alfa geralmente utilizado na literatura é 0,05 ou 0,01. Normalmente, o valor de 0,05 é o mais aceito para pesquisas, garantindo uma confiabilidade de 95% para o seu resultado. Contudo o valor de 0,01 pode ser usado quando decisões críticas serão tomadas a partir do resultado da pesquisa. Na fórmula de Cochran, o valor do erro alfa é incorporado à formula pela utilização do valor t , da Distribuição de *T-Student*, correspondente ao dado nível alfa.

Erro relativo, o segundo tipo de erro, é o risco que o pesquisador deseja aceitar em sua pesquisa, ou seja, a margem de erro ou acurácia. Para dados contínuos, a margem de erro deve ser em torno de 0,03, mas não é uma regra fixa, pois pode ser considerado um valor maior ou menor, conforme a necessidade da pesquisa (Bartlet et al, 2001).

Cochran (1977) estabelece que o resultado obtido com n_0 deverá ser inferior do que 5% do número de amostras. Caso isto não aconteça, a correção ou refinamento deverá ser realizada através de uma nova fórmula:

$$nf = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2.47)$$

Onde:

nf = novo número de lote mínimo.

N = número de amostras do lote.

Contudo, Israel (2012) sugere que a prática de muitos pesquisadores é adicionar 10% em número de amostras para compensar uma possível falta de maior representatividade e 30% para evitar possíveis não respondentes. Assim, este número final de amostras mínimas pode tornar-se, de fato, substancialmente maior do que o desejado, ou necessário, para um dado intervalo de confiança e precisão.

A relação entre o Desvio Padrão e a Média da Amostra é denominada Coeficiente de Variação. Define-se coeficiente de Variação (CV) como a relação entre o desvio padrão (S) e a média aritmética do lote (μ), relacionando a dispersão do lote apresentada na fórmula 2.46. Assim, quanto mais próximo de zero é o valor

do Coeficiente de Variação, menor será a dispersão do lote. Jiang & Murthy (2011) apresentam a fórmula para cálculo (2.48), indicando que o Coeficiente de Variação é independente do parâmetro de escala, sendo Γ função gama tabulada e β , o parâmetro de forma.

$$CV = \frac{s}{\mu} = \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) / \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) - 1} \quad (2.48)$$

2.4 Números Aleatórios

Números aleatórios são amplamente usados para uma grande variedade de propósitos, tais como geração de senhas criptografadas, simulação, modelagem de fenômenos complexos, jogos de apostas e seleção de amostras aleatórias para um grande conjunto de dados.

De modo geral, a amostragem aleatória pode ser dividida em dois tipos: para população discreta, exige que cada elemento da população tenha a mesma oportunidade de ser incluído na amostra como uma distribuição uniforme. Assim, probabilidade de extrair qualquer dos N itens numa única prova é igual a 1/N. Para população contínua, a probabilidade de incluir na amostra qualquer intervalo de valores é igual à percentagem da população que está naquele intervalo (Stevenson, 1981). Estas sequências de números aleatórios discretos ou contínuos devem ser estatisticamente independentes e, normalmente, são gerados por computadores.

Haar (2012) estabelece que a geração de número aleatórios realizada através de computadores por fórmulas matemáticas, não podem ser considerados aleatórios de fato, já que obedecem a uma programação de algoritmos já pré-determinada. Assim, o autor os denomina de *pseudo-aleatórios* e sugere o uso de outro método de geração de números aleatórios verdadeiramente confiáveis, originários do ruído atmosférico, denominados de *verdadeiros-aleatórios*.

Números *verdadeiros-aleatórios* são extraídos aleatoriamente de fenômenos físicos bastante simples e introduzidos no computador, de modo não determinísticos, ou seja, a sequência ou período de números não pode ser reproduzida ou recriada. Há exemplos de outros produtores de verdadeiros-aleatórios que utilizam esta técnica, tais como [HotBits service](#) da Fourmilab, na Suécia; [LavaRnd](#), da Silicon Graphics (USA) e <http://www.random.org/>, na Irlanda. No caso, o fenômeno adotado pela fonte geradora <http://www.random.org/>, foi ruído atmosférico, entendido como

totalmente imprevisível, que pode ser facilmente coletado com rádios receptores, com pequenas variações na amplitude das frequências (“estações”), que é usado para a geração de números aleatórios.

2.4.1 Tipos de Amostras de Números Aleatórios

Dodson (2006) estabelece quatro tipos principais de amostras coletadas através de testes em geral: completas, unicensuradas, multi-censuradas e dados agrupados.

Amostras completas ou não censuradas são aquelas em que os resultados dos testes são obtidos sem que nenhum dos componentes seja retirado ou excluído antes do final do teste. Unicensuradas são aqueles dados obtidos quando somente uma única condição-limite é definida como critério para um teste. Multi-censuradas, quando duas ou mais condições-limites são necessárias. Dados Agrupados são aqueles obtidos quando o tempo exato de falha não é conhecido, mas o número de falhas dentro de um intervalo de tempo é conhecido e coletado. Nesta Tese de Doutorado, são utilizadas Amostras Completas.

2.5 - Teste de Kolmogorov-Smirnov

Para a aplicação do método matemático tradicional de Cochran, a hipótese de que a população tem distribuição normal deve ser confirmada. Assim, assumir a normalidade dos dados é um passo inicial bastante importante para corroborar os análises deste trabalho. Existem vários testes de verificação da normalidade da população, dentre este foi selecionado o teste de Kolmogorov-Smirnov.

O teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser utilizado para avaliar as hipóteses:

H_0 : os dados seguem uma distribuição normal.

H_1 : os dados não seguem uma distribuição normal.

Este teste observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados, no caso a Normal, e a função de distribuição empírica dos dados. Como critério, compara-se esta diferença com um valor crítico, para um dado nível de significância.

Considerando uma amostra aleatória simples X_1, X_2, \dots, X_n de uma população com função de distribuição acumulada contínua F_x desconhecida. A estatística utilizada para o teste é apresentada na fórmula 2.49:

$$Dn = \sup_x |F(x) - F_n(x)| \quad (2.49)$$

Esta função (Fórmula 2.49) corresponde à distância máxima vertical entre os gráficos de $F(x)$ e $F_n(x)$ sobre a amplitude dos possíveis valores de x . Tem-se que:

- Dn = Estatística do Teste
- $F(x)$ = a função de distribuição acumulada assumida para os dados;
- $F_n(x)$ = a função de distribuição acumulada empírica dos dados.

Assim, testa-se a hipótese de $H_0: F_x = F$, contra a hipótese alternativa $H1: F_x \neq F$. Neste caso, deseja-se testar a hipótese inicial contra a hipótese alternativa, ou seja, aceitar a normalidade da distribuição ou rejeitar esta hipótese de normalidade. Para isto, são tomadas $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}$, como observações aleatórias ordenadas de forma crescente da população, com função de distribuição contínua F_x . No caso de análise da normalidade dos dados, assume-se F como função de distribuição da normal.

A função de distribuição acumulada assumida para os dados é definida por $F(x_{(i)}) = P(X \leq x_{(i)})$ e a função de distribuição acumulada empírica é definida por uma dita função escada, dada pela fórmula:

$$F_n(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_A \{(-\infty, x]\} (x_{(i)}) \quad (2.50)$$

Onde I_A é a função indicadora, que é definida pelo seguinte modo:

$$I_A = \begin{cases} 1; & \text{se } x \in A \\ 0; & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

P é calculado através da tabela normal padrão, possuindo a seguinte característica:

$$P(Z_{(i)}) \leq \frac{x_{(i)} - \bar{x}}{s} \quad (2.51)$$

Observando-se que a função da distribuição empírica $F_n(x)$ corresponde à proporção de valores iguais ou menores a x . Deste modo, também pode ser escrita da seguinte maneira:

$$F_n(x) = \begin{cases} 0; & \text{se } x < x_{(1)} \\ \frac{k}{n}; & \text{se } x_{(k)} \leq x < x_{(k+1)} \\ 1; & \text{se } x > x_n \end{cases}$$

Sob H_0 , a distribuição assintótica da estatística de Kolmogorov-Smirnov é dada por:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P[\sqrt{n} D_n \leq x] = 1 - 2 \sum_{j=1}^{\infty} (-1)^{j-1} \exp^{-2j^2 x^2} \quad (2.52)$$

Esta distribuição assintótica somente é válida quando existe conhecimento completo sobre a distribuição de H_0 , entretanto, na prática, H_0 especifica uma família de distribuições de probabilidade. Neste caso, a distribuição assintótica da estatística de Kolmogorov-Smirnov não é conhecida e, geralmente, é determinada, via simulação. Como a função de distribuição empírica F_n é descontínua e a função de distribuição hipotética é contínua, devem ser consideradas duas outras estatísticas no método de Kolmogorov-Smirnov. Essas estatísticas medem as distâncias (vertical) entre os gráficos das duas funções, teórica e empírica, nos pontos $x_{(i-1)}$ e $x_{(i)}$:

$$D^+ = \sup_{x(i)} |F(x_{(i)}) - F_n(x_{(i)})| \quad (2.53)$$

$$D^- = \sup_{x(i)} |F(x_{(i)}) - F_n(x_{(i-1)})| \quad (2.54)$$

Com isso, utiliza-se D^+ e D^- para o cálculo da estatística de teste matemático de Kolmogorov-Smirnov, em relação à estatística D_n :

$$D_n = \max(D^+, D^-) \quad (2.55)$$

Se D_n é maior que o valor crítico do teste determinado, a hipótese de normalidade dos dados com $(1-\alpha)100\%$ de confiança é rejeitada. Caso contrário, não rejeita-se a hipótese de normalidade. A Tabela 2.1 (Start, 2003) apresenta os valores críticos para a estatística do teste de Kolmogorov-Smirnov (valor de D_n).

Tabela 2.1: Valores críticos para a estatística do teste de Komolgorov-Smirnov (Start, 2003)

Tamanho do Lote (N)	Valor Crítico ($\alpha = 0,20$)	Valor Crítico ($\alpha = 0,05$)
4	0,494	0,624
5	0,446	0,564
6	0,411	0,521
7	0,381	0,486
8	0,358	0,457
9	0,339	0,432
10	0,322	0,411

CAPÍTULO 3

3 - METODOLOGIA

3.1 Método

Este trabalho de Doutorado se baseia em um método exploratório e quantitativo, a partir de uma análise empírica para a determinação de um modelo básico, replicável para eventos/fenômenos da área de Engenharia de Materiais, principalmente, em materiais frágeis, que podem ter algumas propriedades representadas pela Distribuição de Weibull.

O procedimento sistemático do método de pesquisa para processo desta Tese acontece através das seguintes etapas:

1. Definição das Faixas de Números (FN) a serem estudados, simulando dispersões aleatórias.
2. Definição dos Coeficientes de Variação (CV) a serem estudados.
3. Geração e Coleta dos Números Aleatórios dentro das Faixas de Números em função dos CVs definidos.
4. Criação de Novos Sublotes.
5. Confirmação da Adequação das Distribuições dos Sublotes à Normalidade.
6. Confirmação da Adequação à Distribuição de Weibull através dos três Métodos de Determinação de Parâmetros.
7. Verificação do Comportamento dos Coeficientes de Variação nos Sub-Lotes em Distribuição Normal e em Distribuição de Weibull.
8. Aplicação dos Critérios de Cochran (1977) em função da Faixa de Erro Relativo determinada para Distribuição Normal e para a de Weibull.

9. Aplicação das Fórmulas de Cochran (Fórmulas 2.46 e 2.47) para cálculo do Lote Mínimo (LM) em função do Erro Relativo escolhido para Faixas de Números, Coeficientes de Variação e Distribuição Normal e Métodos de Determinação de Parâmetro de Weibull.
10. Aplicação dos Critérios para a determinação de lotes mínimos em função dos resultados obtidos para cada faixa de Erro Relativo para cada Faixa de Números.
11. Confeção de tabelas de relacionamento de Parâmetros de Weibull, Coeficientes de Variação e Erro Relativo (r) para a determinação de Lotes Mínimos.
12. Preparação das tabelas com os valores encontrados para Lotes Mínimos e Valor Máximo de N (Nmáx) para Weibull.
13. Verificação da aderência dos Lotes Mínimos e Nmáx dos Métodos de Weibull em comparação com o padrão Normal.
14. Validação das tabelas através de Distribuições Reais de Propriedades de Materiais Frágeis.

3.1.1 Definição das Faixas de Números (FN) a serem estudadas

Foram definidas as faixas aleatórias de números entre 0 e 1; 0 a 0,75; 0 a 0,5 e 0 a 0,25. Estas faixas foram determinadas na intenção de simular quatro níveis aleatórios de dispersão, partindo-se de um menor até um maior, existentes em diversas amostras de materiais em geral.

3.1.2 Definição dos Coeficientes de Variação (CV) a serem estudados

A partir das Faixas de Números definidas, foi necessária a padronização dos valores para estas quatro Faixas Numéricas. Assim, foram determinados com a premissa de que um Coeficiente de Variação menor significa uma menor dispersão e, por conseguinte, um material com melhor qualidade (Jang & Murthy, 2011), aleatoriamente, os Coeficientes de Variação, em número de 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4; para dar uma idéia da dispersão das amostras, e calculados a Média Aritmética e o Desvio Padrão (fórmula 2.30) das Faixas Numéricas, a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Média} = \frac{(\text{Valor Máximo de FN} - \text{Valor Mínimo de FN})}{2} \quad (3.1)$$

$$\text{Coeficiente de Variação} = \frac{(\text{Desvio Padrão FN})}{\text{Média}} \quad (3.2)$$

Deste modo, os valores das Faixas Numéricas, Coeficientes de Variação, Média e Desvio Padrão são apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Determinação de Coeficiente de Variação

FN	CV	Média	Desvio Padrão
0 a 1,00	0.1	0.500	0.0500
0 a 1,00	0.2	0.500	0.1000
0 a 1,00	0.3	0.500	0.1500
0 a 1,00	0.4	0.500	0.2000
0 a 0,75	0.1	0.375	0.0375
0 a 0,75	0.2	0.375	0.0750
0 a 0,75	0.3	0.375	0.1125
0 a 0,75	0.4	0.375	0.1500
0 a 0,50	0.1	0.250	0.0250
0 a 0,50	0.2	0.250	0.0500
0 a 0,50	0.3	0.250	0.0750
0 a 0,50	0.4	0.250	0.1000
0 a 0,25	0.1	0.125	0.0125
0 a 0,25	0.2	0.125	0.0250
0 a 0,25	0.3	0.125	0.0375
0 a 0,25	0.4	0.125	0.0500

3.1.3 Geração e Coleta dos Números Aleatórios dentro das Faixas Numéricas em função dos Coeficientes de Variação definidos

Partindo-se de Faixas Numéricas, Média e Desvio Padrão determinadas, foi realizada a coleta dos números aleatórios, realizada em 25/07/2012, através do acesso ao site www.random.org.com, conforme a Figura 3.1, obedecendo-se dois critérios básicos para a geração dos 300 números: a busca dos conjuntos de números com a distribuição normal, como o primeiro, e, o segundo, dentro de dadas proporções entre o desvio padrão e a média da população (Coeficiente de Variação) conforme Tabela 3.1.

Deste modo, foram gerados e coletados 300 números aleatórios em único lote para cada Faixa Numérica e para cada Coeficiente de Variação, ou seja, 16 distribuições numéricas, em padrão gaussiano, e com os Coeficientes de Variação de 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4. Estes números são mostrados nas Tabelas 4.1 a 4.32, no Capítulo 4 desta Tese.

RANDOM.ORG

Search RANDOM.ORG

Google Custom Search

Search

True Random Number Service

Gaussian Random Number Generator

This form allows you to generate random numbers from a [Gaussian distribution](#) (also known as a normal distribution). The randomness comes from atmospheric noise, which for many purposes is better than the pseudo-random number algorithms typically used in computer programs. The form uses a [Box-Muller Transform](#) to generate the Gaussian distribution from uniformly distributed numbers.

Step 1: The Numbers

Generate random numbers (maximum 10,000) from a Gaussian distribution.

The distribution's mean should be (limits $\pm 1,000,000$) and its standard deviation (limits $\pm 1,000,000$).

The numbers should have significant digits (minimum 2, maximum 20).

Note that this generator does not guarantee your numbers to have the exact mean and standard deviation of the distribution from which they are taken. To approximate the distribution better, generate more numbers.

Step 2: Display Options

Format the numbers in column(s).

You can choose the notation that will be used for your numbers:

- ☒ Scientific (E) notation [\[explain this\]](#)
- ☐ Standard decimal notation [\[to appear\]](#)

Step 3: Go!

Be patient! It may take a little while to generate your numbers...



© 1998-2012 Mads Haahr
Valid XHTML 1.0 Transitional | Valid CSS
[Terms and Conditions](#)

Figura 3.1: Interface Gráfica do Software para Geração de Números Aleatórios

3.1.4 Criação de Novos Sub-lotes

Cada distribuição gerada de 300 números aleatórios, em função do Coeficiente de Variação e Faixa Numérica, foi desdobrada em sublotes obedecendo-se o critérios de retirada dos cinco últimos números de cada lote sequencial, respeitando-se o seu rank ordinário original. Em outras palavras, o método consistiu em se listar os valores na ordem em que foram obtidos. Depois, de baixo para cima, ir progressivamente eliminando as quantidades necessárias para que os novos lotes fossem gerados.

Deste modo, foram gerados novos sublotes de 295, 290, 285, 280, 275, 270, 265, 260, 255, 250, 245, 240, 235, 230, 225, 220, 215, 210, 205, 200, 195, 190, 185, 180, 175, 170, 165, 160, 155, 150, 145, 140, 135, 130, 125, 120, 115, 110, 105, 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 10 e 5 amostras. Incluindo-se, o lote original de 300 amostras, leva-se a um total de 60 sublotes para cada Faixa Numérica e Coeficiente de Variação estudados. Como produto desta ação, apresentam-se um total de 60 lotes, por 4 Coeficientes de Variação e para 4 Faixas Numéricas, perfazendo o número total de 960 novas distribuições.

3.1.5 Confirmação da Adequação da Normalidade das Distribuições

Todas os 960 sublotes foram testados quanto à sua aderência ao padrão de normalidade. Assim, utiliza-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para esta verificação.

Este teste parte da premissa de duas hipóteses:

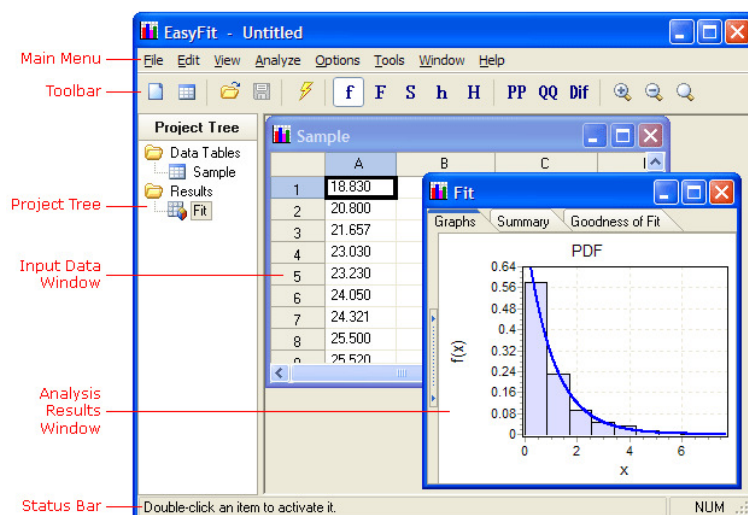
H_0 : os dados são distribuídos normalmente.

H_1 : os dados não são distribuídos normalmente.

Em resumo, a definição de que a hipótese H_0 seja aceita e a H_1 recusada (ou vice-versa) é a comparação entre o valor da estatística do teste com o valor crítico do erro α em certa significância (no caso, adotado erro de 0,05 por ser o mais utilizado na literatura). Caso a estatística seja menor do que o valor crítico do teste de significância, aceita-se H_0 e se recusa H_1 , ou vice-versa.

Realizado o teste de aderência para os 60 lotes para os quatro Coeficientes de Variação (0,1; 0,2; 0,3 e 0,4) nas quatro faixas de amplitude estabelecidas (0 a 1; 0 a 0,75; 0 a 0,5 e 0 a 0,25) em um total de 960 rodadas.

A ferramenta utilizada para a determinação da adequação ao padrão gaussiano foi o teste de Kolmogorov-Smirnov, aplicada através do Software *Easyfit Professional*, disponível no site www.mathwave.com, versão 5.5 (avaliação), distribuído em 03/12/2010 e o Pacote Office: *Microsoft Office Excel* e *Word* como suporte. A interface gráfica do software é mostrada na Figura 3.2 e os resultados são mostrados graficamente nas Figuras 4.1 e 4.2, no Capítulo 4 desta Tese.



**Figura 3.2: Interface Gráfica do Software o teste de Kolmogorov-Smirnov
(Software Easyfit, 2012)**

3.1.6 Confirmação da Adequação à Distribuição de Weibull através dos Métodos de Determinação de Parâmetros

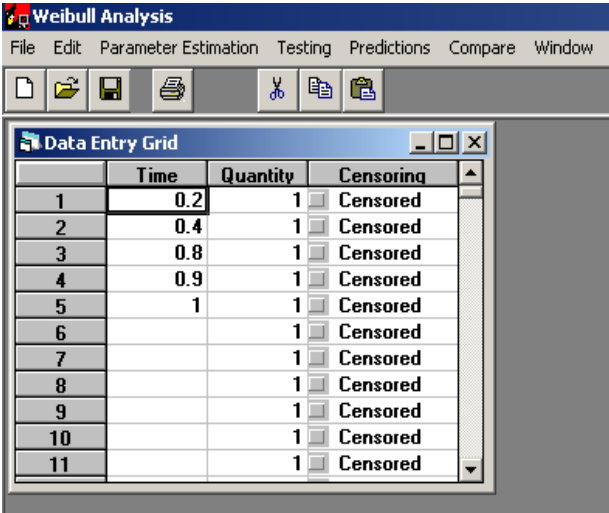
A partir da confirmação matemática de que todos os 960 sub-lotes gerados eram distribuídos normalmente, foram iniciadas as simulações para verificação do comportamento e identificação dos parâmetros, através do software Relrig 32, sendo analisados como se fossem novos lotes e testados para os métodos de Máxima Verossimilhança (MLE), Método Gráfico da Probabilidade (PP) e Método de Risco (HP). Considerou-se a inexistência do parâmetro de localização ou $\delta = 0$, acarretando que o Método de Estimadores de Momentos (MME) não pode ser utilizado devido ao software disponível somente prever o $\delta \neq 0$.

Para o tratamento da Distribuição de Weibull, foi utilizado o Software Relrig 32, desenvolvido por *Engineered Software, Inc.*, versão 4.8, tendo a disponibilidade de uso do Método de Máxima Verossimilhança (MLE), Método dos Momentos Modificados, Método de Gráfico Risco e Método Gráfico de Probabilidade. Sua interface gráfica é mostrada nas Figuras 3.1 a 3.8. Além deste software usado como recurso, o Pacote Office: *Microsoft Office Excel* e *Word* foram utilizados como suporte.

Com a aplicação dos 960 sub-lotes nos três Métodos de Weibull foram realizados 2.880 testes, onde foram determinadas, via software, os valores de Weibull para o parâmetro de forma (β), parâmetro de escala (θ), desvio-padrão (σ) e média da amostra (\bar{x}) para o Método de Máxima Verossimilhança. Para os Método

Gráfico de Probabilidade e Método Gráfico de Risco, além dos valores anteriores, foi, também, identificado o coeficiente de relacionamento ou eficiência do método (R^2). Ocorreu a ordenação dos números aleatórios em ordem crescente, garantindo o correto rank de probabilidade. No software aplicado, o Método do Rank Mediano é utilizado como default.

Os resultados encontrados para os parâmetros de Weibull: Forma (β) e Escala (θ) estão mostrados nas Tabelas 4.33 a 4.64, no Capítulo 4. Também é apresentado o Comportamento de R^2 (Coeficiente de Determinação), confirmando a aderência dos dados ao Modelo de Weibull, para os Métodos Gráficos de Probabilidade e de Risco, já que utilizam a Regressão Linear Simples como insumo para em sua utilização. Seu comportamento é apresentado graficamente nas Figuras 4.3 e 4.4 do Capítulo 4.



	Time	Quantity	Censoring
1	0.2	1	Censored
2	0.4	1	Censored
3	0.8	1	Censored
4	0.9	1	Censored
5	1	1	Censored
6		1	Censored
7		1	Censored
8		1	Censored
9		1	Censored
10		1	Censored
11		1	Censored

Figura 3.3: Apresentação Interface Gráfica do Software Relrig 32 (Dodson, 2006)

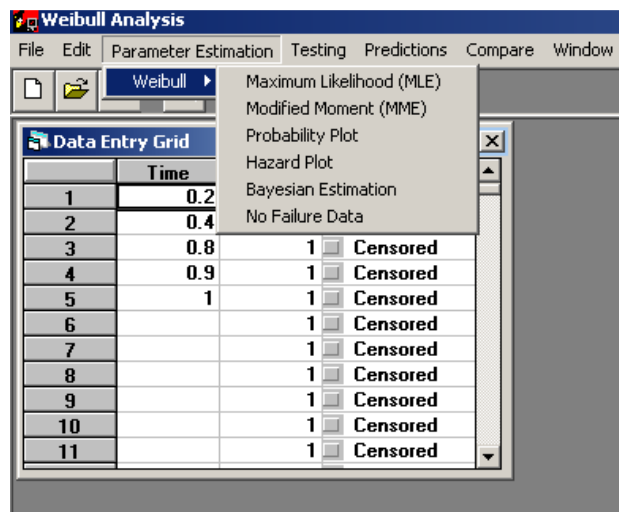


Figura 3.4: Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull frente aos Métodos Matemáticos Disponíveis do Programa (Dodson, 2006)

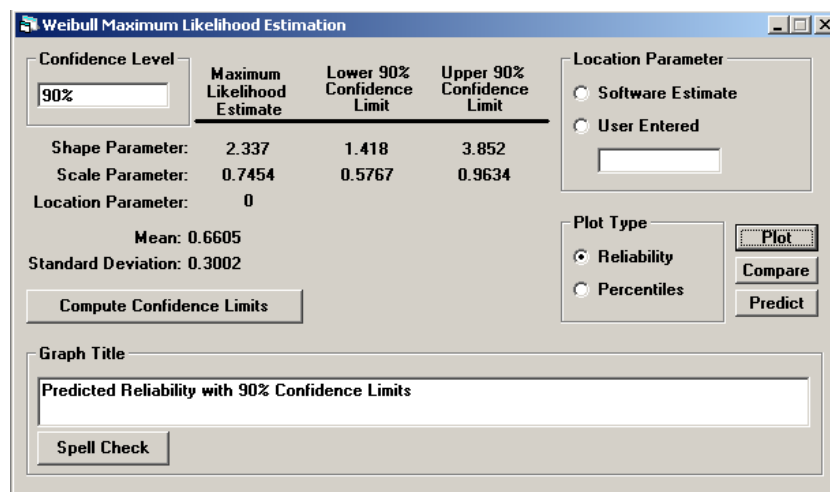
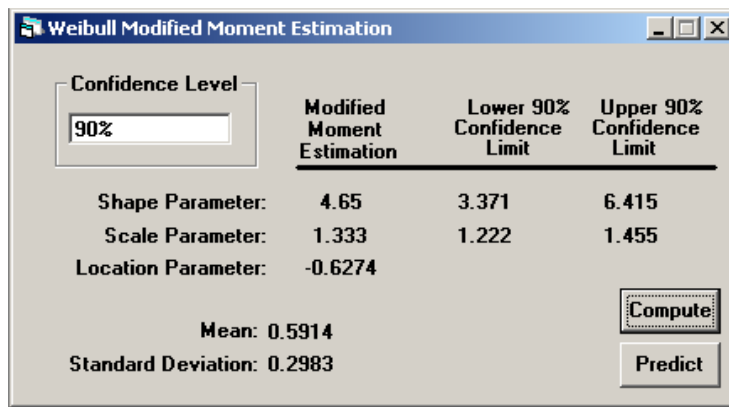


Figura 3.5: Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Máxima Verossimilhança considerando o Parâmetro de Localização igual a 0 (Dodson, 2006)



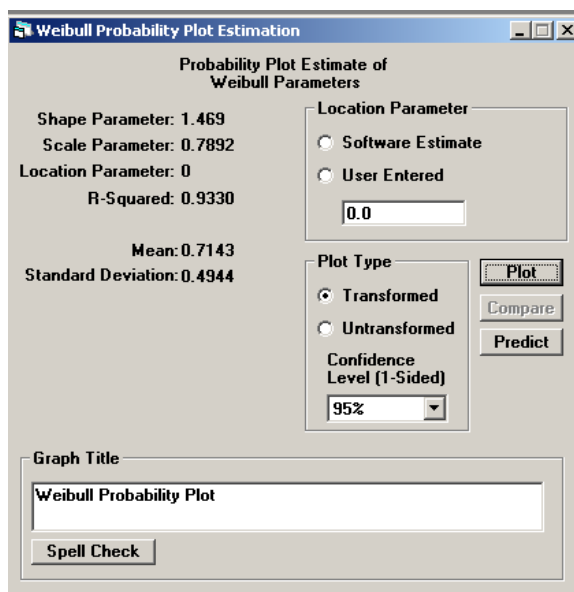
Weibull Modified Moment Estimation

Confidence Level:

	Modified Moment Estimation	Lower 90% Confidence Limit	Upper 90% Confidence Limit
Shape Parameter:	4.65	3.371	6.415
Scale Parameter:	1.333	1.222	1.455
Location Parameter:	-0.6274		

Mean: 0.5914
Standard Deviation: 0.2983

Figura 3.6: Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull pelo Método de Estimadores Momentos Modificados considerando o Parâmetro de Localização selecionado pelo software não igual a 0 (Dodson, 2006)



Weibull Probability Plot Estimation

Probability Plot Estimate of Weibull Parameters

Shape Parameter: 1.469
Scale Parameter: 0.7892
Location Parameter: 0
R-Squared: 0.9330

Mean: 0.7143
Standard Deviation: 0.4944

Location Parameter:
☐ Software Estimate
☐ User Entered

Plot Type:
☒ Transformed
☐ Untransformed

Confidence Level (1-Sided):

Graph Title:

Figura 3.7: Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Probabilidade considerando o Parâmetro de Localização igual a 0 (Dodson, 2006)

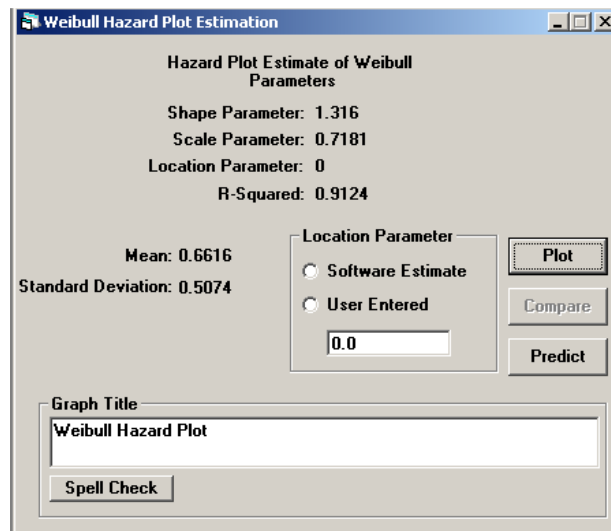


Figura 3.8: Interface Gráfica do Software Relrig 32 para Determinação dos Parâmetros de Weibull por Método Gráfico de Risco considerando o Parâmetro de Localização igual a 0 (Dodson, 2006)

3.1.7 Verificação do Comportamento dos Coeficientes de Variação dos Sub-Lotes em Distribuição Normal e em Distribuição de Weibull

A verificação do comportamento dos Coeficientes de Variação resultantes dos cálculos da relação desvios-padrão e médias pelos softwares adotados é de real importância. Os Coeficientes de Variação podem sofrer desvios por uma possível necessidade de adequação do software para a geração de números gaussianos, bem como dos resultados obtidos das médias e dos desvios-padrão resultantes dos Métodos de Weibull. A preocupação se justifica já que estas variações podem acarretar alguma limitação para os resultados desta Tese.

Os resultados são mostrados graficamente, para uma melhor visualização do comportamento desta variável, tanto para a Distribuição Normal, quanto para a Distribuição de Weibull seus valores absolutos estão colocados no Capítulo 4.

3.1.8 Aplicação da Fórmula de Cochran (Fórmula 2.46) para cálculo do Lote Mínimo (N) em função do erro relativo para Faixas Numéricas, Coeficientes de Variação e Distribuição Normal e Métodos de Determinação de Parâmetro de Weibull

Para a construção do modelo, é necessária que a definição da faixa de erro relativo a se considerar. O critério de tamanho desta faixa foi de 1 a 10%, ou seja, de 0,01 a 0,1, considerando-se o limite de 10% de acurácia em qualquer medição o máximo tolerável neste modelo para os valores de Lote Mínimo a serem calculados.

A Fórmula de Cochran n_0 (Fórmula 2.46) foi aplicada e, em caso de que $n_0 > 5\%$ do valor do número de amostras do lote, a fórmula de correção (Fórmula 2.47) é necessária para cálculo de n_f . O valor de t Student foi inserido na Fórmula 2.46 através da função do software Excel TINV, que retorna o valor de t da Distribuição de t -Student como uma função de probabilidade de 95% (erro α de 0,05) e N graus de liberdade (tamanho do lote).

Tabela 3.2: Sequência do Método para Determinação de Lotes Mínimos para cada Erro Relativo para a Distribuição Normal

N	Média Aritmética	Desvio Padrão	CV	t Student	Erro Relativo	Cochran n_0	Cochran n_f
5 a 300	Função Excel Média	Função Excel Desvio Padrão	Quociente entre Desvio Padrão e Média	Função TINV Excel	0,01 a 0,1	Fórmula 2.46	Fórmula 2.47

Tabela 3.3: Sequência do Método para Determinação de Lotes Mínimos para cada Erro Relativo para a Distribuição de Weibull

N	Beta	Teta	Média de Weibull	Desvio Padrão de Weibull	CV	t Student	Erro Relativo	Cochran n_0	Cochran n_f
5 a 300	Software Weibull Analysis				Quociente entre Desvio Padrão e Média	Função TINV Excel	0,01 a 0,1	Fórmula 2.46	Fórmula 2.47

As Fórmulas de Cochran (2.46 e 2.47) foram aplicadas para todos os 60 sub-lotes das Faixas Numéricas e Coeficientes de Variação verificando-se como o tamanho de lote mínimo se comporta, em função do Erro Relativo (r). Assim, foram realizadas 38.400 interações. O Comportamento do Resultado em função do Coeficiente de Variação e Faixas Numéricas está apresentado graficamente nos Capítulo 4.

CAPÍTULO 4

4 - RESULTADOS

Neste Capítulo são apresentados os resultados obtidos nos métodos matemáticos citados no Capítulo 3, que irão substanciar a discussão sobre a validação do método no Capítulo 5.

4.1 Geração e Coleta dos Números Aleatórios

Os números aleatórios verdadeiros foram coletados conforme item 3.1.3 apresentado no Capítulo anterior, sendo gerados 300 números aleatórios distribuídos em padrão gaussiano para cada Coeficiente de Variação determinado (0,1; 0,2; 0,3 e 0,4) e para cada Faixa Numérica determinada (0 a 1; 0 a 0,75; 0 a 0,5 e 0 a 0,25). Os números gerados pelo software são apresentados, com três casas decimais de significação, nas tabelas 4.1 a 4.32.

**Tabela 4.1: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 01 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0.1							
001	0.476	039	0.468	077	0.536	115	0.600
002	0.548	040	0.484	078	0.468	116	0.453
003	0.517	041	0.505	079	0.519	117	0.515
004	0.448	042	0.505	080	0.507	118	0.529
005	0.512	043	0.551	081	0.472	119	0.451
006	0.430	044	0.512	082	0.588	120	0.454
007	0.474	045	0.509	083	0.519	121	0.523
008	0.516	046	0.404	084	0.562	122	0.517

009	0.479	047	0.573	085	0.469	123	0.473
010	0.505	048	0.545	086	0.433	124	0.461
011	0.527	049	0.487	087	0.510	125	0.522
012	0.396	050	0.420	088	0.537	126	0.453
013	0.431	051	0.530	089	0.524	127	0.568
014	0.474	052	0.522	090	0.471	128	0.532
015	0.504	053	0.450	091	0.563	129	0.475
016	0.526	054	0.632	092	0.502	130	0.600
017	0.482	055	0.535	093	0.538	131	0.536
018	0.502	056	0.512	094	0.374	132	0.456
019	0.519	057	0.472	095	0.432	133	0.546
020	0.475	058	0.512	096	0.447	134	0.548
021	0.475	059	0.516	097	0.484	135	0.482
022	0.515	060	0.510	098	0.562	136	0.473
023	0.481	061	0.478	099	0.454	137	0.600
024	0.635	062	0.567	100	0.425	138	0.375
025	0.487	063	0.485	101	0.435	139	0.525
026	0.544	064	0.539	102	0.445	140	0.391
027	0.544	065	0.573	103	0.463	141	0.421
028	0.502	066	0.486	104	0.565	142	0.481
029	0.534	067	0.507	105	0.420	143	0.471
030	0.575	068	0.479	106	0.548	144	0.469
031	0.408	069	0.481	107	0.439	145	0.519
032	0.484	070	0.525	108	0.518	146	0.435
033	0.604	071	0.523	109	0.554	147	0.463
034	0.441	072	0.489	110	0.552	148	0.552
035	0.518	073	0.493	111	0.462	149	0.458
036	0.438	074	0.511	112	0.362	150	0.503
037	0.541	075	0.479	113	0.523		
038	0.535	076	0.500	114	0.512		

**Tabela 4.2: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0.1							
151	0.501	189	0.503	227	0.493	265	0.436
152	0.542	190	0.522	228	0.532	266	0.523
153	0.562	191	0.520	229	0.510	267	0.568
154	0.471	192	0.488	230	0.459	268	0.522
155	0.440	193	0.490	231	0.527	269	0.450
156	0.501	194	0.526	232	0.547	270	0.525
157	0.509	195	0.518	233	0.460	271	0.587
158	0.461	196	0.461	234	0.508	272	0.517
159	0.411	197	0.492	235	0.521	273	0.470
160	0.519	198	0.492	236	0.472	274	0.435
161	0.532	199	0.469	237	0.548	275	0.466

162	0.444	200	0.487	238	0.473	276	0.485
163	0.481	201	0.588	239	0.597	277	0.542
164	0.515	202	0.496	240	0.544	278	0.467
165	0.464	203	0.489	241	0.529	279	0.454
166	0.418	204	0.520	242	0.521	280	0.472
167	0.499	205	0.553	243	0.525	281	0.458
168	0.482	206	0.411	244	0.579	282	0.403
169	0.494	207	0.530	245	0.547	283	0.517
170	0.519	208	0.515	246	0.496	284	0.554
171	0.494	209	0.472	247	0.533	285	0.650
172	0.539	210	0.484	248	0.417	286	0.500
173	0.432	211	0.537	249	0.444	287	0.534
174	0.508	212	0.581	250	0.489	288	0.503
175	0.474	213	0.353	251	0.494	289	0.493
176	0.501	214	0.497	252	0.454	290	0.484
177	0.546	215	0.504	253	0.503	291	0.490
178	0.499	216	0.445	254	0.499	292	0.525
179	0.535	217	0.468	255	0.508	293	0.457
180	0.446	218	0.494	256	0.467	294	0.561
181	0.412	219	0.529	257	0.507	295	0.575
182	0.519	220	0.561	258	0.545	296	0.476
183	0.480	221	0.494	259	0.509	297	0.471
184	0.504	222	0.549	260	0.441	298	0.526
185	0.508	223	0.513	261	0.471	299	0.556
186	0.454	224	0.462	262	0.496	300	0.431
187	0.397	225	0.461	263	0.441		
188	0.431	226	0.544	264	0.556		

**Tabela 4.3: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,2
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0.2							
001	0.710	039	0.360	077	0.590	115	0.550
002	0.380	040	0.480	078	0.320	116	0.540
003	0.740	041	0.660	079	0.460	117	0.630
004	0.470	042	0.370	080	0.540	118	0.530
005	0.490	043	0.520	081	0.420	119	0.500
006	0.490	044	0.630	082	0.440	120	0.600
007	0.550	045	0.490	083	0.550	121	0.440
008	0.640	046	0.330	084	0.430	122	0.370
009	0.430	047	0.540	085	0.660	123	0.480
010	0.560	048	0.660	086	0.460	124	0.530
011	0.340	049	0.550	087	0.460	125	0.630
012	0.470	050	0.490	088	0.500	126	0.530
013	0.320	051	0.330	089	0.770	127	0.570
014	0.440	052	0.510	090	0.550	128	0.520

015	0.550	053	0.480	091	0.550	129	0.560
016	0.530	054	0.630	092	0.500	130	0.500
017	0.650	055	0.580	093	0.300	131	0.310
018	0.450	056	0.610	094	0.560	132	0.620
019	0.440	057	0.460	095	0.490	133	0.450
020	0.510	058	0.340	096	0.400	134	0.400
021	0.570	059	0.510	097	0.400	135	0.500
022	0.530	060	0.570	098	0.530	136	0.680
023	0.460	061	0.530	099	0.420	137	0.420
024	0.570	062	0.380	100	0.500	138	0.400
025	0.470	063	0.260	101	0.480	139	0.680
026	0.420	064	0.650	102	0.640	140	0.550
027	0.600	065	0.490	103	0.430	141	0.310
028	0.640	066	0.530	104	0.440	142	0.580
029	0.530	067	0.350	105	0.480	143	0.510
030	0.570	068	0.460	106	0.460	144	0.610
031	0.620	069	0.510	107	0.610	145	0.450
032	0.470	070	0.480	108	0.480	146	0.350
033	0.540	071	0.500	109	0.470	147	0.490
034	0.490	072	0.610	110	0.580	148	0.420
035	0.650	073	0.530	111	0.400	149	0.580
036	0.510	074	0.590	112	0.500	150	0.520
037	0.690	075	0.480	113	0.400		
038	0.520	076	0.470	114	0.490		

Tabela 4.4: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,2
(Números de Ordem de 151 a 300)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0,2							
151	0.420	189	0.590	227	0.290	265	0.490
152	0.530	190	0.350	228	0.660	266	0.350
153	0.740	191	0.380	229	0.480	267	0.580
154	0.490	192	0.590	230	0.490	268	0.520
155	0.600	193	0.570	231	0.700	269	0.490
156	0.620	194	0.590	232	0.480	270	0.260
157	0.450	195	0.540	233	0.380	271	0.440
158	0.370	196	0.220	234	0.630	272	0.730
159	0.640	197	0.410	235	0.390	273	0.500
160	0.420	198	0.540	236	0.520	274	0.560
161	0.590	199	0.500	237	0.460	275	0.630
162	0.360	200	0.480	238	0.370	276	0.550
163	0.350	201	0.620	239	0.700	277	0.450
164	0.370	202	0.630	240	0.530	278	0.530
165	0.570	203	0.380	241	0.550	279	0.480
166	0.500	204	0.310	242	0.460	280	0.410
167	0.540	205	0.560	243	0.510	281	0.550

168	0.370	206	0.550	244	0.500	282	0.500
169	0.600	207	0.560	245	0.530	283	0.490
170	0.360	208	0.570	246	0.580	284	0.450
171	0.580	209	0.660	247	0.500	285	0.600
172	0.420	210	0.670	248	0.440	286	0.400
173	0.510	211	0.450	249	0.500	287	0.440
174	0.610	212	0.660	250	0.530	288	0.550
175	0.520	213	0.330	251	0.640	289	0.380
176	0.470	214	0.540	252	0.460	290	0.750
177	0.540	215	0.590	253	0.610	291	0.330
178	0.550	216	0.650	254	0.600	292	0.490
179	0.400	217	0.460	255	0.500	293	0.460
180	0.510	218	0.560	256	0.560	294	0.590
181	0.430	219	0.630	257	0.490	295	0.430
182	0.590	220	0.500	258	0.600	296	0.470
183	0.420	221	0.470	259	0.510	297	0.670
184	0.510	222	0.350	260	0.390	298	0.590
185	0.420	223	0.460	261	0.430	299	0.480
186	0.420	224	0.330	262	0.570	300	0.520
187	0.550	225	0.500	263	0.450		
188	0.670	226	0.520	264	0.470		

**Tabela 4.5: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,3
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0.3							
001	0.480	039	0.640	077	0.600	115	0.390
002	0.160	040	0.380	078	0.340	116	0.510
003	0.490	041	0.420	079	0.230	117	0.630
004	0.310	042	0.650	080	0.550	118	0.600
005	0.530	043	0.270	081	0.810	119	0.450
006	0.590	044	0.740	082	0.480	120	0.420
007	0.640	045	0.400	083	0.310	121	0.490
008	0.560	046	0.550	084	0.440	122	0.480
009	0.710	047	0.580	085	0.560	123	0.650
010	0.460	048	0.430	086	0.720	124	0.680
011	0.320	049	0.570	087	0.500	125	0.380
012	0.650	050	0.340	088	0.430	126	0.590
013	0.740	051	0.500	089	0.550	127	0.590
014	0.530	052	0.850	090	0.560	128	0.420
015	0.620	053	0.310	091	0.480	129	0.390
016	0.330	054	0.540	092	0.340	130	0.530
017	0.480	055	0.430	093	0.500	131	0.660
018	0.420	056	0.420	094	0.460	132	0.550
019	0.790	057	0.560	095	0.600	133	0.500
020	0.590	058	0.380	096	0.250	134	0.230

021	0.450	059	0.730	097	0.600	135	0.650
022	0.510	060	0.720	098	0.520	136	0.530
023	0.790	061	0.290	099	0.490	137	0.390
024	0.500	062	0.550	100	0.530	138	0.390
025	0.620	063	0.490	101	0.490	139	0.600
026	0.860	064	0.530	102	0.520	140	0.640
027	0.450	065	0.770	103	0.290	141	0.570
028	0.380	066	0.610	104	0.540	142	0.450
029	0.620	067	0.440	105	0.440	143	0.380
030	0.330	068	0.800	106	0.630	144	0.570
031	0.500	069	0.550	107	0.480	145	0.560
032	0.500	070	0.560	108	0.410	146	0.420
033	0.460	071	0.500	109	0.360	147	0.620
034	0.420	072	0.290	110	0.580	148	0.640
035	0.360	073	0.410	111	0.600	149	0.610
036	0.510	074	0.500	112	0.320	150	0.059
037	0.100	075	0.400	113	0.390		
038	0.630	076	0.540	114	0.440		

**Tabela 4.6: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,3
(Número de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0,3							
151	0.740	189	0.660	227	0.620	265	0.340
152	0.420	190	0.420	228	0.140	266	0.720
153	0.550	191	0.450	229	0.460	267	0.700
154	0.630	192	0.570	230	0.360	268	0.600
155	0.560	193	0.430	231	0.640	269	0.410
156	0.680	194	0.780	232	0.560	270	0.470
157	0.450	195	0.580	233	0.440	271	0.590
158	0.740	196	0.710	234	0.530	272	0.380
159	0.550	197	0.540	235	0.420	273	0.610
160	0.420	198	0.340	236	0.420	274	0.580
161	0.420	199	0.420	237	0.540	275	0.360
162	0.480	200	0.420	238	0.520	276	0.500
163	0.290	201	0.240	239	0.580	277	0.460
164	0.350	202	0.520	240	0.470	278	0.540
165	0.520	203	0.420	241	0.310	279	0.650
166	0.320	204	0.470	242	0.440	280	0.590
167	0.490	205	0.420	243	0.510	281	0.360
168	0.720	206	0.510	244	0.420	282	0.630
169	0.490	207	0.240	245	0.420	283	0.390
170	0.370	208	0.530	246	0.480	284	0.520
171	0.430	209	0.570	247	0.420	285	0.580
172	0.440	210	0.330	248	0.260	286	0.610
173	0.600	211	0.510	249	0.440	287	0.700

174	0.550	212	0.530	250	0.630	288	0.480
175	0.420	213	0.440	251	0.320	289	0.260
176	0.410	214	0.610	252	0.460	290	0.590
177	0.470	215	0.370	253	0.420	291	0.480
178	0.540	216	0.700	254	0.700	292	0.800
179	0.710	217	0.370	255	0.570	293	0.500
180	0.500	218	0.680	256	0.500	294	0.450
181	0.550	219	0.600	257	0.420	295	0.450
182	0.740	220	0.510	258	0.580	296	0.760
183	0.560	221	0.270	259	0.360	297	0.500
184	0.590	222	0.350	260	0.480	298	0.430
185	0.720	223	0.520	261	0.370	299	0.390
186	0.530	224	0.610	262	0.460	300	0.450
187	0.490	225	0.410	263	0.650		
188	0.400	226	0.630	264	0.470		

**Tabela 4.7: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0.4							
001	0.740	039	0.290	077	0.660	115	0.720
002	0.650	040	0.500	078	0.380	116	0.200
003	0.600	041	0.480	079	0.590	117	0.630
004	0.810	042	0.860	080	0.460	118	0.180
005	0.530	043	0.630	081	0.630	119	0.360
006	0.081	044	0.230	082	0.900	120	0.430
007	0.410	045	0.780	083	0.840	121	0.540
008	0.320	046	0.410	084	0.610	122	0.440
009	0.500	047	0.790	085	0.410	123	0.330
010	1.100	048	0.230	086	0.730	124	0.140
011	0.350	049	0.760	087	0.210	125	0.350
012	0.870	050	0.500	088	0.360	126	0.570
013	0.580	051	0.620	089	0.820	127	0.140
014	0.590	052	0.680	090	0.840	128	0.640
015	0.860	053	0.520	091	0.400	129	0.450
016	0.360	054	0.780	092	0.690	130	0.240
017	0.210	055	0.740	093	0.530	131	0.710
018	0.260	056	0.490	094	0.300	132	0.720
019	0.560	057	0.500	095	0.620	133	0.570
020	0.740	058	0.500	096	0.360	134	0.580
021	0.860	059	0.840	097	0.770	135	0.500
022	0.500	060	0.430	098	0.410	136	0.280
023	0.540	061	0.200	099	0.380	137	0.630
024	0.620	062	0.440	100	0.240	138	0.730
025	0.550	063	0.710	101	0.590	139	0.150
026	0.420	064	0.420	102	0.360	140	0.250

027	0.560	065	0.610	103	0.690	141	0.640
028	0.200	066	0.640	104	0.610	142	0.620
029	0.490	067	0.770	105	0.450	143	0.110
030	0.410	068	0.450	106	0.230	144	0.140
031	0.560	069	0.680	107	0.680	145	0.470
032	0.500	070	0.670	108	0.870	146	0.630
033	1.100	071	0.760	109	0.069	147	0.310
034	0.350	072	0.600	110	0.860	148	0.340
035	0.660	073	0.410	111	0.340	149	0.450
036	0.550	074	0.310	112	0.200	150	0.430
037	0.500	075	0.710	113	0.300		
038	0.710	076	0.540	114	0.390		

**Tabela 4.8: Lote de Números Aleatórios de 0 a 1 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 1 e CV = 0,4							
151	0.620	189	0.340	227	0.620	265	0.400
152	0.210	190	0.390	228	0.590	266	0.680
153	0.220	191	0.390	229	0.490	267	0.760
154	0.530	192	0.830	230	0.570	268	0.360
155	0.510	193	0.560	231	0.480	269	0.610
156	0.290	194	0.960	232	0.250	270	0.170
157	0.400	195	0.790	233	0.490	271	0.640
158	0.720	196	0.590	234	0.590	272	0.510
159	0.610	197	0.800	235	0.480	273	0.250
160	0.700	198	0.360	236	0.480	274	0.160
161	0.630	199	0.630	237	0.700	275	0.260
162	0.780	200	0.390	238	0.750	276	0.440
163	0.700	201	0.410	239	0.580	277	0.810
164	0.440	202	0.340	240	0.520	278	0.480
165	0.190	203	0.440	241	0.460	279	0.610
166	0.700	204	0.730	242	0.510	280	0.500
167	0.490	205	0.820	243	0.190	281	0.310
168	0.720	206	0.370	244	0.520	282	0.510
169	0.340	207	0.420	245	0.520	283	0.660
170	0.400	208	0.660	246	0.380	284	0.520
171	0.430	209	0.760	247	0.470	285	0.340
172	0.420	210	0.520	248	0.540	286	0.170
173	0.900	211	0.610	249	0.640	287	0.700
174	0.420	212	0.740	250	0.250	288	0.460
175	0.830	213	0.330	251	0.490	289	0.590
176	0.560	214	0.290	252	0.270	290	0.470
177	0.750	215	0.320	253	0.360	291	0.100
178	0.440	216	0.520	254	0.330	292	0.790
179	0.300	217	0.640	255	0.610	293	0.140

180	0.710	218	0.750	256	0.490	294	0.730
181	0.670	219	0.400	257	0.220	295	0.280
182	0.480	220	0.250	258	0.650	296	0.340
183	0.310	221	0.051	259	0.560	297	0.770
184	0.760	222	0.470	260	0.029	298	0.590
185	0.690	223	0.560	261	0.450	299	0.520
186	0.320	224	0.350	262	0.630	300	0.230
187	0.690	225	0.530	263	0.410		
188	0.100	226	0.400	264	0.510		

**Tabela 4.9: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0.1							
001	0.368	039	0.426	077	0.428	115	0.345
002	0.404	040	0.462	078	0.394	116	0.342
003	0.371	041	0.366	079	0.355	117	0.367
004	0.357	042	0.383	080	0.364	118	0.298
005	0.435	043	0.334	081	0.325	119	0.356
006	0.401	044	0.305	082	0.331	120	0.413
007	0.370	045	0.303	083	0.425	121	0.347
008	0.373	046	0.312	084	0.462	122	0.375
009	0.394	047	0.327	085	0.445	123	0.365
010	0.333	048	0.355	086	0.361	124	0.355
011	0.384	049	0.345	087	0.416	125	0.411
012	0.391	050	0.314	088	0.465	126	0.361
013	0.333	051	0.386	089	0.432	127	0.390
014	0.417	052	0.346	090	0.389	128	0.443
015	0.411	053	0.374	091	0.324	129	0.407
016	0.443	054	0.377	092	0.444	130	0.359
017	0.387	055	0.362	093	0.333	131	0.349
018	0.319	056	0.384	094	0.431	132	0.351
019	0.275	057	0.434	095	0.406	133	0.368
020	0.338	058	0.405	096	0.374	134	0.370
021	0.431	059	0.333	097	0.424	135	0.287
022	0.346	060	0.388	098	0.357	136	0.368
023	0.374	061	0.386	099	0.370	137	0.430
024	0.412	062	0.343	100	0.424	138	0.379
025	0.323	063	0.309	101	0.392	139	0.381
026	0.442	064	0.404	102	0.411	140	0.383
027	0.309	065	0.360	103	0.335	141	0.451
028	0.385	066	0.373	104	0.388	142	0.267
029	0.341	067	0.397	105	0.410	143	0.383
030	0.337	068	0.380	106	0.318	144	0.362
031	0.408	069	0.383	107	0.361	145	0.369
032	0.355	070	0.449	108	0.371	146	0.337

033	0.331	071	0.352	109	0.388	147	0.406
034	0.369	072	0.342	110	0.310	148	0.377
035	0.386	073	0.291	111	0.408	149	0.369
036	0.360	074	0.353	112	0.335	150	0.468
037	0.375	075	0.341	113	0.292		
038	0.318	076	0.474	114	0.403		

**Tabela 4.10: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0.1							
151	0.314	189	0.408	227	0.382	265	0.369
152	0.439	190	0.412	228	0.420	266	0.422
153	0.309	191	0.349	229	0.366	267	0.304
154	0.350	192	0.394	230	0.327	268	0.326
155	0.400	193	0.440	231	0.408	269	0.321
156	0.370	194	0.378	232	0.373	270	0.380
157	0.412	195	0.386	233	0.399	271	0.410
158	0.378	196	0.343	234	0.384	272	0.343
159	0.401	197	0.354	235	0.364	273	0.382
160	0.314	198	0.320	236	0.341	274	0.417
161	0.385	199	0.363	237	0.370	275	0.304
162	0.367	200	0.365	238	0.342	276	0.373
163	0.430	201	0.376	239	0.373	277	0.435
164	0.383	202	0.385	240	0.372	278	0.354
165	0.350	203	0.365	241	0.297	279	0.427
166	0.349	204	0.402	242	0.425	280	0.352
167	0.378	205	0.354	243	0.363	281	0.316
168	0.260	206	0.372	244	0.391	282	0.348
169	0.358	207	0.353	245	0.365	283	0.403
170	0.403	208	0.367	246	0.385	284	0.411
171	0.421	209	0.386	247	0.362	285	0.484
172	0.419	210	0.385	248	0.394	286	0.361
173	0.345	211	0.282	249	0.384	287	0.388
174	0.340	212	0.402	250	0.362	288	0.413
175	0.419	213	0.376	251	0.454	289	0.335
176	0.344	214	0.360	252	0.383	290	0.374
177	0.447	215	0.362	253	0.437	291	0.402
178	0.334	216	0.379	254	0.387	292	0.351
179	0.386	217	0.418	255	0.436	293	0.451
180	0.357	218	0.407	256	0.340	294	0.328
181	0.378	219	0.354	257	0.308	295	0.429
182	0.378	220	0.354	258	0.403	296	0.383
183	0.343	221	0.339	259	0.369	297	0.397
184	0.404	222	0.365	260	0.382	298	0.426
185	0.376	223	0.385	261	0.340	299	0.367

186	0.352	224	0.396	262	0.363	300	0.413
187	0.387	225	0.331	263	0.378		
188	0.316	226	0.408	264	0.442		

Tabela 4.11: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,2
(Número de Ordem de 001 a 150)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0.2							
001	0.540	039	0.270	077	0.380	115	0.210
002	0.400	040	0.430	078	0.580	116	0.360
003	0.350	041	0.460	079	0.510	117	0.400
004	0.260	042	0.410	080	0.340	118	0.390
005	0.410	043	0.540	081	0.420	119	0.270
006	0.380	044	0.450	082	0.420	120	0.310
007	0.420	045	0.330	083	0.340	121	0.320
008	0.380	046	0.290	084	0.430	122	0.210
009	0.340	047	0.190	085	0.450	123	0.460
010	0.490	048	0.420	086	0.350	124	0.380
011	0.400	049	0.500	087	0.540	125	0.420
012	0.550	050	0.390	088	0.480	126	0.480
013	0.310	051	0.300	089	0.400	127	0.350
014	0.530	052	0.350	090	0.330	128	0.450
015	0.350	053	0.370	091	0.410	129	0.300
016	0.370	054	0.410	092	0.370	130	0.320
017	0.310	055	0.460	093	0.320	131	0.500
018	0.410	056	0.400	094	0.380	132	0.570
019	0.400	057	0.470	095	0.430	133	0.450
020	0.380	058	0.200	096	0.350	134	0.540
021	0.520	059	0.270	097	0.300	135	0.360
022	0.390	060	0.330	098	0.490	136	0.420
023	0.510	061	0.390	099	0.380	137	0.340
024	0.300	062	0.350	100	0.340	138	0.300
025	0.360	063	0.390	101	0.440	139	0.290
026	0.420	064	0.460	102	0.520	140	0.400
027	0.350	065	0.330	103	0.400	141	0.420
028	0.430	066	0.450	104	0.380	142	0.390
029	0.290	067	0.350	105	0.420	143	0.350
030	0.340	068	0.440	106	0.270	144	0.290
031	0.440	069	0.240	107	0.400	145	0.320
032	0.400	070	0.320	108	0.350	146	0.430
033	0.270	071	0.310	109	0.430	147	0.390
034	0.500	072	0.350	110	0.520	148	0.460
035	0.280	073	0.380	111	0.450	149	0.380
036	0.450	074	0.380	112	0.540	150	0.350
037	0.420	075	0.360	113	0.430		
038	0.230	076	0.400	114	0.330		

Tabela 4.12: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,2
(Números de Ordem de 151 a 300)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0.2							
151	0.290	189	0.370	227	0.290	265	0.470
152	0.490	190	0.240	228	0.350	266	0.330
153	0.290	191	0.330	229	0.300	267	0.370
154	0.400	192	0.350	230	0.410	268	0.270
155	0.360	193	0.300	231	0.370	269	0.280
156	0.480	194	0.380	232	0.340	270	0.300
157	0.460	195	0.360	233	0.330	271	0.330
158	0.320	196	0.380	234	0.370	272	0.340
159	0.300	197	0.390	235	0.240	273	0.340
160	0.440	198	0.380	236	0.340	274	0.410
161	0.320	199	0.470	237	0.380	275	0.470
162	0.410	200	0.530	238	0.330	276	0.460
163	0.310	201	0.370	239	0.400	277	0.330
164	0.320	202	0.340	240	0.390	278	0.350
165	0.320	203	0.310	241	0.350	279	0.500
166	0.500	204	0.450	242	0.370	280	0.490
167	0.270	205	0.320	243	0.470	281	0.470
168	0.290	206	0.300	244	0.450	282	0.380
169	0.420	207	0.410	245	0.310	283	0.360
170	0.410	208	0.290	246	0.300	284	0.360
171	0.430	209	0.310	247	0.420	285	0.290
172	0.350	210	0.440	248	0.360	286	0.350
173	0.250	211	0.430	249	0.470	287	0.350
174	0.450	212	0.390	250	0.410	288	0.370
175	0.380	213	0.350	251	0.310	289	0.320
176	0.490	214	0.480	252	0.490	290	0.580
177	0.430	215	0.430	253	0.260	291	0.370
178	0.380	216	0.450	254	0.320	292	0.350
179	0.450	217	0.450	255	0.380	293	0.330
180	0.200	218	0.440	256	0.380	294	0.360
181	0.500	219	0.350	257	0.390	295	0.310
182	0.280	220	0.360	258	0.460	296	0.290
183	0.370	221	0.340	259	0.440	297	0.440
184	0.440	222	0.400	260	0.410	298	0.350
185	0.190	223	0.440	261	0.270	299	0.400
186	0.480	224	0.450	262	0.340	300	0.430
187	0.390	225	0.460	263	0.330		
188	0.330	226	0.320	264	0.330		

Tabela 4.13: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,3
(Números de Ordem de 001 a 150)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0.3							
001	0.460	039	0.370	077	0.460	115	0.350
002	0.044	040	0.210	078	0.220	116	0.450
003	0.200	041	0.310	079	0.410	117	0.350
004	0.350	042	0.410	080	0.180	118	0.290
005	0.540	043	0.440	081	0.250	119	0.490
006	0.550	044	0.230	082	0.640	120	0.350
007	0.250	045	0.250	083	0.280	121	0.380
008	0.510	046	0.330	084	0.360	122	0.230
009	0.400	047	0.230	085	0.470	123	0.580
010	0.430	048	0.460	086	0.500	124	0.530
011	0.350	049	0.270	087	0.370	125	0.500
012	0.310	050	0.360	088	0.310	126	0.480
013	0.440	051	0.540	089	0.430	127	0.360
014	0.710	052	0.320	090	0.260	128	0.250
015	0.220	053	0.350	091	0.450	129	0.330
016	0.230	054	0.260	092	0.470	130	0.360
017	0.320	055	0.270	093	0.320	131	0.420
018	0.240	056	0.440	094	0.350	132	0.270
019	0.280	057	0.380	095	0.330	133	0.390
020	0.430	058	0.400	096	0.500	134	0.260
021	0.510	059	0.360	097	0.460	135	0.320
022	0.340	060	0.310	098	0.280	136	0.290
023	0.310	061	0.300	099	0.340	137	0.300
024	0.220	062	0.280	100	0.280	138	0.430
025	0.240	063	0.430	101	0.290	139	0.330
026	0.340	064	0.430	102	0.420	140	0.130
027	0.570	065	0.260	103	0.520	141	0.220
028	0.320	066	0.400	104	0.250	142	0.280
029	0.350	067	0.420	105	0.310	143	0.310
030	0.470	068	0.410	106	0.530	144	0.270
031	0.470	069	0.280	107	0.380	145	0.490
032	0.300	070	0.260	108	0.300	146	0.520
033	0.086	071	0.350	109	0.390	147	0.340
034	0.450	072	0.360	110	0.430	148	0.330
035	0.430	073	0.130	111	0.310	149	0.370
036	0.430	074	0.490	112	0.560	150	0.410
037	0.450	075	0.440	113	0.310		
038	0.250	076	0.220	114	0.290		

Tabela 4.14: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,3
(Números de Ordem de 151 a 300)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,3							
151	0.300	189	0.460	227	0.380	265	0.400
152	0.320	190	0.410	228	0.480	266	0.240
153	0.220	191	0.410	229	0.480	267	0.460
154	0.099	192	0.340	230	0.350	268	0.420
155	0.630	193	0.520	231	0.470	269	0.460
156	0.560	194	0.360	232	0.410	270	0.530
157	0.330	195	0.150	233	0.310	271	0.390
158	0.270	196	0.330	234	0.460	272	0.430
159	0.180	197	0.470	235	0.480	273	0.490
160	0.300	198	0.360	236	0.540	274	0.340
161	0.250	199	0.240	237	0.120	275	0.570
162	0.460	200	0.520	238	0.250	276	0.530
163	0.130	201	0.260	239	0.380	277	0.530
164	0.300	202	0.250	240	0.380	278	0.350
165	0.280	203	0.220	241	0.310	279	0.390
166	0.550	204	0.570	242	0.110	280	0.230
167	0.410	205	0.280	243	0.450	281	0.520
168	0.310	206	0.380	244	0.380	282	0.360
169	0.510	207	0.410	245	0.470	283	0.180
170	0.470	208	0.410	246	0.260	284	0.450
171	0.300	209	0.420	247	0.560	285	0.410
172	0.230	210	0.560	248	0.420	286	0.300
173	0.350	211	0.460	249	0.460	287	0.360
174	0.410	212	0.430	250	0.310	288	0.320
175	0.110	213	0.460	251	0.390	289	0.540
176	0.520	214	0.310	252	0.450	290	0.330
177	0.510	215	0.270	253	0.490	291	0.250
178	0.440	216	0.440	254	0.390	292	0.500
179	0.520	217	0.540	255	0.540	293	0.380
180	0.370	218	0.330	256	0.310	294	0.320
181	0.560	219	0.430	257	0.370	295	0.260
182	0.430	220	0.670	258	0.250	296	0.190
183	0.470	221	0.410	259	0.430	297	0.110
184	0.390	222	0.200	260	0.450	298	0.230
185	0.470	223	0.480	261	0.280	299	0.550
186	0.330	224	0.360	262	0.340	300	0.320
187	0.360	225	0.310	263	0.430		
188	0.210	226	0.350	264	0.570		

**Tabela 4.15: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0.4							
001	0.440	039	0.170	077	0.340	115	0.470
002	0.460	040	0.160	078	0.550	116	0.410

003	0.530	041	0.067	079	0.230	117	0.580
004	0.160	042	0.360	080	0.400	118	0.095
005	0.790	043	0.280	081	0.480	119	0.610
006	0.350	044	0.580	082	0.300	120	0.400
007	0.350	045	0.440	083	0.350	121	0.520
008	0.430	046	0.370	084	0.180	122	0.280
009	0.410	047	0.160	085	0.440	123	0.510
010	0.440	048	0.260	086	0.580	124	0.260
011	0.450	049	0.470	087	0.420	125	0.084
012	0.340	050	0.610	088	0.270	126	0.510
013	0.400	051	0.730	089	0.440	127	0.630
014	0.460	052	0.210	090	0.410	128	0.420
015	0.230	053	0.460	091	0.380	129	0.340
016	0.550	054	0.220	092	0.430	130	0.460
017	0.330	055	0.480	093	0.300	131	0.330
018	0.550	056	0.450	094	0.420	132	0.370
019	0.440	057	0.430	095	0.350	133	0.480
020	0.540	058	0.270	096	0.240	134	0.500
021	0.460	059	0.520	097	0.440	135	0.100
022	0.330	060	0.110	098	0.360	136	0.450
023	0.380	061	0.320	099	0.130	137	0.680
024	0.590	062	0.640	100	0.340	138	0.430
025	0.130	063	0.570	101	0.680	139	0.130
026	0.240	064	0.270	102	0.600	140	0.390
027	0.520	065	0.040	103	0.510	141	0.380
028	0.070	066	0.590	104	0.160	142	0.500
029	0.630	067	0.380	105	0.210	143	0.310
030	0.460	068	0.670	106	0.200	144	0.200
031	0.290	069	0.180	107	0.550	145	0.320
032	0.330	070	0.360	108	0.063	146	0.470
033	0.510	071	0.320	109	0.380	147	0.410
034	0.350	072	0.290	110	0.300	148	0.360
035	0.510	073	0.200	111	0.260	149	0.510
036	0.310	074	0.250	112	0.220	150	0.190
037	0.830	075	0.350	113	0.440		
038	0.430	076	0.350	114	0.280		

**Tabela 4.16: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,75 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0.4							
151	0.290	189	0.036	227	0.310	265	0.490
152	0.210	190	0.620	228	0.160	266	0.460
153	0.290	191	0.540	229	0.420	267	0.430
154	0.340	192	0.410	230	0.460	268	0.083
155	0.560	193	0.470	231	0.210	269	0.380

156	0.450	194	0.290	232	0.330	270	0.310
157	0.180	195	0.240	233	0.320	271	0.520
158	0.510	196	0.340	234	0.290	272	0.580
159	0.210	197	0.580	235	0.480	273	0.400
160	0.320	198	0.087	236	0.270	274	0.510
161	0.170	199	0.029	237	0.310	275	0.640
162	0.490	200	0.330	238	0.580	276	0.440
163	0.380	201	0.440	239	0.440	277	0.390
164	0.380	202	0.280	240	0.340	278	0.300
165	0.230	203	0.220	241	0.450	279	0.170
166	0.530	204	0.260	242	0.320	280	0.490
167	0.340	205	0.290	243	0.360	281	0.290
168	0.680	206	0.280	244	0.250	282	0.110
169	0.480	207	0.400	245	0.420	283	0.620
170	0.590	208	0.700	246	0.200	284	0.280
171	0.500	209	0.280	247	0.420	285	0.440
172	0.350	210	0.280	248	0.410	286	0.560
173	0.400	211	0.620	249	0.140	287	0.470
174	0.560	212	0.200	250	0.260	288	0.550
175	0.440	213	0.150	251	0.320	289	0.380
176	0.320	214	0.380	252	0.590	290	0.550
177	0.220	215	0.420	253	0.590	291	0.300
178	0.210	216	0.290	254	0.440	292	0.410
179	0.460	217	0.420	255	0.300	293	0.210
180	0.360	218	0.290	256	0.240	294	0.220
181	0.480	219	0.410	257	0.380	295	0.540
182	0.570	220	0.230	258	0.420	296	0.270
183	0.280	221	0.310	259	0.290	297	0.540
184	0.250	222	0.290	260	0.380	298	0.430
185	0.410	223	0.400	261	0.140	299	0.450
186	0.120	224	0.160	262	0.540	300	0.360
187	0.360	225	0.410	263	0.280		
188	0.460	226	0.270	264	0.480		

**Tabela 4.17: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0.1							
001	0.264	039	0.265	077	0.221	115	0.232
002	0.260	040	0.241	078	0.241	116	0.228
003	0.243	041	0.205	079	0.250	117	0.301
004	0.263	042	0.279	080	0.226	118	0.172
005	0.256	043	0.264	081	0.231	119	0.272
006	0.243	044	0.258	082	0.247	120	0.239
007	0.235	045	0.227	083	0.265	121	0.203
008	0.296	046	0.229	084	0.252	122	0.221

009	0.258	047	0.257	085	0.248	123	0.237
010	0.313	048	0.292	086	0.211	124	0.267
011	0.227	049	0.231	087	0.213	125	0.229
012	0.261	050	0.297	088	0.250	126	0.223
013	0.250	051	0.250	089	0.260	127	0.266
014	0.263	052	0.214	090	0.265	128	0.240
015	0.245	053	0.210	091	0.293	129	0.286
016	0.201	054	0.228	092	0.249	130	0.256
017	0.259	055	0.237	093	0.224	131	0.268
018	0.249	056	0.276	094	0.219	132	0.288
019	0.266	057	0.234	095	0.251	133	0.258
020	0.290	058	0.260	096	0.261	134	0.252
021	0.246	059	0.263	097	0.247	135	0.260
022	0.224	060	0.253	098	0.234	136	0.244
023	0.235	061	0.243	099	0.192	137	0.257
024	0.270	062	0.245	100	0.234	138	0.221
025	0.255	063	0.192	101	0.261	139	0.262
026	0.204	064	0.247	102	0.261	140	0.269
027	0.232	065	0.277	103	0.294	141	0.268
028	0.254	066	0.258	104	0.252	142	0.224
029	0.229	067	0.253	105	0.287	143	0.317
030	0.242	068	0.268	106	0.241	144	0.286
031	0.236	069	0.266	107	0.280	145	0.228
032	0.249	070	0.222	108	0.218	146	0.238
033	0.283	071	0.245	109	0.271	147	0.212
034	0.220	072	0.238	110	0.260	148	0.231
035	0.270	073	0.257	111	0.258	149	0.294
036	0.255	074	0.240	112	0.266	150	0.244
037	0.264	075	0.212	113	0.233		
038	0.270	076	0.273	114	0.268		

**Tabela 4.18: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CM = 0.1							
151	0.246	189	0.228	227	0.247	265	0.287
152	0.274	190	0.262	228	0.241	266	0.256
153	0.222	191	0.306	229	0.234	267	0.287
154	0.264	192	0.286	230	0.244	268	0.223
155	0.256	193	0.227	231	0.222	269	0.318
156	0.247	194	0.239	232	0.254	270	0.237
157	0.252	195	0.289	233	0.221	271	0.221
158	0.244	196	0.259	234	0.190	272	0.208
159	0.256	197	0.258	235	0.262	273	0.272
160	0.261	198	0.267	236	0.273	274	0.252
161	0.264	199	0.233	237	0.252	275	0.206

162	0.253	200	0.223	238	0.319	276	0.240
163	0.256	201	0.288	239	0.282	277	0.000
164	0.239	202	0.247	240	0.277	278	0.300
165	0.272	203	0.225	241	0.261	279	0.262
166	0.234	204	0.275	242	0.253	280	0.230
167	0.269	205	0.237	243	0.268	281	0.248
168	0.297	206	0.295	244	0.239	282	0.232
169	0.247	207	0.240	245	0.287	283	0.290
170	0.275	208	0.248	246	0.218	284	0.231
171	0.282	209	0.256	247	0.210	285	0.248
172	0.214	210	0.254	248	0.239	286	0.250
173	0.254	211	0.260	249	0.224	287	0.233
174	0.274	212	0.264	250	0.259	288	0.195
175	0.255	213	0.214	251	0.269	289	0.252
176	0.241	214	0.280	252	0.291	290	0.271
177	0.246	215	0.250	253	0.244	291	0.309
178	0.250	216	0.250	254	0.209	292	0.208
179	0.229	217	0.224	255	0.281	293	0.242
180	0.236	218	0.226	256	0.250	294	0.266
181	0.255	219	0.295	257	0.277	295	0.254
182	0.275	220	0.225	258	0.277	296	0.268
183	0.266	221	0.271	259	0.268	297	0.247
184	0.281	222	0.244	260	0.233	298	0.238
185	0.242	223	0.239	261	0.238	299	0.238
186	0.253	224	0.225	262	0.262	300	0.201
187	0.207	225	0.265	263	0.241		
188	0.252	226	0.244	264	0.257		

**Tabela 4.19: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,2
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0.2							
001	0.330	039	0.250	077	0.290	115	0.270
002	0.310	040	0.240	078	0.190	116	0.220
003	0.280	041	0.330	079	0.220	117	0.300
004	0.230	042	0.230	080	0.220	118	0.220
005	0.290	043	0.300	081	0.250	119	0.210
006	0.260	044	0.210	082	0.280	120	0.220
007	0.240	045	0.320	083	0.230	121	0.210
008	0.250	046	0.210	084	0.330	122	0.170
009	0.310	047	0.180	085	0.190	123	0.320
010	0.280	048	0.230	086	0.240	124	0.160
011	0.300	049	0.150	087	0.170	125	0.260
012	0.300	050	0.280	088	0.240	126	0.190

013	0.220	051	0.200	089	0.310	127	0.240
014	0.330	052	0.160	090	0.290	128	0.300
015	0.170	053	0.210	091	0.250	129	0.180
016	0.210	054	0.220	092	0.230	130	0.230
017	0.300	055	0.150	093	0.200	131	0.330
018	0.280	056	0.350	094	0.210	132	0.270
019	0.290	057	0.120	095	0.190	133	0.210
020	0.210	058	0.250	096	0.110	134	0.220
021	0.280	059	0.170	097	0.250	135	0.240
022	0.170	060	0.180	098	0.250	136	0.240
023	0.260	061	0.280	099	0.290	137	0.280
024	0.290	062	0.270	100	0.320	138	0.170
025	0.240	063	0.260	101	0.280	139	0.220
026	0.190	064	0.230	102	0.200	140	0.170
027	0.280	065	0.210	103	0.160	141	0.260
028	0.240	066	0.330	104	0.190	142	0.210
029	0.220	067	0.240	105	0.280	143	0.250
030	0.230	068	0.330	106	0.250	144	0.240
031	0.330	069	0.280	107	0.220	145	0.260
032	0.310	070	0.350	108	0.300	146	0.290
033	0.190	071	0.190	109	0.330	147	0.250
034	0.250	072	0.330	110	0.300	148	0.180
035	0.310	073	0.220	111	0.200	149	0.290
036	0.160	074	0.170	112	0.230	150	0.300
037	0.160	075	0.160	113	0.230		
038	0.340	076	0.260	114	0.240		

**Tabela 4.20: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,2
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0.2							
151	0.190	189	0.290	227	0.220	265	0.250
152	0.270	190	0.190	228	0.230	266	0.320
153	0.250	191	0.240	229	0.200	267	0.180
154	0.240	192	0.280	230	0.250	268	0.250
155	0.240	193	0.290	231	0.300	269	0.150
156	0.270	194	0.220	232	0.250	270	0.200
157	0.240	195	0.300	233	0.170	271	0.260
158	0.230	196	0.290	234	0.240	272	0.220
159	0.160	197	0.290	235	0.260	273	0.250
160	0.250	198	0.230	236	0.220	274	0.250
161	0.220	199	0.170	237	0.250	275	0.190
162	0.340	200	0.270	238	0.220	276	0.220
163	0.270	201	0.220	239	0.140	277	0.330
164	0.250	202	0.150	240	0.280	278	0.220
165	0.370	203	0.220	241	0.200	279	0.260

166	0.220	204	0.140	242	0.150	280	0.250
167	0.330	205	0.240	243	0.270	281	0.270
168	0.330	206	0.270	244	0.240	282	0.250
169	0.270	207	0.300	245	0.280	283	0.280
170	0.200	208	0.240	246	0.330	284	0.220
171	0.260	209	0.270	247	0.240	285	0.280
172	0.280	210	0.310	248	0.190	286	0.210
173	0.210	211	0.220	249	0.320	287	0.280
174	0.250	212	0.270	250	0.250	288	0.210
175	0.240	213	0.250	251	0.250	289	0.270
176	0.240	214	0.240	252	0.260	290	0.350
177	0.240	215	0.130	253	0.310	291	0.260
178	0.290	216	0.310	254	0.330	292	0.270
179	0.330	217	0.270	255	0.240	293	0.250
180	0.230	218	0.230	256	0.260	294	0.190
181	0.240	219	0.300	257	0.260	295	0.210
182	0.180	220	0.300	258	0.230	296	0.160
183	0.240	221	0.180	259	0.250	297	0.320
184	0.220	222	0.220	260	0.270	298	0.280
185	0.270	223	0.230	261	0.300	299	0.310
186	0.260	224	0.260	262	0.270	300	0.230
187	0.250	225	0.220	263	0.240		
188	0.270	226	0.280	264	0.160		

Tabela 4.21: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,3
(Números de Ordem de 001 a 150)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0.3							
001	0.310	039	0.230	077	0.290	115	0.440
002	0.160	040	0.220	078	0.230	116	0.340
003	0.280	041	0.160	079	0.300	117	0.350
004	0.130	042	0.230	080	0.230	118	0.320
005	0.240	043	0.160	081	0.260	119	0.230
006	0.300	044	0.390	082	0.300	120	0.360
007	0.140	045	0.350	083	0.390	121	0.140
008	0.150	046	0.380	084	0.190	122	0.190
009	0.270	047	0.360	085	0.200	123	0.190
010	0.230	048	0.260	086	0.370	124	0.340
011	0.320	049	0.300	087	0.200	125	0.320
012	0.160	050	0.140	088	0.240	126	0.250
013	0.081	051	0.190	089	0.220	127	0.270
014	0.300	052	0.250	090	0.290	128	0.320
015	0.240	053	0.300	091	0.230	129	0.210
016	0.210	054	0.320	092	0.320	130	0.330
017	0.390	055	0.160	093	0.160	131	0.260

018	0.190	056	0.270	094	0.310	132	0.240
019	0.320	057	0.300	095	0.260	133	0.210
020	0.220	058	0.300	096	0.170	134	0.210
021	0.350	059	0.220	097	0.190	135	0.200
022	0.130	060	0.100	098	0.230	136	0.320
023	0.160	061	0.300	099	0.210	137	0.370
024	0.220	062	0.250	100	0.210	138	0.220
025	0.240	063	0.120	101	0.330	139	0.250
026	0.290	064	0.190	102	0.260	140	0.250
027	0.300	065	0.320	103	0.220	141	0.350
028	0.270	066	0.310	104	0.280	142	0.370
029	0.190	067	0.210	105	0.230	143	0.200
030	0.290	068	0.330	106	0.350	144	0.250
031	0.280	069	0.250	107	0.250	145	0.210
032	0.110	070	0.310	108	0.410	146	0.250
033	0.370	071	0.160	109	0.240	147	0.330
034	0.270	072	0.200	110	0.180	148	0.250
035	0.230	073	0.250	111	0.220	149	0.310
036	0.200	074	0.300	112	0.210	150	0.150
037	0.430	075	0.220	113	0.360		
038	0.120	076	0.210	114	0.320		

**Tabela 4.22: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,3
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CM = 0.3							
151	0.190	189	0.160	227	0.220	265	0.320
152	0.260	190	0.190	228	0.380	266	0.230
153	0.350	191	0.160	229	0.210	267	0.150
154	0.250	192	0.190	230	0.260	268	0.200
155	0.170	193	0.380	231	0.250	269	0.320
156	0.280	194	0.270	232	0.230	270	0.230
157	0.290	195	0.230	233	0.250	271	0.230
158	0.310	196	0.180	234	0.250	272	0.390
159	0.200	197	0.220	235	0.340	273	0.230
160	0.310	198	0.180	236	0.160	274	0.170
161	0.230	199	0.280	237	0.230	275	0.240
162	0.350	200	0.120	238	0.270	276	0.023
163	0.160	201	0.120	239	0.160	277	0.290
164	0.260	202	0.280	240	0.250	278	0.190
165	0.270	203	0.140	241	0.230	279	0.350
166	0.160	204	0.240	242	0.160	280	0.066
167	0.380	205	0.280	243	0.140	281	0.280
168	0.220	206	0.280	244	0.230	282	0.200
169	0.330	207	0.130	245	0.200	283	0.230
170	0.280	208	0.270	246	0.260	284	0.220

171	0.260	209	0.170	247	0.280	285	0.350
172	0.300	210	0.250	248	0.240	286	0.370
173	0.350	211	0.170	249	0.260	287	0.270
174	0.260	212	0.280	250	0.340	288	0.200
175	0.230	213	0.260	251	0.230	289	0.360
176	0.360	214	0.190	252	0.330	290	0.240
177	0.180	215	0.240	253	0.150	291	0.280
178	0.270	216	0.270	254	0.140	292	0.150
179	0.320	217	0.240	255	0.330	293	0.250
180	0.270	218	0.370	256	0.230	294	0.250
181	0.180	219	0.210	257	0.270	295	0.430
182	0.170	220	0.370	258	0.150	296	0.360
183	0.280	221	0.320	259	0.200	297	0.230
184	0.240	222	0.120	260	0.300	298	0.290
185	0.180	223	0.270	261	0.190	299	0.340
186	0.160	224	0.190	262	0.190	300	0.210
187	0.240	225	0.190	263	0.210		
188	0.280	226	0.093	264	0.190		

**Tabela 4.23: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CV = 0.4							
001	0.310	039	0.380	077	0.310	115	0.170
002	0.350	040	0.330	078	0.340	116	0.140
003	0.270	041	0.250	079	0.260	117	0.290
004	0.170	042	0.530	080	0.330	118	0.340
005	0.250	043	0.170	081	0.052	119	0.077
006	0.330	044	0.230	082	0.390	120	0.310
007	0.200	045	0.280	083	0.170	121	0.120
008	0.220	046	0.260	084	0.160	122	0.230
009	0.310	047	0.180	085	0.400	123	0.300
010	0.270	048	0.160	086	0.140	124	0.270
011	0.220	049	0.370	087	0.069	125	0.280
012	0.320	050	0.260	088	0.320	126	0.220
013	0.380	051	0.300	089	0.280	127	0.260
014	0.370	052	0.140	090	0.100	128	0.360
015	0.340	053	0.190	091	0.160	129	0.170
016	0.280	054	0.220	092	0.340	130	0.210
017	0.410	055	0.130	093	0.230	131	0.260
018	0.310	056	0.150	094	0.370	132	0.260
019	0.042	057	0.220	095	0.300	133	0.330
020	0.220	058	0.140	096	0.160	134	0.055
021	0.250	059	0.200	097	0.270	135	0.250
022	0.180	060	0.140	098	0.450	136	0.230

023	0.230	061	0.230	099	0.250	137	0.240
024	0.290	062	0.270	100	0.210	138	0.350
025	0.220	063	0.370	101	0.036	139	0.330
026	0.095	064	0.340	102	0.320	140	0.220
027	0.310	065	0.350	103	0.190	141	0.280
028	0.420	066	0.390	104	0.240	142	0.370
029	0.460	067	0.023	105	0.240	143	0.140
030	0.210	068	0.210	106	0.350	144	0.220
031	0.420	069	0.043	107	0.250	145	0.260
032	0.092	070	0.380	108	0.420	146	0.280
033	0.240	071	0.520	109	0.270	147	0.320
034	0.013	072	0.200	110	0.170	148	0.430
035	0.240	073	0.260	111	0.200	149	0.370
036	0.220	074	0.460	112	0.270	150	0.080
037	0.085	075	0.320	113	0.250		
038	0.390	076	0.160	114	0.300		

**Tabela 4.24: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,5 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,5 e CM = 0,4							
151	0.280	189	0.290	227	0.390	265	0.310
152	0.260	190	0.470	228	0.210	266	0.340
153	0.160	191	0.190	229	0.250	267	0.120
154	0.340	192	0.270	230	0.250	268	0.190
155	0.320	193	0.170	231	0.390	269	0.360
156	0.270	194	0.300	232	0.200	270	0.240
157	0.220	195	0.190	233	0.280	271	0.310
158	0.310	196	0.350	234	0.300	272	0.390
159	0.420	197	0.290	235	0.220	273	0.430
160	0.160	198	0.230	236	0.071	274	0.310
161	0.250	199	0.210	237	0.320	275	0.130
162	0.250	200	0.200	238	0.150	276	0.310
163	0.170	201	0.150	239	0.280	277	0.350
164	0.240	202	0.330	240	0.270	278	0.430
165	0.340	203	0.140	241	0.250	279	0.190
166	0.280	204	0.230	242	0.470	280	0.330
167	0.180	205	0.410	243	0.390	281	0.370
168	0.280	206	0.150	244	0.120	282	0.230
169	0.280	207	0.200	245	0.280	283	0.280
170	0.320	208	0.210	246	0.490	284	0.210
171	0.180	209	0.160	247	0.310	285	0.320
172	0.250	210	0.140	248	0.340	286	0.062
173	0.350	211	0.200	249	0.190	287	0.290
174	0.190	212	0.460	250	0.380	288	0.310
175	0.130	213	0.170	251	0.180	289	0.460

176	0.150	214	0.270	252	0.280	290	0.300
177	0.450	215	0.200	253	0.200	291	0.290
178	0.210	216	0.300	254	0.180	292	0.160
179	0.230	217	0.180	255	0.510	293	0.210
180	0.300	218	0.210	256	0.280	294	0.180
181	0.140	219	0.170	257	0.130	295	0.300
182	0.290	220	0.290	258	0.140	296	0.260
183	0.310	221	0.210	259	0.190	297	0.200
184	0.390	222	0.210	260	0.350	298	0.250
185	0.180	223	0.310	261	0.300	299	0.310
186	0.069	224	0.170	262	0.370	300	0.180
187	0.400	225	0.020	263	0.150		
188	0.340	226	0.310	264	0.360		

**Tabela 4.25: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 001 a 150)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,1							
001	0,137	039	0,141	077	0,124	115	0,126
002	0,137	040	0,106	078	0,127	116	0,127
003	0,111	041	0,134	079	0,151	117	0,132
004	0,107	042	0,123	080	0,118	118	0,112
005	0,142	043	0,106	081	0,132	119	0,120
006	0,130	044	0,106	082	0,130	120	0,125
007	0,139	045	0,112	083	0,110	121	0,114
008	0,131	046	0,128	084	0,130	122	0,145
009	0,127	047	0,113	085	0,119	123	0,142
010	0,120	048	0,165	086	0,111	124	0,119
011	0,116	049	0,128	087	0,127	125	0,115
012	0,107	050	0,124	088	0,116	126	0,123
013	0,121	051	0,131	089	0,112	127	0,134
014	0,124	052	0,103	090	0,119	128	0,108
015	0,122	053	0,139	091	0,138	129	0,128
016	0,142	054	0,142	092	0,112	130	0,124
017	0,116	055	0,133	093	0,113	131	0,100
018	0,124	056	0,143	094	0,142	132	0,096
019	0,137	057	0,143	095	0,105	133	0,123
020	0,115	058	0,108	096	0,118	134	0,122
021	0,127	059	0,135	097	0,113	135	0,138
022	0,135	060	0,119	098	0,105	136	0,135
023	0,135	061	0,115	099	0,125	137	0,120
024	0,162	062	0,117	100	0,147	138	0,123
025	0,106	063	0,133	101	0,139	139	0,127
026	0,129	064	0,127	102	0,134	140	0,122
027	0,134	065	0,132	103	0,132	141	0,127
028	0,104	066	0,126	104	0,126	142	0,129

029	0,125	067	0,117	105	0,146	143	0,142
030	0,116	068	0,135	106	0,115	144	0,118
031	0,121	069	0,133	107	0,106	145	0,132
032	0,125	070	0,102	108	0,129	146	0,140
033	0,116	071	0,131	109	0,129	147	0,136
034	0,115	072	0,122	110	0,121	148	0,115
035	0,146	073	0,139	111	0,111	149	0,120
036	0,103	074	0,124	112	0,128	150	0,117
037	0,107	075	0,126	113	0,093		
038	0,112	076	0,131	114	0,120		

**Tabela 4.26: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,1
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CM = 0,1							
151	0,127	189	0,111	227	0,123	265	0,120
152	0,132	190	0,120	228	0,122	266	0,141
153	0,130	191	0,129	229	0,142	267	0,106
154	0,136	192	0,136	230	0,118	268	0,105
155	0,123	193	0,123	231	0,111	269	0,121
156	0,107	194	0,148	232	0,137	270	0,138
157	0,127	195	0,129	233	0,108	271	0,128
158	0,134	196	0,125	234	0,119	272	0,138
159	0,108	197	0,117	235	0,133	273	0,102
160	0,155	198	0,0947	236	0,138	274	0,124
161	0,128	199	0,105	237	0,134	275	0,125
162	0,123	200	0,118	238	0,121	276	0,128
163	0,133	201	0,138	239	0,138	277	0,133
164	0,126	202	0,134	240	0,129	278	0,126
165	0,122	203	0,116	241	0,121	279	0,135
166	0,123	204	0,114	242	0,123	280	0,122
167	0,115	205	0,112	243	0,132	281	0,137
168	0,118	206	0,127	244	0,134	282	0,111
169	0,140	207	0,125	245	0,130	283	0,098
170	0,102	208	0,126	246	0,129	284	0,097
171	0,133	209	0,119	247	0,136	285	0,136
172	0,139	210	0,141	248	0,122	286	0,117
173	0,130	211	0,115	249	0,133	287	0,116
174	0,100	212	0,113	250	0,122	288	0,122
175	0,129	213	0,144	251	0,137	289	0,120
176	0,133	214	0,134	252	0,138	290	0,122
177	0,116	215	0,116	253	0,107	291	0,105
178	0,124	216	0,113	254	0,126	292	0,120
179	0,140	217	0,108	255	0,0972	293	0,115
180	0,112	218	0,155	256	0,101	294	0,152
181	0,126	219	0,113	257	0,121	295	0,129

182	0,136	220	0,108	258	0,144	296	0,129
183	0,125	221	0,110	259	0,116	297	0,125
184	0,127	222	0,126	260	0,114	298	0,127
185	0,137	223	0,120	261	0,127	299	0,110
186	0,121	224	0,120	262	0,117	300	0,126
187	0,130	225	0,113	263	0,122		
188	0,137	226	0,119	264	0,119		

Tabela 4.27: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,2
(Números de Ordem de 001 a 150)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,2							
001	0,136	039	0,153	077	0,136	115	0,115
002	0,106	040	0,142	078	0,124	116	0,0834
003	0,106	041	0,126	079	0,126	117	0,116
004	0,153	042	0,144	080	0,128	118	0,138
005	0,157	043	0,110	081	0,150	119	0,107
006	0,144	044	0,118	082	0,111	120	0,131
007	0,103	045	0,144	083	0,118	121	0,110
008	0,113	046	0,121	084	0,147	122	0,194
009	0,167	047	0,123	085	0,152	123	0,143
010	0,170	048	0,166	086	0,111	124	0,130
011	0,150	049	0,111	087	0,110	125	0,094
012	0,173	050	0,172	088	0,113	126	0,129
013	0,158	051	0,149	089	0,118	127	0,104
014	0,139	052	0,122	090	0,132	128	0,076
015	0,142	053	0,130	091	0,773	129	0,111
016	0,150	054	0,091	092	0,085	130	0,143
017	0,151	055	0,127	093	0,094	131	0,188
018	0,147	056	0,101	094	0,151	132	0,136
019	0,152	057	0,112	095	0,111	133	0,127
020	0,108	058	0,119	096	0,135	134	0,133
021	0,140	059	0,111	097	0,180	135	0,118
022	0,139	060	0,091	098	0,155	136	0,121
023	0,116	061	0,153	099	0,128	137	0,076
024	0,156	062	0,165	100	0,188	138	0,081
025	0,109	063	0,136	101	0,062	139	0,148
026	0,111	064	0,163	102	0,131	140	0,099
027	0,169	065	0,158	103	0,111	141	0,131
028	0,134	066	0,120	104	0,127	142	0,132
029	0,141	067	0,110	105	0,102	143	0,097
030	0,119	068	0,136	106	0,142	144	0,156
031	0,797	069	0,168	107	0,128	145	0,092
032	0,135	070	0,134	108	0,089	146	0,144
033	0,135	071	0,163	109	0,135	147	0,135
034	0,195	072	0,144	110	0,167	148	0,136

035	0,118	073	0,128	111	0,106	149	0,140
036	0,158	074	0,079	112	0,156	150	0,059
037	0,101	075	0,137	113	0,130		
038	0,123	076	0,147	114	0,148		

Tabela 4.28: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,2
(Números de Ordem de 151 a 300)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,2							
151	0,161	189	0,096	227	0,151	265	0,135
152	0,089	190	0,093	228	0,108	266	0,151
153	0,132	191	0,102	229	0,118	267	0,108
154	0,114	192	0,147	230	0,109	268	0,139
155	0,121	193	0,153	231	0,116	269	0,117
156	0,123	194	0,143	232	0,129	270	0,196
157	0,123	195	0,088	233	0,118	271	0,120
158	0,118	196	0,143	234	0,103	272	0,116
159	0,102	197	0,157	235	0,109	273	0,102
160	0,139	198	0,063	236	0,110	274	0,117
161	0,121	199	0,134	237	0,134	275	0,130
162	0,119	200	0,151	238	0,133	276	0,172
163	0,113	201	0,082	239	0,115	277	0,143
164	0,154	202	0,137	240	0,098	278	0,140
165	0,135	203	0,104	241	0,158	279	0,126
166	0,116	204	0,114	242	0,129	280	0,117
167	0,152	205	0,089	243	0,144	281	0,105
168	0,108	206	0,103	244	0,148	282	0,150
169	0,076	207	0,115	245	0,106	283	0,109
170	0,107	208	0,123	246	0,131	284	0,137
171	0,133	209	0,128	247	0,108	285	0,138
172	0,111	210	0,097	248	0,132	286	0,180
173	0,126	211	0,093	249	0,133	287	0,138
174	0,110	212	0,099	250	0,144	288	0,123
175	0,163	213	0,103	251	0,120	289	0,139
176	0,110	214	0,121	252	0,094	290	0,088
177	0,118	215	0,119	253	0,066	291	0,098
178	0,125	216	0,065	254	0,094	292	0,144
179	0,170	217	0,158	255	0,062	293	0,115
180	0,133	218	0,120	256	0,154	294	0,117
181	0,149	219	0,096	257	0,138	295	0,122
182	0,142	220	0,134	258	0,119	296	0,137
183	0,150	221	0,122	259	0,103	297	0,010
184	0,100	222	0,163	260	0,112	298	0,112
185	0,167	223	0,126	261	0,115	299	0,107
186	0,118	224	0,071	262	0,140	300	0,121
187	0,095	225	0,159	263	0,149		

188	0,111	226	0,138	264	0,107
-----	-------	-----	-------	-----	-------

Tabela 4.29: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,3
(Números de Ordem de 001 a 150)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,3							
001	0.140	039	0.069	077	0.160	115	0.100
002	0.074	040	0.170	078	0.083	116	0.061
003	0.062	041	0.087	079	0.140	117	0.060
004	0.180	042	0.072	080	0.095	118	0.094
005	0.160	043	0.110	081	0.110	119	0.130
006	0.100	044	0.091	082	0.100	120	0.110
007	0.180	045	0.180	083	0.160	121	0.130
008	0.130	046	0.100	084	0.150	122	0.011
009	0.110	047	0.160	085	0.130	123	0.180
010	0.130	048	0.170	086	0.110	124	0.130
011	0.110	049	0.130	087	0.170	125	0.080
012	0.120	050	0.100	088	0.200	126	0.093
013	0.064	051	0.110	089	0.120	127	0.150
014	0.200	052	0.150	090	0.160	128	0.083
015	0.140	053	0.130	091	0.029	129	0.075
016	0.170	054	0.110	092	0.100	130	0.190
017	0.110	055	0.100	093	0.160	131	0.110
018	0.130	056	0.120	094	0.140	132	0.130
019	0.054	057	0.100	095	0.120	133	0.120
020	0.110	058	0.150	096	0.140	134	0.160
021	0.130	059	0.170	097	0.086	135	0.066
022	0.110	060	0.140	098	0.071	136	0.082
023	0.130	061	0.120	099	0.096	137	0.110
024	0.200	062	0.081	100	0.140	138	0.100
025	0.120	063	0.093	101	0.120	139	0.130
026	0.150	064	0.170	102	0.130	140	0.140
027	0.190	065	0.150	103	0.098	141	0.072
028	0.180	066	0.130	104	0.088	142	0.100
029	0.170	067	0.140	105	0.140	143	0.033
030	0.100	068	0.120	106	0.150	144	0.150
031	0.082	069	0.047	107	0.110	145	0.190
032	0.160	070	0.150	108	0.100	146	0.083
033	0.130	071	0.079	109	0.150	147	0.059
034	0.130	072	0.120	110	0.130	148	0.094
035	0.130	073	0.120	111	0.150	149	0.082
036	0.078	074	0.150	112	0.120	150	0.130
037	0.120	075	0.160	113	0.170		
038	0.180	076	0.170	114	0.120		

Tabela 4.30: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,3
(Números de Ordem de 151 a 300)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CM = 0,3							
151	0.100	189	0.140	227	0.200	265	0.078
152	0.077	190	0.120	228	0.037	266	0.091
153	0.100	191	0.150	229	0.040	267	0.170
154	0.110	192	0.190	230	0.110	268	0.140
155	0.160	193	0.095	231	0.120	269	0.120
156	0.110	194	0.120	232	0.072	270	0.130
157	0.130	195	0.180	233	0.140	271	0.092
158	0.120	196	0.140	234	0.080	272	0.140
159	0.170	197	0.110	235	0.140	273	0.120
160	0.110	198	0.190	236	0.150	274	0.110
161	0.096	199	0.170	237	0.095	275	0.110
162	0.084	200	0.130	238	0.097	276	0.093
163	0.095	201	0.140	239	0.150	277	0.140
164	0.084	202	0.099	240	0.230	278	0.110
165	0.140	203	0.140	241	0.140	279	0.180
166	0.120	204	0.084	242	0.130	280	0.150
167	0.051	205	0.094	243	0.140	281	0.170
168	0.130	206	0.083	244	0.160	282	0.075
169	0.120	207	0.086	245	0.045	283	0.140
170	0.063	208	0.220	246	0.170	284	0.180
171	0.150	209	0.160	247	0.140	285	0.130
172	0.140	210	0.110	248	0.072	286	0.099
173	0.130	211	0.110	249	0.120	287	0.100
174	0.110	212	0.200	250	0.140	288	0.120
175	0.130	213	0.100	251	0.110	289	0.150
176	0.130	214	0.097	252	0.080	290	0.150
177	0.140	215	0.120	253	0.180	291	0.100
178	0.130	216	0.110	254	0.160	292	0.160
179	0.110	217	0.150	255	0.110	293	0.074
180	0.190	218	0.074	256	0.120	294	0.190
181	0.130	219	0.190	257	0.140	295	0.120
182	0.120	220	0.120	258	0.130	296	0.150
183	0.099	221	0.150	259	0.190	297	0.190
184	0.230	222	0.170	260	0.140	298	0.086
185	0.120	223	0.160	261	0.180	299	0.110
186	0.170	224	0.150	262	0.150	300	0.084
187	0.130	225	0.098	263	0.120		
188	0.130	226	0.150	264	0.094		

Tabela 4.31: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 001 a 150)

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,4							
001	0.099	039	0.085	077	0.140	115	0.120
002	0.089	040	0.130	078	0.130	116	0.190
003	0.097	041	0.038	079	0.160	117	0.110
004	0.180	042	0.190	080	0.180	118	0.140
005	0.120	043	0.190	081	0.044	119	0.110
006	0.013	044	0.014	082	0.180	120	0.140
007	0.150	045	0.160	083	0.072	121	0.093
008	0.130	046	0.097	084	0.091	122	0.150
009	0.110	047	0.047	085	0.086	123	0.180
010	0.140	048	0.220	086	0.043	124	0.160
011	0.070	049	0.140	087	0.160	125	0.110
012	0.170	050	0.140	088	0.170	126	0.050
013	0.023	051	0.190	089	0.110	127	0.110
014	0.160	052	0.140	090	0.130	128	0.160
015	0.090	053	0.170	091	0.120	129	0.089
016	0.062	054	0.150	092	0.120	130	0.076
017	0.120	055	0.130	093	0.085	131	0.200
018	0.099	056	0.160	094	0.180	132	0.200
019	0.002	057	0.150	095	0.160	133	0.100
020	0.036	058	0.078	096	0.180	134	0.190
021	0.150	059	0.120	097	0.079	135	0.070
022	0.120	060	0.170	098	0.130	136	0.180
023	0.160	061	0.170	099	0.150	137	0.220
024	0.070	062	0.089	100	0.035	138	0.081
025	0.100	063	0.130	101	0.140	139	0.120
026	0.210	064	0.130	102	0.200	140	0.100
027	0.120	065	0.059	103	0.100	141	0.160
028	0.120	066	0.180	104	0.092	142	0.031
029	0.098	067	0.260	105	0.130	143	0.180
030	0.057	068	0.120	106	0.026	144	0.088
031	0.016	069	0.160	107	0.070	145	0.120
032	0.140	070	0.130	108	0.110	146	0.074
033	0.240	071	0.110	109	0.150	147	0.130
034	0.170	072	0.093	110	0.120	148	0.160
035	0.070	073	0.120	111	0.095	149	0.047
036	0.120	074	0.200	112	0.120	150	0.190
037	0.093	075	0.180	113	0.180		
038	0.044	076	0.094	114	0.220		

**Tabela 4.32: Lote de Números Aleatórios de 0 a 0,25 e CV = 0,4
(Números de Ordem de 151 a 300)**

Números Aleatórios Gerados na Faixa de 0 a 0,25 e CM = 0,4							
151	0,024	189	0,130	227	0,230	265	0,096
152	0,180	190	0,150	228	0,061	266	0,100

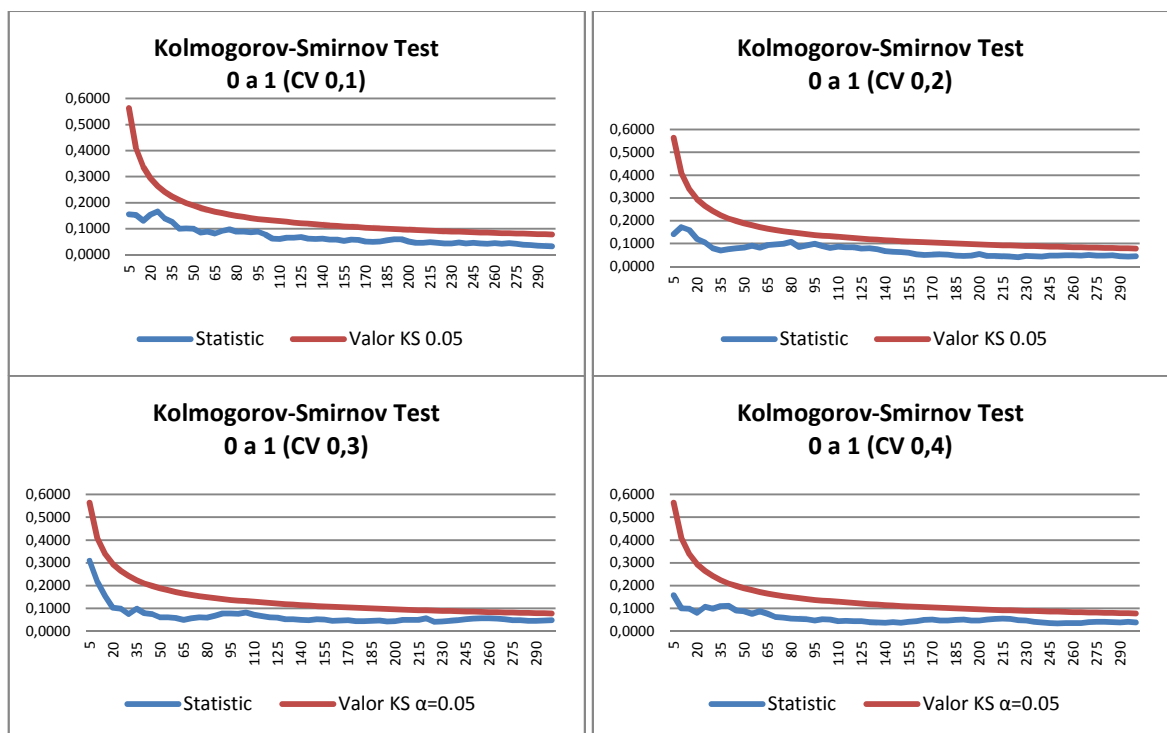
153	0,190	191	0,058	229	0,099	267	0,110
154	0,040	192	0,082	230	0,160	268	0,110
155	0,240	193	0,035	231	0,100	269	0,130
156	0,130	194	0,083	232	0,088	270	0,200
157	0,051	195	0,210	233	0,190	271	0,140
158	0,140	196	0,096	234	0,120	272	0,140
159	0,140	197	0,098	235	0,110	273	0,140
160	0,110	198	0,092	236	0,079	274	0,130
161	0,230	199	0,110	237	0,100	275	0,067
162	0,150	200	0,098	238	0,160	276	0,110
163	0,170	201	0,140	239	0,150	277	0,250
164	0,150	202	0,130	240	0,037	278	0,170
165	0,120	203	0,098	241	0,170	279	0,008
166	0,170	204	0,190	242	0,120	280	0,087
167	0,130	205	0,097	243	0,190	281	0,120
168	0,120	206	0,150	244	0,036	282	0,085
169	0,099	207	0,120	245	0,170	283	0,170
170	0,220	208	0,083	246	0,110	284	0,052
171	0,160	209	0,092	247	0,110	285	0,120
172	0,140	210	0,094	248	0,063	286	0,120
173	0,170	211	0,140	249	0,140	287	0,120
174	0,150	212	0,150	250	0,130	288	0,120
175	0,045	213	0,092	251	0,100	289	0,140
176	0,050	214	0,089	252	0,150	290	0,150
177	0,120	215	0,095	253	0,057	291	0,160
178	0,120	216	0,170	254	0,160	292	0,120
179	0,068	217	0,130	255	0,150	293	0,120
180	0,150	218	0,089	256	0,140	294	0,160
181	0,095	219	0,052	257	0,110	295	0,110
182	0,077	220	0,120	258	0,170	296	0,076
183	0,150	221	0,140	259	0,089	297	0,170
184	0,160	222	0,130	260	0,110	298	0,059
185	0,088	223	0,120	261	0,170	299	0,150
186	0,160	224	0,120	262	0,120	300	0,120
187	0,130	225	0,170	263	0,230		
188	0,047	226	0,140	264	0,200		

4.2 Verificação da Condição de Normalidade dos Números Aleatórios fornecidos, a partir do Teste de Kolmogorov-Smirnov

A confirmação da adequação das distribuições geradas a partir dos números aleatórios foi gerada através do Teste de Komolgorov-Smirnov, apresentado em 2.5 e 3.1.5, com uso do software *Easyfit Professional*.

Para que a distribuição seja considerada como Modelo Normal, ou seja, a hipótese da normalidade dos dados (H_0) seja aceita e hipótese de que os dados não seguem uma distribuição Normal (H_1) seja recusada, o valor de D_n deverá ser menor do que o valor crítico de KS do erro padrão (α) determinado. No caso em estudo, o valor de α é de 0,05 (Tabela 2.1).

O resultado do comportamento verificado entre o valor de estatística s em relação ao valor crítico KS é apresentado nas Figuras 4.1 e 4.2, por Faixa Numérica e por Coeficiente de Variação. No eixo das abscissas, encontra-se o número de amostras constantes no Lote e, no eixo das ordenadas, são apresentados os valores críticos conforme Tabela 2.1.



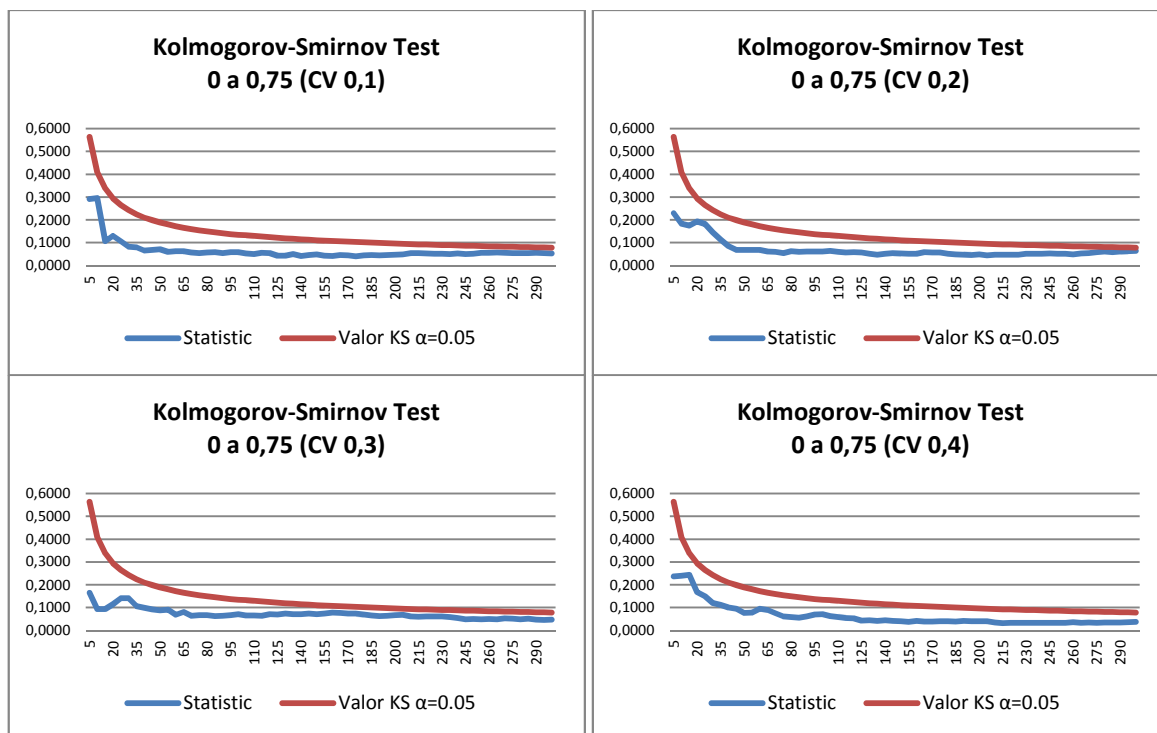
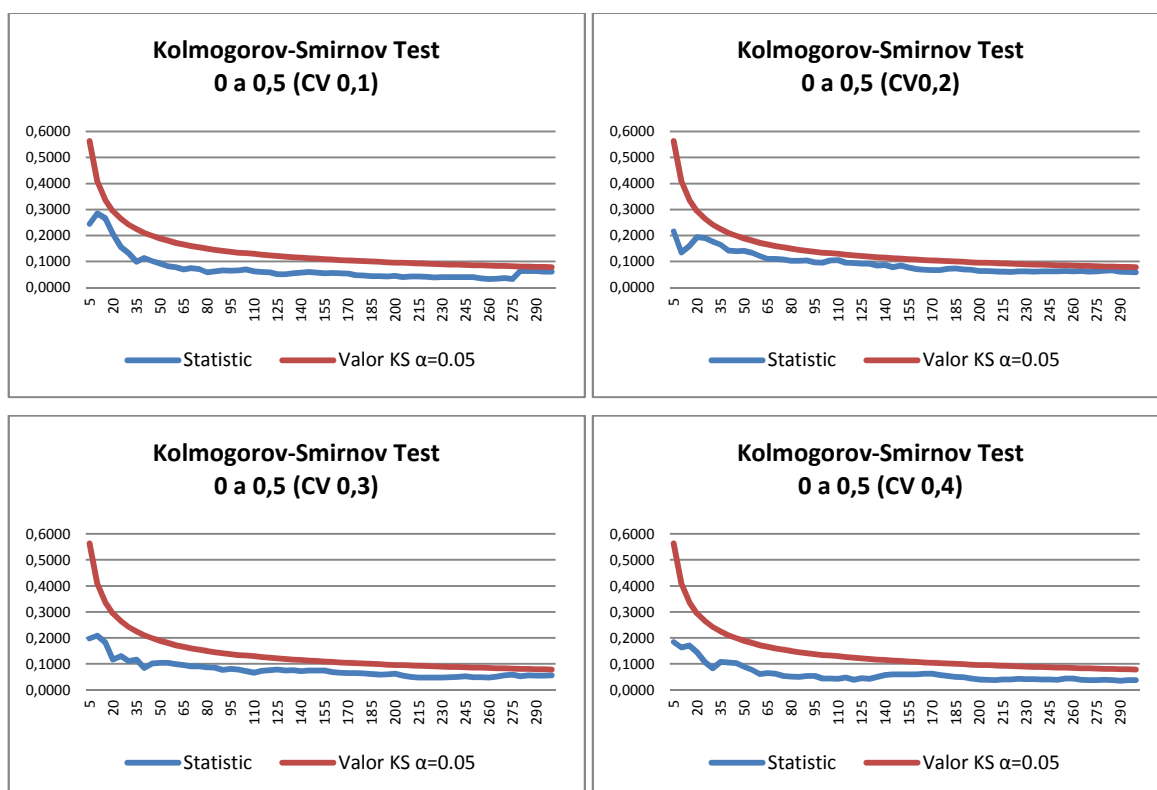


Figura 4.1: Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75



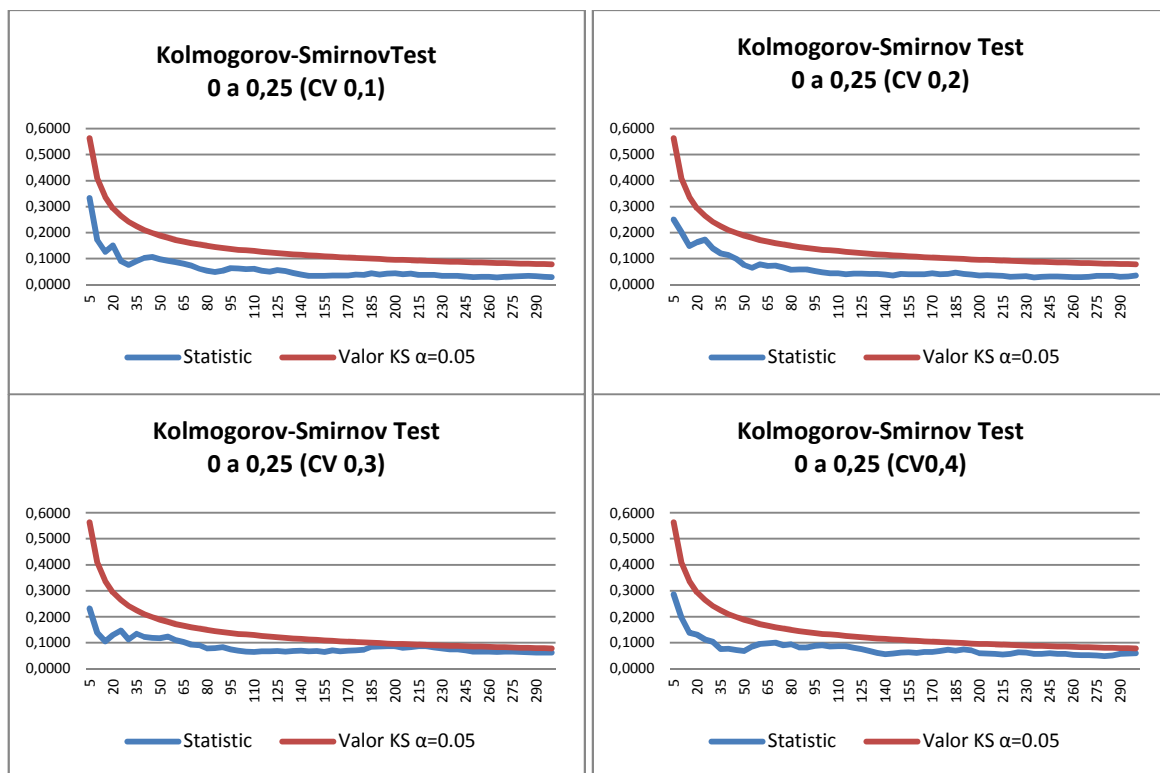


Figura 4.2: Resultados dos Testes de Kolmogorov-Smirnov para Faixas Numéricas de 0 a 0,5 e de 0 a 0,25

4.3 Parâmetros de Weibull (Beta – β e Teta - θ) calculados pelo software Weibull Analysis, com Intervalo de Confiança em 90%, por Faixa Numérica e por Coeficiente de Variação

Tabela 4.33: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	16.9	0.9	0.8	155	10.6	2.9	2.9
10	16.5	1.3	1.2	160	10.6	3.0	3.0
15	14.5	1.6	1.5	165	10.7	3.0	2.9
20	16.4	1.8	1.7	170	10.7	3.0	2.9
25	9.9	1.9	1.8	175	10.7	3.0	2.9
30	10.5	2.1	2.0	180	10.8	3.0	2.9
35	10.0	2.1	2.0	185	10.9	3.0	3.0
40	10.2	2.2	2.1	190	10.8	3.1	3.0
45	10.7	2.3	2.2	195	10.9	3.1	3.0
50	10.5	2.4	2.3	200	11.0	3.1	3.0
55	10.0	2.4	2.3	205	11.0	3.1	3.0

60	10.3	2.5	2.4	210	11.0	3.1	3.0
65	10.5	2.6	2.5	215	10.9	3.1	3.0
70	10.6	2.7	2.5	220	11.0	3.1	3.0
75	10.8	2.7	2.6	225	11.0	3.1	3.1
80	11.0	2.7	2.6	230	11.1	3.1	3.1
85	11.1	2.7	2.6	235	11.2	3.2	3.1
90	11.1	2.8	2.7	240	11.2	3.1	3.1
95	11.0	2.8	2.7	245	11.2	3.1	3.1
100	10.9	2.9	2.8	250	11.2	3.1	3.1
105	10.7	2.9	2.8	255	11.3	3.1	3.1
110	10.9	2.9	2.8	260	11.3	3.2	3.1
115	10.7	3.0	2.9	265	11.3	3.2	3.1
120	10.7	3.0	2.9	270	11.4	3.2	3.1
125	10.8	3.0	2.9	275	11.3	3.2	3.1
130	10.7	3.0	3.0	280	11.3	3.2	3.1
135	10.8	3.1	3.0	285	10.9	3.2	3.1
140	10.6	3.0	3.0	290	10.9	3.2	3.1
145	10.5	3.1	3.0	295	11.0	3.2	3.2
150	10.5	3.1	3.0	300	11.0	3.2	3.1

Tabela 4.34: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	4.4	3.5	3.2	155	5.7	6.2	6.1
10	5.2	5.1	4.7	160	5.7	6.2	6.1
15	4.5	4.6	4.4	165	5.7	6.2	6.1
20	4.9	5.1	4.9	170	5.6	6.2	6.1
25	5.3	5.7	5.4	175	5.7	6.3	6.2
30	5.7	6.0	5.8	180	5.7	6.4	6.2
35	5.9	6.3	6.0	185	5.7	6.4	6.3
40	5.8	6.2	6.0	190	5.7	6.4	6.3
45	5.8	6.2	6.0	195	5.8	6.4	6.3
50	5.8	6.1	5.9	200	5.7	6.1	6.0
55	5.8	5.9	5.8	205	5.7	6.1	6.0
60	5.9	5.9	5.8	210	5.7	6.1	6.0
65	5.7	5.6	5.5	215	5.7	6.1	6.0
70	5.7	5.7	5.5	220	5.8	6.1	6.0
75	5.8	5.8	5.7	225	5.7	6.1	6.0
80	5.8	5.7	5.6	230	5.7	6.1	6.0
85	5.8	5.8	5.7	235	5.6	6.1	6.0

90	5.6	5.8	5.6	240	5.6	6.1	6.0
95	5.6	5.8	5.7	245	5.7	6.1	6.3
100	5.6	5.9	5.7	250	5.7	6.2	6.1
105	5.6	5.9	5.8	255	5.8	6.2	6.1
110	5.7	6.0	5.9	260	5.8	6.2	6.1
115	5.7	6.1	6.0	265	5.8	6.3	6.2
120	5.8	6.2	6.0	270	5.8	6.1	6.0
125	5.8	6.2	6.1	275	5.7	6.1	6.0
130	5.9	6.3	6.2	280	5.8	6.1	6.0
135	5.9	6.3	9.2	285	5.8	6.1	6.0
140	5.8	6.3	6.1	290	5.7	6.1	6.0
145	5.8	6.2	6.1	295	5.7	6.1	6.0
150	5.7	6.2	6.1	300	5.7	6.1	6.0

Tabela 4.35: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	3.4	2.0	1.7	155	4.0	3.1	3.1
10	3.9	2.4	2.2	160	4.0	3.2	3.1
15	4.1	2.8	2.6	165	4.0	3.2	3.1
20	3.9	3.1	2.9	170	4.0	3.2	3.1
25	4.0	3.3	3.1	175	4.0	3.2	3.2
30	3.7	3.4	3.2	180	4.0	3.3	3.2
35	3.8	3.6	3.4	185	4.1	3.3	3.2
40	3.6	2.8	2.7	190	4.1	3.3	3.2
45	3.5	2.9	2.8	195	4.1	3.3	3.2
50	3.6	3.0	2.9	200	4.1	3.3	3.3
55	3.5	3.0	2.9	205	4.1	3.4	3.3
60	3.6	3.1	3.0	210	4.0	3.4	3.3
65	3.6	3.2	3.1	215	4.1	3.4	3.3
70	3.7	3.2	3.1	220	4.1	3.4	3.3
75	3.6	3.3	3.2	225	4.1	3.4	3.3
80	3.5	3.3	3.2	230	4.0	3.3	3.3
85	3.6	3.3	3.2	235	4.1	3.4	3.3

90	3.7	3.4	3.3	240	4.1	3.4	3.3
95	3.7	3.4	3.3	245	4.1	3.4	3.3
100	3.7	3.5	3.4	250	4.1	3.4	3.3
105	3.8	3.5	3.4	255	4.1	3.4	3.4
110	3.8	3.5	3.5	260	4.1	3.5	3.4
115	3.8	3.6	3.5	265	4.1	3.5	3.4
120	3.8	3.6	3.5	270	4.1	3.5	3.4
125	3.9	3.7	3.6	275	4.1	3.5	3.4
130	3.9	3.7	3.6	280	4.2	3.5	3.4
135	3.9	3.7	3.6	285	4.2	3.5	3.4
140	4.0	3.6	3.6	290	4.2	3.5	3.4
145	4.0	3.7	3.7	295	4.2	3.5	3.4
150	3.9	3.1	3.0	300	4.2	3.5	3.6

Tabela 4.36: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,4

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	7.5	6.1	5.6	155	2.7	2.4	2.4
10	2.2	1.5	1.3	160	2.7	2.5	2.4
15	2.6	1.7	1.6	165	2.7	2.5	2.4
20	2.4	1.9	1.8	170	2.7	2.5	2.4
25	2.6	2.1	2.0	175	2.7	2.5	2.5
30	2.6	2.2	2.1	180	2.7	2.5	2.5
35	2.6	2.3	2.2	185	2.8	2.5	2.5
40	2.6	2.4	2.3	190	2.7	2.5	2.5
45	2.7	2.4	2.3	195	2.7	2.5	2.5
50	2.7	2.5	2.4	200	2.7	2.5	2.5
55	2.8	2.5	2.4	205	2.8	2.5	2.5
60	2.9	2.6	2.5	210	2.8	2.6	2.5
65	2.9	2.6	2.5	215	2.8	2.6	2.5
70	3.0	2.6	2.5	220	2.8	2.6	2.5
75	3.0	2.7	2.6	225	2.7	2.4	2.4
80	3.1	2.8	2.7	230	2.8	2.5	2.4
85	3.1	2.8	2.7	235	2.8	2.5	2.4

90	3.1	2.7	2.7	240	2.8	2.5	2.4
95	3.1	2.8	2.7	245	2.8	2.5	2.5
100	3.0	2.8	2.7	250	2.8	2.5	2.5
105	3.1	2.8	2.8	255	2.8	2.5	2.5
110	2.9	2.5	2.4	260	2.8	2.3	2.3
115	2.9	2.5	2.4	265	2.8	2.3	2.3
120	2.8	2.5	2.4	270	2.8	2.3	2.3
125	2.8	2.5	2.4	275	2.8	2.4	2.3
130	2.7	2.5	2.4	280	2.8	2.4	2.3
135	2.8	2.5	2.4	285	2.8	2.4	2.2
140	2.7	2.5	2.4	290	2.8	2.4	2.3
145	2.7	2.4	2.4	295	2.8	2.3	2.3
150	2.7	2.4	2.4	300	2.8	2.3	2.3

Tabela 4.37: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	13.6	11.7	10.8	155	9.4	10.7	10.6
10	14.3	14.3	13.4	160	9.5	10.8	10.7
15	15.2	13.4	13.1	165	9.5	10.9	10.8
20	11.2	10.0	9.5	170	9.5	10.8	10.6
25	11.1	10.4	9.9	175	9.5	10.8	10.7
30	10.3	10.2	9.8	180	9.5	10.8	10.7
35	10.7	10.8	10.4	185	9.6	10.9	10.8
40	10.0	10.5	10.2	190	9.7	11.0	10.8
45	9.6	10.3	10.0	195	9.7	11.0	11.0
50	9.3	10.3	10.0	200	9.7	11.1	10.9
55	9.6	10.8	10.5	205	9.8	11.2	11.1
60	9.8	10.9	10.6	210	9.9	11.3	11.2
65	9.9	10.9	10.7	215	9.9	11.3	11.1
70	10.0	11.0	10.8	220	9.9	11.3	11.2
75	9.8	11.0	10.8	225	10.0	11.4	11.3
80	9.4	10.8	10.6	230	10.0	11.5	11.3
85	9.2	10.5	10.3	235	10.1	11.6	11.4

90	9.1	10.5	10.3	240	10.2	11.6	11.5
95	9.1	10.2	10.2	245	10.2	11.6	11.5
100	9.3	10.4	10.4	250	10.2	11.7	11.6
105	9.5	10.6	10.6	255	10.2	11.6	11.5
110	9.4	10.7	10.7	260	10.2	11.7	11.5
115	9.4	10.7	10.5	265	10.2	11.7	11.6
120	9.4	10.7	10.6	270	10.2	11.7	11.5
125	9.5	10.9	10.7	275	10.2	11.7	11.5
130	9.5	11.0	10.8	280	10.2	11.7	11.6
135	9.5	11.0	10.8	285	10.0	11.6	11.4
140	9.3	11.1	10.9	290	10.0	11.6	11.5
145	9.5	10.9	10.7	295	10.0	11.6	11.5
150	9.4	10.8	10.7	300	10.1	11.7	11.5

Tabela 4.38: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para o Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	4.7	3.8	3.5	155	5.4	5.8	5.7
10	5.7	5.4	5.0	160	5.4	5.8	5.7
15	5.3	5.2	4.9	165	5.4	5.9	5.8
20	5.5	5.6	5.4	170	5.4	5.9	5.8
25	5.5	5.7	5.5	175	5.4	5.9	5.8
30	5.5	6.0	5.7	180	5.4	5.8	5.7
35	5.4	5.8	5.6	185	5.3	5.5	5.4
40	5.3	5.5	5.3	190	5.3	5.5	5.4
45	5.4	5.6	5.4	195	5.3	5.5	5.5
50	5.2	5.2	5.0	200	5.3	5.5	5.5
55	5.3	5.4	5.2	205	5.3	5.6	5.5
60	5.1	5.1	5.0	210	5.3	5.6	5.6
65	5.3	5.3	5.1	215	5.4	5.7	5.6
70	5.2	5.3	5.3	220	5.4	5.7	5.6
75	5.3	5.4	5.3	225	5.5	5.7	5.7
80	5.1	5.4	5.3	230	5.5	5.7	5.7
85	5.3	5.5	5.4	235	5.5	5.7	5.7

90	5.3	5.6	5.4	240	5.5	5.8	5.7
95	5.4	5.7	5.5	245	5.5	5.8	5.8
100	5.4	5.7	5.6	250	5.5	5.8	5.8
105	5.5	5.8	5.7	255	5.5	5.8	5.8
110	5.5	5.8	5.7	260	5.6	5.9	5.8
115	5.4	5.7	5.5	265	5.5	5.9	5.8
120	5.4	5.7	5.6	270	5.5	5.9	5.9
125	5.4	5.6	5.5	275	5.5	5.9	5.9
130	5.4	5.7	5.6	280	5.5	6.0	5.9
135	5.3	5.6	5.5	285	5.5	6.0	5.9
140	5.3	5.7	5.5	290	5.5	6.0	5.9
145	5.3	5.7	5.6	295	5.5	6.0	5.9
150	5.4	5.8	5.7	300	5.5	6.0	6.0

Tabela 4.39: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para o Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	1.6	0.9	0.8	155	3.5	3.0	2.9
10	2.5	1.3	1.2	160	3.4	3.0	2.9
15	2.5	1.6	1.5	165	3.4	3.0	2.9
20	2.6	1.8	1.7	170	3.4	3.0	2.9
25	2.6	1.9	1.8	175	3.4	3.0	2.9
30	2.8	2.1	2.0	180	3.4	3.0	2.9
35	2.8	2.1	2.0	185	3.5	3.0	3.0
40	2.9	2.2	2.1	190	3.5	3.1	3.0
45	3.0	2.3	2.2	195	3.5	3.1	3.0
50	3.0	2.4	2.3	200	3.5	3.1	3.0
55	3.1	2.4	2.3	205	3.5	3.0	3.0
60	3.2	2.5	2.4	210	3.5	3.1	3.0
65	3.3	2.6	2.5	215	3.5	3.1	3.0
70	3.3	2.6	2.5	220	3.5	3.1	3.0
75	3.3	2.7	2.6	225	3.5	3.1	3.1
80	3.3	2.7	2.6	230	3.5	3.1	3.1
85	3.2	2.7	2.6	235	3.6	3.2	3.1
90	3.3	2.8	2.7	240	3.6	3.1	3.1

95	3.4	2.8	2.7	245	3.5	3.1	3.1
100	3.4	2.9	2.2	250	3.6	3.1	3.1
105	3.4	2.9	2.8	255	3.6	3.1	3.1
110	3.5	2.9	2.8	260	3.6	3.2	3.1
115	3.5	3.0	2.9	265	3.6	3.2	3.1
120	3.5	3.0	2.9	270	3.6	3.2	3.1
125	3.5	3.0	2.9	275	3.7	3.2	3.1
130	3.6	3.0	3.0	280	3.7	3.2	3.1
135	3.6	3.1	3.0	285	3.7	3.2	3.1
140	3.6	3.1	3.0	290	3.7	3.2	3.1
145	3.5	3.1	3.0	295	3.7	3.2	3.2
150	3.6	3.1	3.0	300	3.6	3.2	3.1

Tabela 4.40: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para o Coeficiente de Variação = 0,4

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	2.6	1.7	1.5	155	2.6	2.3	2.3
10	3.0	2.5	2.3	160	2.6	2.3	2.3
15	3.2	3.0	2.8	165	2.7	2.4	2.3
20	3.5	3.3	3.1	170	2.7	2.4	2.3
25	3.4	2.9	2.7	175	2.7	2.4	2.3
30	3.0	2.3	2.2	180	2.7	2.4	2.3
35	3.2	2.3	2.3	185	2.7	2.4	2.4
40	2.7	2.4	2.3	190	2.7	2.3	2.2
45	2.6	2.2	2.1	195	2.7	2.3	2.2
50	2.6	2.2	2.2	200	2.6	2.1	2.1
55	2.6	2.3	2.2	205	2.6	2.2	2.1
60	2.6	2.3	2.2	210	2.6	2.2	2.1
65	2.5	2.0	2.0	215	2.6	2.2	2.1
70	2.5	2.1	2.0	220	2.6	2.2	2.2
75	2.5	2.1	2.1	225	2.6	2.2	2.2
80	2.5	2.2	2.1	230	2.6	2.2	2.2
85	2.6	2.2	2.2	235	2.6	2.2	2.2
90	2.6	2.3	2.2	240	2.7	2.3	2.2

95	2.7	2.3	2.2	245	2.7	2.3	2.2
100	2.7	2.3	2.3	250	2.7	2.3	2.2
105	2.6	2.3	2.3	255	2.7	2.3	2.3
110	2.6	2.2	2.2	260	2.7	2.3	2.3
115	2.6	2.3	2.2	265	2.7	2.3	2.3
120	2.6	2.3	2.2	270	2.7	2.3	2.3
125	2.6	2.2	2.2	275	2.7	2.3	2.3
130	2.6	2.2	2.2	280	2.7	2.3	2.3
135	2.6	2.2	2.2	285	2.7	2.3	2.3
140	2.6	2.3	2.2	290	2.7	2.3	2.3
145	2.6	2.3	2.2	295	2.7	2.3	2.3
150	2.6	2.3	2.3	300	2.7	2.3	2.3

Tabela 4.41: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	NA	29.4	26.2	155	10.8	12.2	12.0
10	10.8	10.8	10.2	160	10.9	12.3	12.1
15	10.9	12.3	11.8	165	11.1	12.4	12.3
20	10.9	11.6	11.0	170	11.1	12.5	12.3
25	11.0	12.3	11.8	175	11.1	12.5	12.3
30	10.6	12.1	11.7	180	11.1	12.6	12.5
35	10.8	12.4	12.0	185	11.2	12.7	12.5
40	11.4	13.0	12.6	190	11.3	12.7	12.6
45	11.3	12.6	12.3	195	11.3	12.6	12.4
50	11.0	12.3	12.0	200	11.1	12.7	12.5
55	10.7	12.1	11.9	205	11.2	12.7	12.5
60	11.1	12.5	12.2	210	11.2	12.7	12.6
65	11.0	12.3	12.0	215	11.2	12.8	12.6
70	11.2	12.5	12.3	220	11.1	12.8	12.6
75	11.2	12.7	12.4	225	11.2	12.8	12.7
80	11.3	12.9	12.6	230	11.2	12.9	12.8
85	11.5	13.2	12.9	235	11.1	12.9	12.7
90	11.4	13.1	12.8	240	10.9	12.7	12.5

95	11.3	13.0	12.8	245	11.0	12.7	12.6
100	11.2	12.4	12.3	250	10.9	12.7	12.5
105	11.3	12.3	12.2	255	10.9	12.7	12.5
110	11.3	12.4	12.3	260	11.0	12.7	12.6
115	11.5	12.6	12.5	265	11.0	12.8	12.6
120	11.1	12.1	11.9	270	10.8	12.6	12.5
125	11.0	12.0	11.8	275	10.7	12.6	12.4
130	11.0	12.1	11.9	280	10.7	12.6	12.4
135	11.2	12.2	12.0	285	10.7	12.6	12.5
140	11.3	12.3	12.1	290	10.7	12.6	12.4
145	10.8	12.1	11.9	295	10.6	12.5	12.3
150	10.7	12.1	11.9	300	10.6	12.4	12.2

Tabela 4.42: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	10.8	7.4	6.7	155	5.3	5.8	5.6
10	10.0	9.5	8.9	160	5.3	5.8	5.6
15	8.0	6.4	6.0	165	5.2	5.7	5.5
20	7.9	6.6	6.2	170	5.2	5.7	5.6
25	7.6	6.1	6.0	175	5.3	5.8	5.6
30	7.2	6.4	6.2	180	5.3	5.8	5.7
35	7.0	6.2	6.1	185	5.3	5.8	5.7
40	6.2	5.6	5.5	190	5.4	5.9	5.7
45	6.3	5.6	5.5	195	5.4	5.9	5.8
50	5.9	5.8	5.6	200	5.5	5.9	5.8
55	5.4	5.2	5.1	205	5.4	6.0	5.8
60	5.0	5.0	4.8	210	5.5	6.0	5.9
65	5.2	5.1	5.0	215	5.4	6.0	5.8
70	5.2	5.1	5.0	220	5.5	6.0	5.9
75	5.0	5.1	4.9	225	5.5	6.0	5.9
80	5.0	5.2	5.1	230	5.5	6.1	5.9
85	5.1	5.3	5.1	235	5.5	6.1	6.0
90	5.1	5.4	5.2	240	5.5	6.1	5.9

95	5.1	5.5	5.3	245	5.5	6.1	5.9
100	5.1	5.2	5.1	250	5.5	6.1	5.4
105	5.0	5.3	5.1	255	5.5	6.1	6.0
110	5.1	5.3	5.1	260	5.6	6.1	6.0
115	5.2	5.4	5.2	265	5.6	6.1	6.0
120	5.2	5.5	5.3	270	5.6	6.1	6.0
125	5.1	5.5	5.3	275	5.6	6.2	6.0
130	5.1	5.5	5.4	280	5.6	6.2	6.0
135	5.2	5.6	5.4	285	5.6	6.2	6.1
140	5.1	5.6	5.4	290	5.6	6.2	6.1
145	5.2	5.7	5.5	295	5.6	6.2	6.1
150	5.2	5.7	5.5	300	5.6	6.2	6.1

Tabela 4.43: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	3.8	2.7	2.5	155	3.9	4.1	4.0
10	3.9	3.1	2.9	160	3.9	4.1	4.0
15	3.4	2.8	2.6	165	4.0	4.1	4.1
20	3.3	3.0	2.8	170	4.0	4.2	4.1
25	3.3	3.0	2.9	175	4.0	4.2	4.1
30	3.6	3.2	3.1	180	4.0	4.2	4.1
35	3.6	3.3	3.1	185	4.0	4.2	4.1
40	3.3	3.2	3.1	190	4.0	4.3	4.2
45	3.2	3.3	3.2	195	4.0	4.3	4.2
50	3.3	3.3	3.2	200	3.9	4.2	4.2
55	3.3	3.4	3.3	205	3.9	4.2	4.1
60	3.4	3.4	3.2	210	3.9	4.2	4.1
65	3.4	3.4	3.3	215	3.9	4.2	4.2
70	3.5	3.5	3.3	220	3.9	4.3	4.2
75	3.5	3.5	3.4	225	3.9	4.2	4.2
80	3.6	3.6	3.5	230	3.9	4.2	4.1
85	3.6	3.7	3.5	235	3.9	4.2	4.1
90	3.7	3.7	3.6	240	3.9	4.2	4.1

95	3.7	3.8	3.7	245	3.9	4.2	4.1
100	3.7	3.8	3.7	250	3.9	4.2	4.2
105	3.8	3.9	3.8	255	3.9	4.2	4.2
110	3.8	3.9	3.8	260	3.9	4.3	4.2
115	3.7	3.8	3.7	265	3.9	4.3	4.2
120	3.7	3.9	3.8	270	3.9	4.3	4.2
125	3.7	3.9	3.8	275	3.9	4.3	4.2
130	3.8	3.9	3.8	280	3.8	3.2	3.1
135	3.8	4.0	3.9	285	3.8	3.2	3.2
140	3.8	4.0	3.9	290	3.8	3.2	3.2
145	3.9	4.0	3.9	295	3.8	3.2	3.2
150	3.9	4.1	4.0	300	3.8	3.3	3.2

Tabela 4.44: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,4

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	5.4	3.7	3.3	155	2.7	2.0	2.0
10	5.7	4.9	4.5	160	2.7	2.0	2.0
15	5.5	4.8	4.5	165	2.7	2.1	2.0
20	3.9	2.1	2.0	170	2.8	2.1	2.0
25	3.9	2.4	2.2	175	2.8	2.1	2.1
30	3.4	2.4	2.3	180	2.8	2.1	2.1
35	2.7	1.6	1.5	185	2.8	2.1	2.1
40	2.7	1.6	1.6	190	2.8	2.1	2.1
45	2.6	1.7	1.6	195	2.8	2.1	2.1
50	2.7	1.8	1.7	200	2.8	2.2	2.1
55	2.7	1.9	1.8	205	2.8	2.2	2.1
60	2.6	1.9	1.8	210	2.8	2.2	2.1
65	2.7	2.0	1.9	215	2.8	2.2	2.1
70	2.5	1.7	1.7	220	2.8	2.2	2.2
75	2.5	1.8	1.7	225	2.7	2.1	2.1
80	2.5	1.9	1.7	230	2.8	2.1	2.1
85	2.5	1.8	1.7	235	2.8	2.1	2.1
90	2.4	1.8	1.8	240	2.8	2.1	2.1

95	2.5	1.8	1.8	245	2.8	2.1	2.1
100	2.5	1.9	1.8	250	2.8	2.1	2.1
105	2.5	1.8	1.8	255	2.7	2.2	2.1
110	2.5	1.9	1.8	260	2.7	2.2	2.1
115	2.5	1.9	1.8	265	2.8	2.2	2.1
120	2.5	1.9	1.9	270	2.8	2.2	2.1
125	2.6	1.9	1.9	275	2.8	2.2	2.1
130	2.6	2.0	1.9	280	2.8	2.2	2.1
135	2.6	2.0	1.9	285	2.8	2.2	2.2
140	2.6	2.0	1.9	290	2.8	2.2	2.2
145	2.7	2.0	2.0	295	2.8	2.2	2.2
150	2.7	2.0	2.0	300	2.9	2.2	2.2

Tabela 4.45: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	11.2	8.0	7.3	155	10.2	12.3	12.1
10	14.9	11.6	10.7	160	10.0	12.1	11.9
15	13.1	11.3	11.0	165	10.1	12.2	12.0
20	12.9	12.1	11.8	170	10.1	12.1	11.9
25	9.6	11.7	11.3	175	10.1	12.0	11.8
30	9.7	11.2	10.8	180	10.2	12.0	11.9
35	9.7	11.5	11.1	185	10.3	12.2	12.0
40	9.3	10.8	10.5	190	10.4	12.2	12.1
45	9.2	11.7	10.4	195	10.4	12.3	12.1
50	8.5	10.0	9.8	200	10.3	12.2	12.0
55	8.7	9.4	9.3	205	10.3	12.3	12.1
60	8.8	9.5	9.4	210	10.4	12.3	12.2
65	9.0	9.8	9.7	215	10.4	12.4	12.2
70	9.1	10.4	10.2	220	10.2	12.3	12.2
75	9.4	10.8	10.6	225	10.2	12.4	12.2
80	9.4	10.8	10.6	230	10.2	12.5	12.3
85	9.6	11.0	10.8	235	10.3	12.5	12.3
90	9.5	11.1	10.9	240	10.4	12.6	12.4

95	9.5	11.2	11.0	245	10.4	12.7	12.5
100	9.4	11.1	11.0	250	10.5	12.7	12.6
105	9.6	11.3	11.1	255	10.5	12.5	12.4
110	9.7	11.3	11.2	260	10.5	12.6	12.4
115	9.6	11.4	11.2	265	10.5	12.6	12.5
120	9.7	11.6	11.4	270	10.5	12.6	12.5
125	9.7	11.6	11.4	275	10.5	12.6	12.4
130	9.8	11.7	11.5	280	10.6	12.7	12.5
135	9.7	11.8	11.6	285	10.5	12.5	12.3
140	9.8	11.9	11.7	290	10.8	12.5	12.4
145	9.9	12.0	11.8	295	10.4	12.4	12.3
150	10.0	12.1	11.9	300	10.5	12.5	12.3

Tabela 4.46: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para os Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	7.2	3.8	3.6	155	5.5	5.7	5.6
10	6.3	5.2	4.9	160	5.5	5.8	5.7
15	7.6	6.2	5.9	165	5.6	5.8	5.7
20	8.2	6.6	6.3	170	5.5	5.8	5.7
25	8.1	6.8	6.6	175	5.5	5.8	5.7
30	7.8	6.8	6.8	180	5.5	5.8	5.8
35	6.4	6.3	6.0	185	5.6	5.9	5.8
40	6.5	6.4	6.2	190	5.5	5.9	5.8
45	6.5	6.7	6.5	195	5.5	5.9	5.8
50	6.5	6.7	6.5	200	5.5	5.8	5.7
55	6.4	6.8	6.6	205	5.5	5.8	5.7
60	6.1	6.4	6.2	210	5.5	5.8	5.7
65	6.3	6.5	6.3	215	5.4	5.8	5.8
70	6.4	6.6	6.4	220	5.4	5.8	5.7
75	6.3	6.5	6.4	225	5.4	5.7	5.7
80	6.5	6.7	6.6	230	5.4	5.8	5.7
85	6.6	6.8	6.7	235	5.4	5.8	5.7
90	6.5	6.9	6.7	240	5.4	5.9	5.8
95	6.2	6.5	6.4	245	5.5	5.9	5.8

100	6.0	6.4	6.3	250	5.5	5.9	5.8
105	5.9	6.1	5.9	255	5.4	5.7	5.6
110	5.9	6.1	6.0	260	5.4	5.7	5.7
115	5.9	6.2	6.0	265	5.5	5.8	5.7
120	5.9	6.1	6.0	270	5.4	5.7	5.7
125	5.7	6.1	6.0	275	5.4	5.8	5.7
130	5.6	6.0	5.9	280	5.4	5.8	5.7
135	5.6	6.1	5.9	285	5.5	5.8	5.7
140	5.5	5.8	5.7	290	5.4	5.8	5.7
145	5.5	5.8	5.7	295	5.4	5.8	5.8
150	5.5	5.7	5.6	300	5.5	5.9	5.8

Tabela 4.47: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para os Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	2.9	2.0	1.8	155	3.6	2.6	2.5
10	3.7	3.0	2.8	160	3.7	2.6	2.5
15	3.4	2.7	2.6	165	3.6	2.6	2.5
20	3.4	2.9	2.8	170	3.6	2.6	2.5
25	3.5	3.2	3.0	175	3.7	2.6	2.5
30	3.7	3.2	3.1	180	3.7	2.6	2.5
35	3.8	3.4	3.3	185	3.6	2.7	2.6
40	3.7	3.5	3.3	190	3.7	2.7	2.6
45	3.6	3.5	3.4	195	3.7	2.7	2.6
50	3.7	3.6	3.5	200	3.7	2.7	2.6
55	3.8	3.8	3.6	205	3.7	2.7	2.6
60	3.9	3.9	3.8	210	3.6	2.7	2.6
65	3.9	3.9	3.8	215	3.6	2.6	2.6
70	3.9	3.6	3.6	220	3.6	2.7	2.6
75	3.9	3.7	3.6	225	3.7	2.7	2.7
80	4.0	3.8	3.7	230	3.6	2.8	2.7
85	4.1	3.8	3.8	235	3.6	2.8	2.7
90	4.1	3.9	3.8	240	3.5	2.7	2.7
95	4.0	3.5	3.4	245	3.5	2.8	2.7

100	3.9	3.5	3.4	250	3.6	2.8	2.2
105	4.0	3.6	3.5	255	3.6	2.8	2.7
110	4.0	3.6	3.5	260	3.6	2.8	2.7
115	4.1	3.7	3.5	265	3.6	2.8	2.7
120	4.0	3.6	3.5	270	3.6	2.8	2.7
125	3.8	2.5	2.4	275	3.6	2.8	2.8
130	3.7	2.6	2.5	280	3.6	2.8	2.8
135	3.8	2.6	2.5	285	3.7	2.9	2.8
140	3.8	2.6	2.5	290	3.7	2.9	2.8
145	3.7	2.5	2.4	295	3.7	2.9	2.8
150	3.6	2.6	2.5	300	3.7	2.9	2.8

Tabela 4.48: Valores de Beta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para o Coeficiente de Variação = 0,4

N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP	N	Valor β MLE	Valor β PP	Valor β HP
5	3.6	3.2	3.0	155	2.5	1.7	1.7
10	2.8	1.3	1.2	160	2.5	1.7	1.7
15	2.4	1.5	1.4	165	2.5	1.7	1.7
20	1.8	1.0	0.9	170	2.5	1.8	1.7
25	2.0	1.1	1.0	175	2.6	1.8	1.7
30	2.1	1.2	1.1	180	2.6	1.8	1.7
35	1.9	1.2	1.1	185	2.6	1.8	1.8
40	2.0	1.3	1.2	190	2.6	1.8	1.8
45	1.9	1.3	1.2	195	2.5	1.8	1.8
50	1.9	1.3	1.3	200	2.6	1.8	1.8
55	2.0	1.3	1.3	205	2.6	1.8	1.8
60	2.1	1.4	1.3	210	2.6	1.9	1.8
65	2.2	1.4	1.3	215	2.6	1.9	1.8
70	2.2	1.4	1.4	220	2.6	1.9	1.8
75	2.3	1.5	1.4	225	2.7	1.9	1.8
80	2.3	1.5	1.4	230	2.6	1.9	1.8
85	2.3	1.5	1.5	235	2.7	1.9	1.9
90	2.3	1.5	1.5	240	2.7	1.9	1.9
95	2.4	1.6	1.5	245	2.7	1.9	1.9

100	2.4	1.6	1.5	250	2.7	1.9	1.9
105	2.4	1.6	1.5	255	2.7	1.9	1.9
110	2.4	1.6	1.6	260	2.7	1.9	1.9
115	2.5	1.6	1.6	265	2.7	1.9	1.9
120	2.5	1.6	1.6	270	2.7	2.0	1.9
125	2.6	1.6	1.6	275	2.7	2.0	1.9
130	2.5	1.7	1.6	280	2.7	1.9	1.9
135	2.5	1.7	1.6	285	2.7	1.9	1.9
140	2.6	1.7	1.6	290	2.7	1.9	1.9
145	2.5	1.7	1.6	295	2.7	1.9	1.9
150	2.5	1.7	1.7	300	2.7	1.9	1.9

Tabela 4.49: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.5	0.4	0.3	155	0.5	0.4	0.4
10	0.5	0.5	0.4	160	0.5	0.4	0.4
15	0.5	0.5	0.4	165	0.5	0.4	0.4
20	0.5	0.4	0.4	170	0.5	0.4	0.4
25	0.5	0.4	0.4	175	0.5	0.4	0.4
30	0.5	0.4	0.4	180	0.5	0.4	0.4
35	0.5	0.4	0.4	185	0.5	0.4	0.4
40	0.5	0.4	0.4	190	0.5	0.4	0.4
45	0.5	0.4	0.4	195	0.5	0.4	0.4
50	0.5	0.4	0.4	200	0.5	0.4	0.4
55	0.5	0.4	0.4	205	0.5	0.4	0.4
60	0.5	0.4	0.4	210	0.5	0.4	0.4
65	0.6	0.4	0.4	215	0.5	0.4	0.4
70	0.5	0.4	0.4	220	0.5	0.4	0.4
75	0.5	0.4	0.4	225	0.5	0.4	0.4
80	0.5	0.4	0.4	230	0.5	0.4	0.4
85	0.5	0.4	0.4	235	0.5	0.4	0.4
90	0.5	0.4	0.4	240	0.5	0.4	0.4
95	0.5	0.4	0.4	245	0.5	0.4	0.4

100	0.5	0.4	0.4	250	0.5	0.4	0.4
105	0.5	0.4	0.4	255	0.5	0.4	0.4
110	0.5	0.4	0.4	260	0.5	0.0	0.4
115	0.5	0.4	0.4	265	0.5	0.4	0.4
120	0.5	0.4	0.4	270	0.5	0.4	0.4
125	0.5	0.4	0.4	275	0.5	0.4	0.4
130	0.5	0.4	0.4	280	0.5	0.4	0.4
135	0.5	0.4	0.4	285	0.5	0.4	0.4
140	0.5	0.4	0.4	290	0.5	0.4	0.4
145	0.5	0.4	0.4	295	0.5	0.4	0.4
150	0.5	0.4	0.4	300	0.5	0.4	0.4

Tabela 4.50: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.6	0.6	0.6	155	0.5	0.5	0.5
10	0.6	0.6	0.6	160	0.5	0.5	0.5
15	0.6	0.6	0.5	165	0.5	0.5	0.5
20	0.6	0.5	0.5	170	0.5	0.5	0.5
25	0.6	0.6	0.5	175	0.5	0.5	0.5
30	0.6	0.6	0.6	180	0.5	0.5	0.5
35	0.6	0.6	0.6	185	0.5	0.5	0.5
40	0.6	0.6	0.6	190	0.5	0.5	0.5
45	0.6	0.6	0.6	195	0.5	0.5	0.5
50	0.6	0.6	0.6	200	0.5	0.5	0.5
55	0.6	0.6	0.6	205	0.5	0.5	0.5
60	0.6	0.6	0.6	210	0.5	0.5	0.5
65	0.6	0.6	0.6	215	0.5	0.5	0.5
70	0.6	0.6	0.5	220	0.5	0.5	0.5
75	0.6	0.6	0.6	225	0.5	0.5	0.5
80	0.6	0.5	0.5	230	0.5	0.5	0.5
85	0.6	0.5	0.5	235	0.5	0.5	0.5
90	0.6	0.6	0.6	240	0.5	0.5	0.5
95	0.6	0.6	0.5	245	0.5	0.5	0.5

100	0.5	0.5	0.5	250	0.5	0.5	0.5
105	0.5	0.5	0.5	255	0.5	0.5	0.5
110	0.5	0.5	0.5	260	0.5	0.5	0.5
115	0.5	0.5	0.5	265	0.5	0.5	0.5
120	0.5	0.5	0.5	270	0.5	0.5	0.5
125	0.5	0.5	0.5	275	0.5	0.5	0.5
130	0.5	0.5	0.5	280	0.5	0.5	0.5
135	0.5	0.5	0.5	285	0.5	0.5	0.5
140	0.5	0.5	0.5	290	0.5	0.5	0.5
145	0.5	0.5	0.5	295	0.5	0.5	0.5
150	0.5	0.5	0.5	300	0.5	0.5	0.5

Tabela 4.51: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.4	0.5	0.4	155	0.6	0.6	0.6
10	0.5	0.6	0.6	160	0.6	0.6	0.6
15	0.6	0.6	0.6	165	0.6	0.6	0.6
20	0.6	0.6	0.6	170	0.6	0.6	0.6
25	0.6	0.6	0.6	175	0.6	0.6	0.6
30	0.6	0.6	0.6	180	0.6	0.6	0.6
35	0.6	0.6	0.6	185	0.6	0.6	0.6
40	0.6	0.6	0.6	190	0.6	0.6	0.6
45	0.6	0.6	0.6	195	0.6	0.6	0.6
50	0.6	0.6	0.6	200	0.6	0.6	0.6
55	0.6	0.6	0.6	205	0.6	0.6	0.6
60	0.6	0.6	0.6	210	0.6	0.6	0.6
65	0.6	0.6	0.6	215	0.6	0.6	0.6
70	0.6	0.6	0.6	220	0.6	0.6	0.6
75	0.6	0.6	0.6	225	0.6	0.6	0.6
80	0.6	0.6	0.6	230	0.6	0.6	0.6
85	0.6	0.6	0.6	235	0.6	0.6	0.6
90	0.6	0.6	0.6	240	0.6	0.6	0.6
95	0.6	0.6	0.6	245	0.6	0.6	0.6

100	0.6	0.6	0.6	250	0.6	0.6	0.6
105	0.6	0.6	0.6	255	0.6	0.6	0.6
110	0.6	0.6	0.6	260	0.5	0.6	0.6
115	0.6	0.6	0.6	265	0.5	0.6	0.6
120	0.6	0.6	0.6	270	0.6	0.6	0.6
125	0.6	0.6	0.6	275	0.6	0.6	0.6
130	0.6	0.6	0.6	280	0.6	0.6	0.6
135	0.6	0.6	0.6	285	0.6	0.6	0.6
140	0.6	0.6	0.6	290	0.6	0.6	0.6
145	0.6	0.6	0.6	295	0.6	0.6	0.6
150	0.6	0.6	0.6	300	0.6	0.6	0.6

Tabela 4.52: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 1 para o Coeficiente de Variação = 0,4

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.7	0.7	0.7	155	0.6	0.6	0.6
10	0.6	0.7	0.7	160	0.6	0.6	0.6
15	0.7	0.7	0.7	165	0.6	0.6	0.6
20	0.6	0.6	0.6	170	0.6	0.6	0.6
25	0.6	0.7	0.6	175	0.6	0.6	0.6
30	0.6	0.6	0.6	180	0.6	0.6	0.6
35	0.6	0.6	0.6	185	0.6	0.6	0.6
40	0.6	0.6	0.6	190	0.6	0.6	0.6
45	0.6	0.6	0.6	195	0.6	0.6	0.6
50	0.6	0.6	0.6	200	0.6	0.6	0.6
55	0.6	0.6	0.6	205	0.6	0.6	0.6
60	0.6	0.6	0.6	210	0.6	0.6	0.6
65	0.6	0.6	0.6	215	0.6	0.6	0.6
70	0.7	0.6	0.6	220	0.6	0.6	0.6
75	0.6	0.6	0.6	225	0.6	0.6	0.6
80	0.6	0.6	0.6	230	0.6	0.6	0.6
85	0.6	0.6	0.6	235	0.6	0.6	0.6
90	0.6	0.6	0.6	240	0.6	0.6	0.6
95	0.6	0.6	0.6	245	0.6	0.6	0.6

100	0.6	0.6	0.6	250	0.6	0.6	0.6
105	0.6	0.6	0.6	255	0.6	0.6	0.6
110	0.6	0.6	0.6	260	0.6	0.6	0.6
115	0.6	0.6	0.6	265	0.6	0.6	0.6
120	0.6	0.6	0.6	270	0.6	0.6	0.6
125	0.6	0.6	0.6	275	0.6	0.6	0.6
130	0.6	0.6	0.6	280	0.6	0.6	0.6
135	0.6	0.6	0.6	285	0.6	0.6	0.6
140	0.6	0.6	0.6	290	0.6	0.6	0.6
145	0.6	0.6	0.6	295	0.6	0.6	0.6
150	0.6	0.6	0.6	300	0.6	0.6	0.6

Tabela 4.53: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.4	0.4	0.4	155	0.4	0.4	0.4
10	0.4	0.4	0.4	160	0.4	0.4	0.4
15	0.4	0.4	0.4	165	0.4	0.4	0.4
20	0.4	0.4	0.4	170	0.4	0.4	0.4
25	0.4	0.4	0.4	175	0.4	0.4	0.4
30	0.4	0.4	0.4	180	0.4	0.4	0.4
35	0.4	0.4	0.4	185	0.4	0.4	0.4
40	0.4	0.4	0.4	190	0.0	0.4	0.4
45	0.4	0.4	0.4	195	0.4	0.4	0.4
50	0.4	0.4	0.4	200	0.4	0.4	0.4
55	0.4	0.4	0.4	205	0.4	0.4	0.4
60	0.4	0.4	0.4	210	0.4	0.4	0.4
65	0.4	0.4	0.4	215	0.4	0.4	0.4
70	0.4	0.4	0.4	220	0.4	0.4	0.4
75	0.4	0.4	0.4	225	0.4	0.4	0.4
80	0.4	0.4	0.4	230	0.4	0.4	0.4
85	0.4	0.4	0.4	235	0.4	0.4	0.4
90	0.4	0.4	0.4	240	0.4	0.4	0.4
95	0.4	0.4	0.4	245	0.4	0.4	0.4
100	0.4	0.4	0.4	250	0.4	0.4	0.4

105	0.4	0.4	0.4	255	0.4	0.4	0.4
110	0.4	0.4	0.4	260	0.4	0.4	0.4
115	0.4	0.4	0.4	265	0.4	0.4	0.4
120	0.4	0.4	0.4	270	0.4	0.4	0.4
125	0.4	0.4	0.4	275	0.4	0.4	0.4
130	0.4	0.4	0.4	280	0.4	0.4	0.4
135	0.4	0.4	0.4	285	0.4	0.4	0.4
140	0.4	0.4	0.4	290	0.4	0.4	0.4
145	0.4	0.4	0.4	295	0.4	0.4	0.4
150	0.4	0.4	0.4	300	0.4	0.4	0.4

Tabela 4.54: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.4	0.4	0.4	155	0.4	0.4	0.4
10	0.4	0.4	0.4	160	0.4	0.4	0.4
15	0.4	0.4	0.4	165	0.4	0.4	0.4
20	0.4	0.4	0.4	170	0.4	0.4	0.4
25	0.4	0.4	0.4	175	0.4	0.4	0.4
30	0.4	0.4	0.4	180	0.4	0.4	0.4
35	0.4	0.4	0.4	185	0.4	0.4	0.4
40	0.4	0.4	0.4	190	0.4	0.4	0.4
45	0.4	0.4	0.4	195	0.4	0.4	0.4
50	0.4	0.4	0.4	200	0.4	0.4	0.4
55	0.4	0.4	0.4	205	0.4	0.4	0.4
60	0.4	0.4	0.4	210	0.4	0.4	0.4
65	0.4	0.4	0.4	215	0.4	0.4	0.4
70	0.4	0.0	0.4	220	0.4	0.4	0.4
75	0.4	0.4	0.4	225	0.4	0.4	0.4
80	0.4	0.4	0.4	230	0.4	0.4	0.4
85	0.4	0.4	0.4	235	0.4	0.4	0.4
90	0.4	0.4	0.4	240	0.4	0.4	0.4
95	0.4	0.4	0.4	245	0.4	0.4	0.4
100	0.4	0.4	0.4	250	0.4	0.4	0.4

105	0.4	0.4	0.4	255	0.4	0.4	0.4
110	0.4	0.4	0.4	260	0.4	0.4	0.4
115	0.4	0.4	0.4	265	0.4	0.4	0.4
120	0.4	0.4	0.4	270	0.0	0.4	0.4
125	0.4	0.4	0.4	275	0.4	0.4	0.4
130	0.4	0.4	0.4	280	0.4	0.4	0.4
135	0.4	0.4	0.4	285	0.4	0.4	0.4
140	0.4	0.4	0.4	290	0.4	0.4	0.4
145	0.4	0.4	0.4	295	0.4	0.4	0.4
150	0.4	0.4	0.4	300	0.4	0.4	0.4

Tabela 4.55: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para o Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.4	0.4	0.3	155	0.4	0.4	0.4
10	0.4	0.5	0.4	160	0.4	0.4	0.4
15	0.4	0.5	0.4	165	0.4	0.4	0.4
20	0.4	0.4	0.4	170	0.4	0.4	0.4
25	0.4	0.4	0.4	175	0.4	0.4	0.4
30	0.4	0.4	0.4	180	0.4	0.4	0.4
35	0.4	0.4	0.4	185	0.4	0.4	0.4
40	0.4	0.4	0.4	190	0.4	0.4	0.4
45	0.4	0.4	0.4	195	0.4	0.4	0.4
50	0.4	0.4	0.4	200	0.4	0.4	0.4
55	0.4	0.4	0.4	205	0.4	0.4	0.4
60	0.4	0.4	0.4	210	0.4	0.4	0.4
65	0.4	0.4	0.4	215	0.4	0.4	0.4
70	0.4	0.4	0.4	220	0.4	0.4	0.4
75	0.4	0.4	0.4	225	0.4	0.4	0.4
80	0.4	0.4	0.4	230	0.4	0.4	0.4
85	0.4	0.4	0.4	235	0.4	0.4	0.4
90	0.4	0.4	0.4	240	0.4	0.4	0.4
95	0.4	0.4	0.4	245	0.4	0.4	0.4
100	0.4	0.4	0.4	250	0.4	0.4	0.4

105	0.4	0.4	0.4	255	0.4	0.4	0.4
110	0.4	0.4	0.4	260	0.4	0.4	0.4
115	0.4	0.4	0.4	265	0.4	0.4	0.4
120	0.4	0.4	0.4	270	0.4	0.4	0.4
125	0.4	0.4	0.4	275	0.4	0.4	0.4
130	0.4	0.4	0.4	280	0.4	0.4	0.4
135	0.4	0.4	0.4	285	0.4	0.4	0.4
140	0.4	0.4	0.4	290	0.4	0.4	0.4
145	0.4	0.4	0.4	295	0.4	0.4	0.4
150	0.4	0.4	0.4	300	0.4	0.4	0.4

Tabela 4.56: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,75 para o Coeficiente de Variação = 0,4

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.5	0.6	0.5	155	0.4	0.4	0.4
10	0.5	0.5	0.5	160	0.4	0.4	0.4
15	0.5	0.5	0.5	165	0.4	0.4	0.4
20	0.5	0.5	0.5	170	0.4	0.4	0.4
25	0.5	0.5	0.5	175	0.4	0.4	0.4
30	0.5	0.5	0.5	180	0.4	0.4	0.4
35	0.5	0.6	0.5	185	0.4	0.4	0.4
40	0.5	0.5	0.5	190	0.4	0.4	0.4
45	0.5	0.5	0.5	195	0.4	0.4	0.4
50	0.4	0.5	0.4	200	0.4	0.4	0.4
55	0.5	0.5	0.4	205	0.4	0.4	0.4
60	0.4	0.4	0.4	210	0.4	0.4	0.4
65	0.4	0.4	0.4	215	0.4	0.4	0.4
70	0.4	0.5	0.4	220	0.4	0.4	0.4
75	0.4	0.4	0.4	225	0.4	0.4	0.4
80	0.5	0.4	0.4	230	0.4	0.4	0.4
85	0.4	0.4	0.4	235	0.4	0.4	0.4
90	0.4	0.4	0.4	240	0.4	0.4	0.4
95	0.4	0.4	0.4	245	0.4	0.4	0.4
100	0.4	0.4	0.4	250	0.4	0.4	0.4

105	0.4	0.4	0.4	255	0.4	0.4	0.4
110	0.4	0.4	0.4	260	0.4	0.4	0.4
115	0.4	0.4	0.4	265	0.4	0.4	0.4
120	0.4	0.4	0.4	270	0.4	0.4	0.4
125	0.4	0.4	0.4	275	0.4	0.4	0.4
130	0.4	0.4	0.4	280	0.4	0.4	0.4
135	0.4	0.4	0.4	285	0.4	0.4	0.4
140	0.4	0.4	0.4	290	0.4	0.4	0.4
145	0.4	0.4	0.4	295	0.4	0.4	0.4
150	0.4	0.4	0.4	300	0.4	0.4	0.4

Tabela 4.57: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	NA	0.3	0.3	155	0.3	0.3	0.3
10	0.3	0.3	0.3	160	0.3	0.3	0.3
15	0.3	0.3	0.3	165	0.3	0.3	0.3
20	0.3	0.3	0.3	170	0.3	0.3	0.3
25	0.3	0.3	0.3	175	0.3	0.3	0.0
30	0.3	0.3	0.3	180	0.3	0.3	0.3
35	0.3	0.3	0.3	185	0.3	0.3	0.3
40	0.3	0.3	0.3	190	0.3	0.3	0.3
45	0.3	0.3	0.3	195	0.3	0.3	0.3
50	0.3	0.3	0.3	200	0.3	0.3	0.3
55	0.3	0.3	0.3	205	0.3	0.3	0.3
60	0.3	0.3	0.3	210	0.3	0.3	0.3
65	0.3	0.3	0.3	215	0.3	0.3	0.3
70	0.3	0.3	0.3	220	0.3	0.3	0.3
75	0.3	0.3	0.3	225	0.3	0.3	0.3
80	0.3	0.3	0.3	230	0.3	0.3	0.3
85	0.3	0.3	0.3	235	0.3	0.3	0.3
90	0.3	0.3	0.3	240	0.3	0.3	0.3
95	0.3	0.3	0.3	245	0.3	0.3	0.3
100	0.0	0.3	0.3	250	0.3	0.3	0.3
105	0.3	0.3	0.3	255	0.3	0.3	0.3

110	0.3	0.3	0.3	260	0.3	0.3	0.3
115	0.3	0.3	0.3	265	0.3	0.3	0.3
120	0.3	0.3	0.3	270	0.3	0.3	0.3
125	0.3	0.3	0.3	275	0.3	0.3	0.3
130	0.3	0.3	0.3	280	0.3	0.3	0.3
135	0.3	0.3	0.3	285	0.3	0.3	0.3
140	0.3	0.3	0.3	290	0.3	0.3	0.0
145	0.3	0.3	0.3	295	0.3	0.3	0.3
150	0.3	0.3	0.3	300	0.3	0.3	0.3

Tabela 4.58: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.3	0.3	0.3	155	0.3	0.3	0.3
10	0.3	0.3	0.3	160	0.3	0.3	0.3
15	0.3	0.3	0.3	165	0.3	0.3	0.3
20	0.3	0.3	0.3	170	0.3	0.3	0.3
25	0.3	0.3	0.3	175	0.3	0.3	0.3
30	0.3	0.3	0.3	180	0.3	0.3	0.3
35	0.3	0.3	0.3	185	0.3	0.3	0.3
40	0.3	0.3	0.3	190	0.3	0.3	0.3
45	0.3	0.3	0.3	195	0.3	0.3	0.3
50	0.3	0.3	0.3	200	0.3	0.3	0.3
55	0.3	0.3	0.3	205	0.3	0.3	0.3
60	0.3	0.3	0.3	210	0.3	0.3	0.3
65	0.3	0.3	0.3	215	0.3	0.3	0.3
70	0.3	0.3	0.3	220	0.3	0.3	0.3
75	0.3	0.3	0.3	225	0.3	0.3	0.3
80	0.3	0.3	0.3	230	0.3	0.3	0.3
85	0.3	0.3	0.3	235	0.3	0.3	0.3
90	0.3	0.3	0.3	240	0.3	0.3	0.3
95	0.3	0.3	0.3	245	0.3	0.3	0.3
100	0.3	0.3	0.3	250	0.3	0.3	0.3
105	0.3	0.3	0.3	255	0.3	0.3	0.3

110	0.3	0.3	0.3	260	0.3	0.3	0.3
115	0.3	0.3	0.3	265	0.3	0.3	0.3
120	0.3	0.3	0.3	270	0.3	0.3	0.3
125	0.3	0.3	0.3	275	0.3	0.3	0.3
130	0.3	0.3	0.3	280	0.3	0.3	0.3
135	0.3	0.3	0.3	285	0.3	0.3	0.3
140	0.3	0.3	0.3	290	0.3	0.3	0.3
145	0.3	0.3	0.3	295	0.3	0.3	0.3
150	0.3	0.3	0.3	300	0.3	0.3	0.3

Tabela 4.59: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.2	0.3	0.2	155	0.3	0.3	0.3
10	0.2	0.2	0.2	160	0.3	0.3	0.3
15	0.2	0.2	0.2	165	0.3	0.3	0.3
20	0.3	0.3	0.3	170	0.3	0.3	0.3
25	0.3	0.3	0.3	175	0.3	0.3	0.3
30	0.3	0.3	0.3	180	0.3	0.3	0.3
35	0.3	0.3	0.3	185	0.3	0.3	0.3
40	0.3	0.3	0.3	190	0.3	0.3	0.3
45	0.3	0.3	0.3	195	0.3	0.3	0.3
50	0.3	0.3	0.3	200	0.3	0.3	0.3
55	0.3	0.3	0.3	205	0.3	0.3	0.3
60	0.3	0.3	0.3	210	0.3	0.3	0.3
65	0.3	0.3	0.3	215	0.3	0.3	0.3
70	0.3	0.3	0.3	220	0.3	0.3	0.3
75	0.3	0.3	0.4	225	0.3	0.3	0.3
80	0.3	0.3	0.3	230	0.3	0.3	0.3
85	0.3	0.3	0.3	235	0.3	0.3	0.3
90	0.3	0.3	0.3	240	0.3	0.3	0.3
95	0.3	0.3	0.3	245	0.3	0.3	0.3
100	0.3	0.3	0.3	250	0.3	0.3	0.3
105	0.3	0.3	0.3	255	0.3	0.3	0.3
110	0.3	0.3	0.3	260	0.3	0.3	0.3

115	0.3	0.3	0.3	265	0.3	0.3	0.3
120	0.3	0.3	0.3	270	0.3	0.3	0.3
125	0.3	0.3	0.3	275	0.3	0.3	0.3
130	0.3	0.3	0.3	280	0.3	0.3	0.3
135	0.3	0.3	0.3	285	0.3	0.3	0.3
140	0.3	0.3	0.3	290	0.3	0.3	0.3
145	0.3	0.3	0.3	295	0.3	0.3	0.3
150	0.3	0.3	0.3	300	0.3	0.3	0.3

Tabela 4.60: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,5 para o Coeficiente de Variação = 0,4

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.3	0.3	0.3	155	0.3	0.3	0.3
10	0.3	0.3	0.3	160	0.3	0.3	0.3
15	0.3	0.3	0.3	165	0.0	0.3	0.3
20	0.3	0.3	0.3	170	0.3	0.3	0.3
25	0.3	0.3	0.3	175	0.3	0.3	0.3
30	0.3	0.3	0.3	180	0.3	0.3	0.3
35	0.3	0.3	0.3	185	0.3	0.3	0.3
40	0.3	0.3	0.3	190	0.3	0.3	0.3
45	0.3	0.3	0.3	195	0.3	0.3	0.3
50	0.3	0.3	0.3	200	0.3	0.3	0.3
55	0.3	0.3	0.3	205	0.3	0.3	0.3
60	0.3	0.3	0.3	210	0.3	0.3	0.3
65	0.3	0.3	0.3	215	0.3	0.3	0.3
70	0.3	0.3	0.3	220	0.3	0.3	0.3
75	0.3	0.3	0.3	225	0.3	0.3	0.3
80	0.3	0.3	0.3	230	0.3	0.3	0.3
85	0.3	0.3	0.3	235	0.3	0.3	0.3
90	0.3	0.3	0.3	240	0.3	0.3	0.3
95	0.3	0.3	0.3	245	0.3	0.3	0.3
100	0.3	0.3	0.3	250	0.3	0.3	0.3
105	0.3	0.3	0.3	255	0.3	0.3	0.3
110	0.3	0.3	0.3	260	0.3	0.3	0.3

115	0.3	0.3	0.3	265	0.3	0.3	0.3
120	0.3	0.3	0.3	270	0.3	0.3	0.3
125	0.3	0.3	0.3	275	0.3	0.3	0.3
130	0.3	0.3	0.3	280	0.3	0.3	0.3
135	0.3	0.3	0.3	285	0.3	0.3	0.3
140	0.3	0.3	0.3	290	0.3	0.3	0.3
145	0.3	0.3	0.3	295	0.3	0.3	0.3
150	0.3	0.3	0.3	300	0.3	0.3	0.3

Tabela 4.61: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para o Coeficiente de Variação = 0,1

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.1	0.1	0.1	155	0.1	0.1	0.1
10	0.1	0.1	0.1	160	0.1	0.1	0.1
15	0.1	0.1	0.1	165	0.1	0.1	0.1
20	0.1	0.1	0.1	170	0.1	0.1	0.1
25	0.1	0.1	0.1	175	0.1	0.1	0.1
30	0.1	0.1	0.1	180	0.1	0.1	0.1
35	0.1	0.1	0.1	185	0.1	0.1	0.1
40	0.1	0.1	0.1	190	0.1	0.1	0.1
45	0.1	0.1	0.1	195	0.1	0.1	0.1
50	0.1	0.1	0.1	200	0.1	0.1	0.1
55	0.1	0.1	0.1	205	0.1	0.1	0.1
60	0.1	0.1	0.1	210	0.1	0.1	0.1
65	0.1	0.1	0.1	215	0.1	0.1	0.1
70	0.1	0.1	0.1	220	0.1	0.1	0.1
75	0.1	0.1	0.1	225	0.1	0.1	0.1
80	0.1	0.1	0.1	230	0.1	0.1	0.1
85	0.1	0.1	0.1	235	0.1	0.1	0.1
90	0.1	0.1	0.1	240	0.1	0.1	0.1
95	0.1	0.1	0.1	245	0.1	0.1	0.1
100	0.1	0.1	0.1	250	0.1	0.1	0.1
105	0.1	0.1	0.1	255	0.1	0.1	0.1
110	0.1	0.1	0.1	260	0.1	0.1	0.1
115	0.1	0.1	0.1	265	0.1	0.1	0.1

120	0.1	0.1	0.1	270	0.1	0.1	0.1
125	0.1	0.1	0.1	275	0.1	0.1	0.1
130	0.1	0.1	0.1	280	0.1	0.1	0.1
135	0.1	0.1	0.1	285	0.1	0.1	0.1
140	0.1	0.1	0.1	290	0.1	0.1	0.1
145	0.1	0.1	0.1	295	0.1	0.1	0.1
150	0.1	0.1	0.1	300	0.1	0.1	0.1

Tabela 4.62: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para o Coeficiente de Variação = 0,2

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.1	0.1	0.1	155	0.1	0.1	0.1
10	0.1	0.1	0.1	160	0.1	0.1	0.1
15	0.2	0.2	0.2	165	0.1	0.1	0.1
20	0.2	0.2	0.1	170	0.1	0.1	0.1
25	0.1	0.1	0.1	175	0.1	0.1	0.1
30	0.1	0.1	0.1	180	0.1	0.1	0.1
35	0.1	0.1	0.1	185	0.1	0.1	0.1
40	0.1	0.1	0.1	190	0.1	0.1	0.1
45	0.1	0.1	0.1	195	0.1	0.1	0.1
50	0.1	0.1	0.1	200	0.0	0.1	0.1
55	0.1	0.1	0.1	205	0.1	0.1	0.1
60	0.1	0.1	0.1	210	0.1	0.1	0.1
65	0.1	0.1	0.1	215	0.1	0.1	0.1
70	0.1	0.1	0.1	220	0.1	0.1	0.1
75	0.1	0.1	0.1	225	0.1	0.1	0.1
80	0.1	0.1	0.1	230	0.1	0.1	0.1
85	0.1	0.1	0.1	235	0.1	0.1	0.1
90	0.1	0.1	0.1	240	0.1	0.1	0.1
95	0.1	0.1	0.1	245	0.1	0.1	0.1
100	0.1	0.1	0.1	250	0.1	0.1	0.1
105	0.1	0.1	0.1	255	0.1	0.1	0.1
110	0.1	0.1	0.1	260	0.1	0.1	0.1
115	0.1	0.1	0.1	265	0.1	0.1	0.1

120	0.1	0.1	0.1	270	0.1	0.1	0.1
125	0.1	0.1	0.1	275	0.1	0.1	0.1
130	0.1	0.1	0.1	280	0.1	0.1	0.1
135	0.1	0.1	0.1	285	0.1	0.1	0.1
140	0.1	0.1	0.1	290	0.1	0.1	0.1
145	0.1	0.1	0.1	295	0.1	0.1	0.1
150	0.1	0.1	0.1	300	0.1	0.1	0.1

Tabela 4.63: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para o Coeficiente de Variação = 0,3

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.1	0.1	0.1	155	0.1	0.1	0.1
10	0.1	0.1	0.1	160	0.1	0.1	0.1
15	0.1	0.1	0.1	165	0.1	0.1	0.1
20	0.1	0.1	0.1	170	0.1	0.1	0.1
25	0.1	0.1	0.1	175	0.1	0.1	0.1
30	0.1	0.1	0.1	180	0.1	0.1	0.1
35	0.1	0.1	0.1	185	0.1	0.1	0.1
40	0.1	0.1	0.1	190	0.1	0.1	0.1
45	0.1	0.1	0.1	195	0.1	0.1	0.1
50	0.1	0.1	0.1	200	0.1	0.1	0.1
55	0.1	0.1	0.1	205	0.1	0.1	0.1
60	0.1	0.1	0.1	210	0.1	0.1	0.1
65	0.1	0.1	0.1	215	0.1	0.1	0.1
70	0.1	0.1	0.1	220	0.1	0.1	0.1
75	0.1	0.1	0.1	225	0.1	0.1	0.1
80	0.1	0.1	0.1	230	0.1	0.1	0.1
85	0.1	0.1	0.1	235	0.1	0.1	0.1
90	0.1	0.1	0.1	240	0.1	0.1	0.1
95	0.1	0.1	0.1	245	0.1	0.1	0.1
100	0.1	0.1	0.1	250	0.1	0.1	0.1
105	0.1	0.1	0.1	255	0.1	0.1	0.1
110	0.1	0.1	0.1	260	0.1	0.1	0.1
115	0.1	0.1	0.1	265	0.1	0.1	0.1

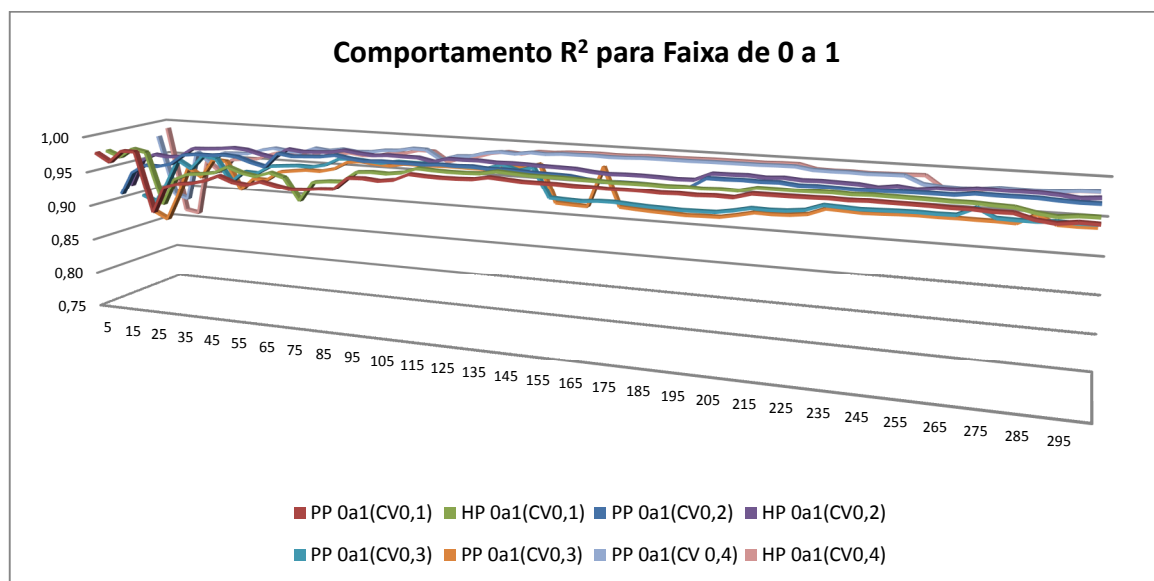
120	0.1	0.1	0.1	270	0.1	0.1	0.1
125	0.1	0.1	0.1	275	0.1	0.1	0.1
130	0.1	0.1	0.1	280	0.1	0.1	0.1
135	0.1	0.1	0.1	285	0.1	0.1	0.1
140	0.1	0.1	0.1	290	0.1	0.1	0.1
145	0.1	0.1	0.1	295	0.1	0.1	0.1
150	0.1	0.1	0.1	300	0.1	0.1	0.1

Tabela 4.64: Valores de Teta, calculado pelo Software Weibull Analysis, para a Faixa Numérica entre 0 e 0,25 para o Coeficiente de Variação = 0,4.

N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP	N	Valor θ MLE	Valor θ PP	Valor θ HP
5	0.1	0.1	0.1	155	0.1	0.2	0.2
10	0.1	0.1	0.1	160	0.1	0.2	0.2
15	0.1	0.1	0.1	165	0.1	0.2	0.2
20	0.1	0.1	0.1	170	0.1	0.2	0.2
25	0.1	0.1	0.1	175	0.1	0.2	0.2
30	0.1	0.1	0.1	180	0.1	0.2	0.2
35	0.1	0.1	0.1	185	0.1	0.2	0.2
40	0.1	0.1	0.1	190	0.1	0.2	0.2
45	0.1	0.1	0.1	195	0.1	0.2	0.2
50	0.1	0.1	0.1	200	0.1	0.2	0.2
55	0.1	0.1	0.1	205	0.1	0.2	0.2
60	0.1	0.1	0.1	210	0.1	0.2	0.2
65	0.1	0.1	0.1	215	0.1	0.2	0.2
70	0.1	0.1	0.1	220	0.1	0.2	0.2
75	0.1	0.1	0.1	225	0.1	0.2	0.2
80	0.1	0.2	0.2	230	0.1	0.2	0.2
85	0.1	0.2	0.2	235	0.1	0.2	0.2
90	0.1	0.2	0.2	240	0.1	0.2	0.2
95	0.1	0.2	0.2	245	0.1	0.2	0.2
100	0.1	0.2	0.2	250	0.1	0.2	0.2
105	0.1	0.2	0.2	255	0.1	0.2	0.2
110	0.1	0.2	0.2	260	0.1	0.2	0.2
115	0.1	0.2	0.2	265	0.1	0.2	0.2

120	0.1	0.2	0.2	270	0.1	0.2	0.2
125	0.1	0.2	0.2	275	0.1	0.2	0.2
130	0.1	0.2	0.2	280	0.1	0.2	0.2
135	0.1	0.2	0.2	285	0.1	0.2	0.2
140	0.1	0.2	0.2	290	0.1	0.2	0.2
145	0.1	0.2	0.2	295	0.1	0.2	0.2
150	0.1	0.2	0.2	300	0.1	0.2	0.2

4.4 Adequação dos Números Aleatórios para a Distribuição de Weibull s através dos Métodos Gráfico de Probabilidade (PP) e Gráfico de Risco (HP), conforme do Coeficiente de Eficiência do Método (R^2), utilizando-se o software Weibull Analysis



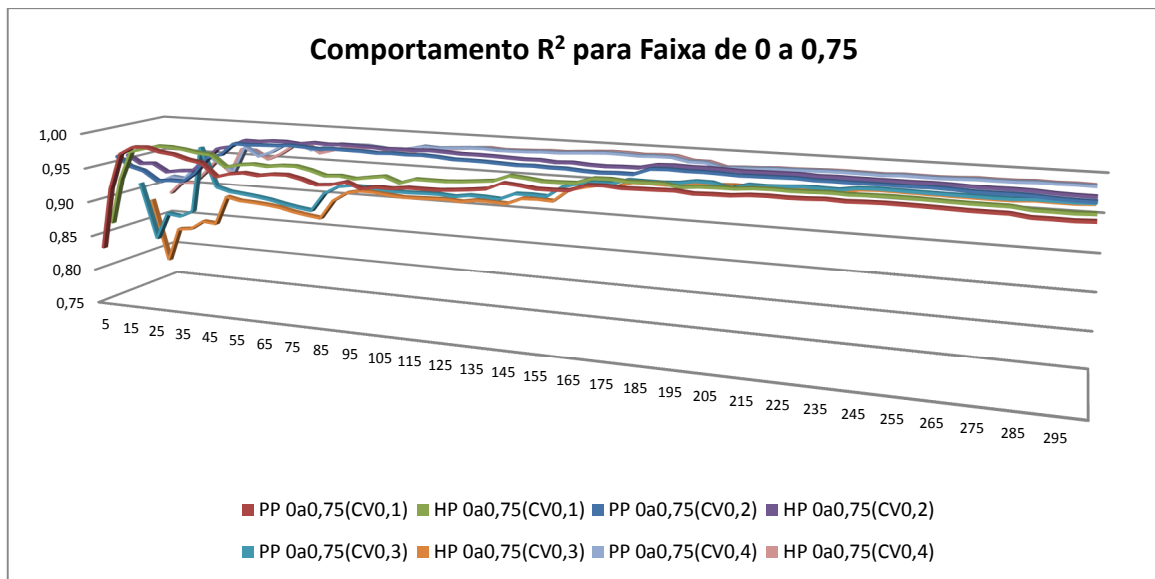
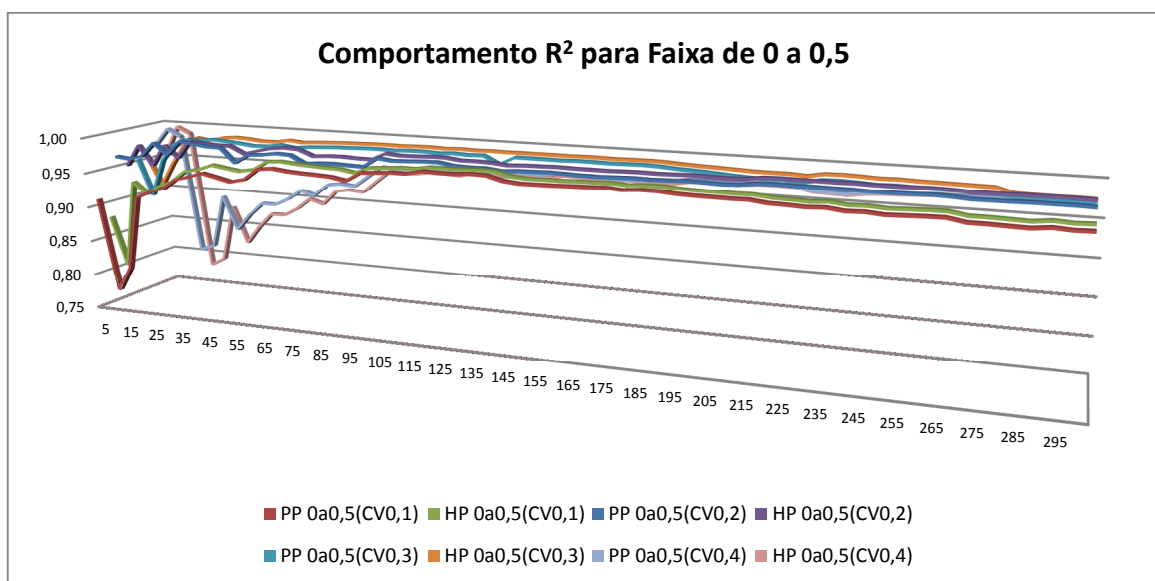


Figura 4.3: Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para as Faixas Numéricas de 0 a 1 e de 0 a 0,75



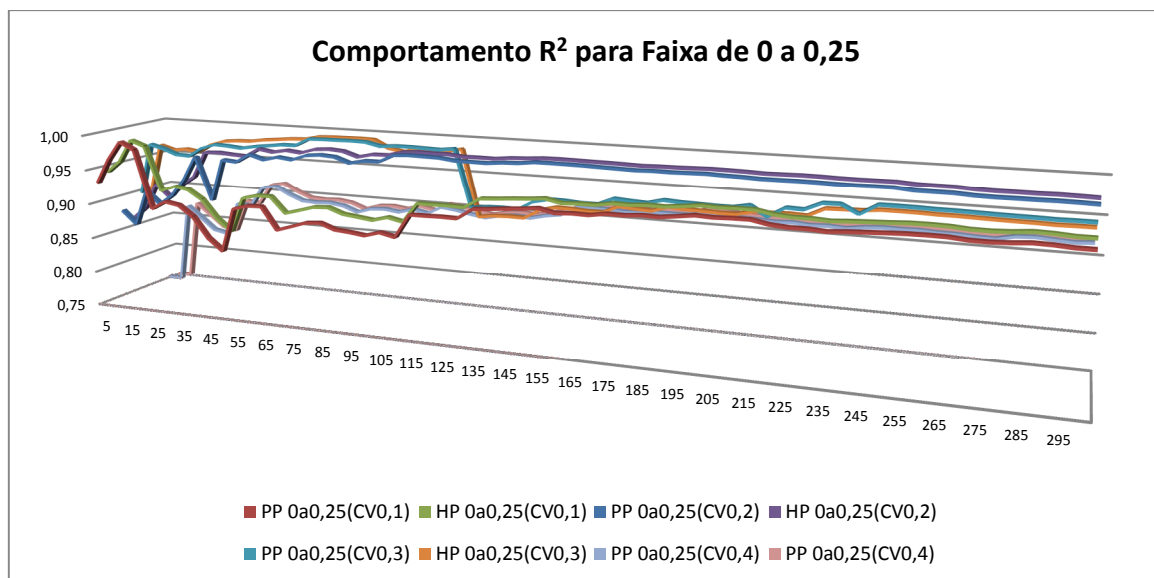


Figura 4.4: Resultados dos Comportamento de R^2 para os Métodos de PP e HP para Faixas Numéricas de 0 a 5 e de 0 a 0,25

4.5 Comportamento do Coeficiente de Variação para as Distribuições

Um melhor entendimento para comparação entre o valor dos Coeficientes de Variação (relação entre o Desvio Padrão e a Média da Amostra), é necessário que se verifique os valores calculados. Assim, nas Tabelas 4.65 a 4.80, são apresentados os valores obtidos e, o comportamento, nas Figuras 4.5 a 4.8.

Tabela 4.65: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,1 (Faixa Numérica de 0 a 1)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.078	0.073	0.093	0.102	155	0.101	0.114	0.099	0.101
10	0.073	0.075	0.082	0.088	160	0.101	0.114	0.099	0.100
15	0.087	0.085	0.096	0.102	165	0.100	0.113	0.098	0.100
20	0.079	0.075	0.087	0.091	170	0.099	0.113	0.098	0.099
25	0.092	0.122	0.100	0.104	175	0.099	0.113	0.097	0.098
30	0.092	0.115	0.098	0.102	180	0.098	0.112	0.096	0.097
35	0.100	0.113	0.105	0.108	185	0.098	0.111	0.096	0.097
40	0.098	0.118	0.101	0.104	190	0.098	0.112	0.097	0.098
45	0.093	0.113	0.097	0.099	195	0.097	0.111	0.096	0.097
50	0.099	0.115	0.101	0.104	200	0.096	0.110	0.095	0.096
55	0.102	0.121	0.104	0.107	205	0.096	0.110	0.095	0.096
60	0.098	0.117	0.100	0.103	210	0.096	0.110	0.095	0.096

65	0.097	0.115	0.099	0.101	215	0.098	0.111	0.097	0.098
70	0.094	0.113	0.096	0.098	220	0.098	0.110	0.097	0.098
75	0.091	0.112	0.093	0.095	225	0.097	0.110	0.096	0.097
80	0.089	0.110	0.091	0.093	230	0.096	0.109	0.095	0.096
85	0.090	0.109	0.092	0.094	235	0.096	0.108	0.095	0.096
90	0.089	0.109	0.091	0.092	240	0.096	0.108	0.095	0.096
95	0.093	0.102	0.095	0.097	245	0.096	0.108	0.095	0.096
100	0.094	0.111	0.095	0.097	250	0.096	0.108	0.095	0.096
105	0.096	0.113	0.097	0.099	255	0.095	0.107	0.094	0.095
110	0.096	0.111	0.097	0.098	260	0.095	0.107	0.094	0.095
115	0.100	0.113	0.101	0.102	265	0.095	0.107	0.094	0.095
120	0.099	0.113	0.100	0.101	270	0.095	0.107	0.093	0.094
125	0.098	0.112	0.098	0.100	275	0.095	0.107	0.094	0.095
130	0.099	0.113	0.098	0.100	280	0.095	0.107	0.094	0.094
135	0.098	0.112	0.097	0.099	285	0.096	0.111	0.095	0.096
140	0.102	0.114	0.101	0.103	290	0.096	0.111	0.096	0.095
145	0.102	0.115	0.100	0.102	295	0.096	0.110	0.094	0.095
150	0.101	0.114	0.101	0.101	300	0.096	0.110	0.094	0.095

Tabela 4.66: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,2 (Faixa Numérica de 0 a 1)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.284	0.255	0.320	0.348	155	0.191	0.202	0.187	0.191
10	0.217	0.220	0.227	0.241	160	0.192	0.188	0.187	0.190
15	0.244	0.250	0.247	0.259	165	0.194	0.205	0.187	0.191
20	0.222	0.233	0.224	0.234	170	0.195	0.205	0.187	0.190
25	0.201	0.216	0.205	0.213	175	0.193	0.203	0.185	0.189
30	0.193	0.205	0.194	0.201	180	0.191	0.202	0.184	0.187
35	0.185	0.197	0.186	0.195	185	0.191	0.202	0.183	0.186
40	0.188	0.200	0.188	0.194	190	0.192	0.202	0.183	0.186
45	0.189	0.199	0.188	0.194	195	0.191	0.200	0.182	0.185
50	0.191	0.199	0.191	0.197	200	0.194	0.202	0.190	0.194
55	0.193	0.198	0.195	0.200	205	0.196	0.203	0.192	0.195
60	0.193	0.198	0.196	0.200	210	0.195	0.202	0.191	0.195

65	0.202	0.204	0.205	0.210	215	0.196	0.202	0.191	0.195
70	0.200	0.204	0.203	0.208	220	0.195	0.201	0.194	0.194
75	0.195	0.199	0.199	0.203	225	0.197	0.202	0.191	0.194
80	0.196	0.199	0.202	0.206	230	0.198	0.203	0.190	0.194
85	0.195	0.201	0.200	0.204	235	0.199	0.205	0.191	0.194
90	0.197	0.207	0.201	0.206	240	0.199	0.206	0.191	0.194
95	0.197	0.206	0.200	0.205	245	0.197	0.204	0.190	0.191
100	0.197	0.207	0.198	0.202	250	0.196	0.203	0.189	0.192
105	0.195	0.207	0.195	0.199	255	0.195	0.201	0.188	0.189
110	0.192	0.204	0.193	0.197	260	0.194	0.201	0.187	0.190
115	0.191	0.203	0.191	0.193	265	0.193	0.200	0.186	0.193
120	0.188	0.200	0.189	0.192	270	0.195	0.201	0.191	0.193
125	0.188	0.200	0.188	0.191	275	0.195	0.202	0.191	0.194
130	0.184	0.196	0.185	0.189	280	0.194	0.202	0.191	0.193
135	0.187	0.198	0.196	0.189	285	0.193	0.200	0.190	0.192
140	0.189	0.200	0.186	0.190	290	0.195	0.203	0.191	0.194
145	0.190	0.200	0.188	0.192	295	0.195	0.203	0.191	0.193
150	0.190	0.201	0.188	0.191	300	0.194	0.203	0.190	0.193

Tabela 4.67: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,3 (Faixa Numérica de 0 a 1)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.395	0.324	0.533	0.591	155	0.279	0.282	0.348	0.357
10	0.324	0.285	0.440	0.477	160	0.277	0.281	0.346	0.355
15	0.305	0.275	0.390	0.416	165	0.278	0.282	0.344	0.352
20	0.305	0.287	0.357	0.377	170	0.279	0.283	0.342	0.350
25	0.289	0.278	0.336	0.353	175	0.276	0.281	0.339	0.347
30	0.303	0.299	0.329	0.343	180	0.274	0.279	0.337	0.345
35	0.294	0.297	0.312	0.326	185	0.273	0.277	0.336	0.344
40	0.316	0.312	0.387	0.403	190	0.271	0.276	0.334	0.342
45	0.319	0.315	0.376	0.392	195	0.270	0.275	0.332	0.340
50	0.309	0.307	0.363	0.377	200	0.270	0.276	0.331	0.338
55	0.313	0.313	0.360	0.373	205	0.271	0.277	0.328	0.335
60	0.309	0.310	0.354	0.370	210	0.272	0.278	0.329	0.336
65	0.308	0.308	0.346	0.358	215	0.271	0.276	0.327	0.334
70	0.302	0.303	0.340	0.351	220	0.270	0.275	0.326	0.333

75	0.302	0.305	0.337	0.347	225	0.271	0.276	0.325	0.331
80	0.304	0.306	0.334	0.344	230	0.274	0.278	0.330	0.337
85	0.305	0.308	0.333	0.342	235	0.272	0.276	0.328	0.335
90	0.299	0.302	0.327	0.336	240	0.270	0.274	0.327	0.334
95	0.295	0.299	0.323	0.331	245	0.270	0.275	0.325	0.332
100	0.294	0.298	0.319	0.327	250	0.270	0.275	0.323	0.333
105	0.291	0.296	0.316	0.324	255	0.270	0.275	0.322	0.328
110	0.288	0.294	0.313	0.321	260	0.269	0.274	0.321	0.327
115	0.288	0.295	0.310	0.315	265	0.269	0.274	0.319	0.326
120	0.284	0.291	0.306	0.313	270	0.268	0.274	0.319	0.325
125	0.281	0.288	0.304	0.311	275	0.267	0.273	0.317	0.324
130	0.278	0.285	0.301	0.308	280	0.265	0.271	0.316	0.323
135	0.279	0.284	0.304	0.310	285	0.265	0.270	0.315	0.321
140	0.276	0.282	0.308	0.308	290	0.265	0.270	0.315	0.321
145	0.273	0.279	0.298	0.301	295	0.265	0.270	0.315	0.321
150	0.281	0.285	0.350	0.356	300	0.265	0.271	0.314	0.320

Tabela 4.68: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,4 (Faixa Numérica de 0 a 1)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.167	0.157	0.190	0.207	155	0.407	0.403	0.436	0.445
10	0.489	0.381	0.698	0.757	160	0.404	0.399	0.433	0.442
15	0.427	0.419	0.594	0.635	165	0.404	0.399	0.432	0.440
20	0.457	0.447	0.546	0.576	170	0.401	0.396	0.428	0.436
25	0.414	0.407	0.504	0.530	175	0.400	0.396	0.427	0.435
30	0.418	0.414	0.480	0.502	180	0.398	0.393	0.424	0.432
35	0.420	0.418	0.465	0.485	185	0.395	0.390	0.422	0.429
40	0.407	0.407	0.443	0.461	190	0.400	0.395	0.428	0.435
45	0.404	0.403	0.438	0.455	195	0.400	0.395	0.425	0.435
50	0.403	0.401	0.435	0.450	200	0.398	0.393	0.424	0.431
55	0.385	0.383	0.425	0.440	205	0.397	0.392	0.422	0.429
60	0.376	0.377	0.413	0.426	210	0.394	0.389	0.419	0.426
65	0.379	0.378	0.418	0.431	215	0.394	0.390	0.417	0.424
70	0.366	0.366	0.410	0.422	220	0.393	0.389	0.415	0.422

75	0.363	0.363	0.403	0.414	225	0.397	0.393	0.436	0.444
80	0.356	0.357	0.392	0.403	230	0.393	0.389	0.434	0.441
85	0.352	0.353	0.389	0.399	235	0.391	0.388	0.431	0.438
90	0.358	0.356	0.395	0.405	240	0.388	0.384	0.429	0.436
95	0.356	0.355	0.388	0.398	245	0.387	0.384	0.428	0.435
100	0.362	0.361	0.389	0.398	250	0.386	0.384	0.426	0.433
105	0.357	0.356	0.383	0.392	255	0.386	0.384	0.423	0.430
110	0.372	0.369	0.426	0.437	260	0.391	0.390	0.457	0.465
115	0.379	0.377	0.428	0.438	265	0.389	0.388	0.454	0.462
120	0.388	0.385	0.427	0.438	270	0.389	0.388	0.453	0.461
125	0.395	0.391	0.427	0.436	275	0.393	0.391	0.452	0.460
130	0.399	0.396	0.432	0.441	280	0.390	0.389	0.450	0.458
135	0.392	0.389	0.427	0.436	285	0.389	0.387	0.448	0.456
140	0.399	0.395	0.431	0.440	290	0.389	0.387	0.448	0.455
145	0.406	0.402	0.442	0.451	295	0.395	0.393	0.454	0.461
150	0.405	0.403	0.437	0.446	300	0.395	0.393	0.452	0.460

Tabela 4.69: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,1 (Faixa Numérica de 0 a 0,75)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.083	0.090	0.104	0.112	155	0.115	0.128	0.112	0.114
10	0.075	0.086	0.086	0.091	160	0.114	0.127	0.112	0.113
15	0.076	0.081	0.091	0.093	165	0.113	0.126	0.111	0.112
20	0.110	0.108	0.120	0.127	170	0.114	0.126	0.112	0.114
25	0.109	0.109	0.116	0.121	175	0.114	0.126	0.112	0.113
30	0.113	0.117	0.118	0.123	180	0.114	0.126	0.112	0.113
35	0.108	0.113	0.112	0.116	185	0.113	0.125	0.111	0.112
40	0.112	0.121	0.115	0.119	190	0.112	0.124	0.110	0.112
45	0.115	0.125	0.117	0.120	195	0.112	0.123	0.110	0.110
50	0.116	0.129	0.117	0.120	200	0.111	0.124	0.109	0.111
55	0.111	0.125	0.112	0.115	205	0.110	0.123	0.108	0.109
60	0.110	0.122	0.111	0.113	210	0.109	0.122	0.107	0.108
65	0.109	0.121	0.111	0.113	215	0.109	0.122	0.108	0.109
70	0.108	0.120	0.110	0.112	220	0.108	0.121	0.107	0.108

75	0.109	0.122	0.110	0.112	225	0.108	0.121	0.098	0.108
80	0.111	0.127	0.112	0.114	230	0.107	0.120	0.106	0.107
85	0.115	0.131	0.114	0.117	235	0.106	0.119	0.105	0.106
90	0.116	0.131	0.115	0.118	240	0.106	0.118	0.104	0.105
95	0.118	0.131	0.118	0.118	245	0.106	0.119	0.104	0.105
100	0.116	0.129	0.116	0.116	250	0.105	0.117	0.104	0.105
105	0.114	0.127	0.114	0.114	255	0.106	0.118	0.104	0.105
110	0.114	0.127	0.113	0.113	260	0.105	0.118	0.104	0.105
115	0.115	0.128	0.113	0.115	265	0.105	0.118	0.104	0.105
120	0.115	0.128	0.113	0.114	270	0.106	0.119	0.104	0.105
125	0.113	0.127	0.111	0.113	275	0.106	0.118	0.104	0.105
130	0.113	0.126	0.110	0.112	280	0.106	0.118	0.104	0.105
135	0.113	0.126	0.110	0.112	285	0.107	0.121	0.105	0.106
140	0.111	0.125	0.109	0.110	290	0.107	0.120	0.104	0.105
145	0.114	0.126	0.111	0.113	295	0.107	0.120	0.105	0.106
150	0.114	0.127	0.111	0.113	300	0.107	0.120	0.104	0.105

Tabela 4.70: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,2 (Faixa Numérica de 0 a 0,75)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.260	0.242	0.292	0.319	155	0.205	0.215	0.200	0.204
10	0.196	0.199	0.214	0.229	160	0.205	0.214	0.199	0.202
15	0.211	0.218	0.219	0.231	165	0.205	0.215	0.197	0.201
20	0.194	0.210	0.206	0.215	170	0.205	0.215	0.197	0.201
25	0.198	0.211	0.202	0.210	175	0.205	0.215	0.196	0.199
30	0.194	0.211	0.195	0.202	180	0.207	0.215	0.201	0.204
35	0.201	0.214	0.200	0.206	185	0.210	0.217	0.211	0.213
40	0.210	0.217	0.211	0.217	190	0.211	0.217	0.211	0.213
45	0.207	0.213	0.206	0.212	195	0.209	0.217	0.209	0.209
50	0.218	0.220	0.221	0.228	200	0.208	0.216	0.208	0.210
55	0.213	0.217	0.215	0.221	205	0.208	0.216	0.207	0.209
60	0.222	0.223	0.224	0.231	210	0.207	0.216	0.206	0.208
65	0.216	0.219	0.219	0.225	215	0.206	0.214	0.205	0.207
70	0.217	0.219	0.217	0.219	220	0.204	0.214	0.204	0.205
75	0.212	0.217	0.212	0.217	225	0.203	0.210	0.202	0.204
80	0.214	0.222	0.213	0.219	230	0.203	0.210	0.201	0.203

85	0.209	0.217	0.210	0.215	235	0.203	0.212	0.202	0.204
90	0.209	0.217	0.208	0.213	240	0.201	0.211	0.200	0.202
95	0.205	0.214	0.204	0.209	245	0.200	0.210	0.199	0.201
100	0.204	0.214	0.202	0.207	250	0.199	0.209	0.198	0.200
105	0.201	0.210	0.200	0.205	255	0.200	0.210	0.198	0.200
110	0.201	0.211	0.199	0.204	260	0.199	0.208	0.197	0.199
115	0.206	0.213	0.204	0.209	265	0.199	0.208	0.197	0.199
120	0.205	0.214	0.203	0.207	270	0.200	0.209	0.197	0.198
125	0.207	0.215	0.206	0.210	275	0.199	0.209	0.196	0.197
130	0.207	0.214	0.204	0.208	280	0.199	0.209	0.195	0.197
135	0.210	0.217	0.206	0.210	285	0.198	0.208	0.194	0.196
140	0.209	0.225	0.204	0.208	290	0.199	0.211	0.195	0.196
145	0.208	0.217	0.203	0.206	295	0.198	0.211	0.194	0.195
150	0.205	0.215	0.201	0.205	300	0.198	0.210	0.193	0.195

Tabela 4.71: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,3 (Faixa Numérica de 0 a 0,75)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.626	0.625	1.067	1.204	155	0.312	0.319	0.360	0.386
10	0.440	0.433	0.788	0.862	160	0.315	0.322	0.361	0.381
15	0.433	0.431	0.653	0.700	165	0.318	0.325	0.362	0.377
20	0.419	0.419	0.570	0.604	170	0.317	0.322	0.361	0.373
25	0.406	0.408	0.540	0.570	175	0.320	0.325	0.362	0.372
30	0.380	0.384	0.508	0.534	180	0.318	0.322	0.361	0.368
35	0.385	0.385	0.504	0.528	185	0.316	0.319	0.360	0.365
40	0.375	0.375	0.480	0.501	190	0.315	0.318	0.358	0.367
45	0.367	0.368	0.465	0.484	195	0.315	0.318	0.357	0.366
50	0.358	0.361	0.451	0.469	200	0.314	0.317	0.355	0.363
55	0.352	0.357	0.439	0.457	205	0.317	0.319	0.362	0.362
60	0.338	0.345	0.428	0.444	210	0.314	0.317	0.353	0.361
65	0.331	0.338	0.418	0.434	215	0.312	0.314	0.351	0.359
70	0.323	0.331	0.410	0.425	220	0.313	0.317	0.352	0.359
75	0.325	0.330	0.404	0.418	225	0.313	0.316	0.351	0.358
80	0.330	0.334	0.398	0.411	230	0.310	0.313	0.349	0.356

85	0.334	0.339	0.396	0.408	235	0.307	0.311	0.347	0.355
90	0.329	0.334	0.389	0.401	240	0.310	0.312	0.348	0.355
95	0.321	0.328	0.384	0.396	245	0.311	0.313	0.351	0.358
100	0.318	0.324	0.380	0.391	250	0.311	0.312	0.350	0.357
105	0.316	0.323	0.375	0,386	255	0.309	0.310	0.349	0.356
110	0.311	0.318	0.371	0,381	260	0.307	0.308	0.348	0.354
115	0.310	0.317	0.367	0,377	265	0.306	0.308	0.347	0.353
120	0.305	0.313	0.363	0,373	270	0.305	0.306	0.346	0.353
125	0.308	0.314	0.362	0,372	275	0.304	0.305	0.345	0.352
130	0.305	0.312	0.359	0,368	280	0.304	0.304	0.344	0.351
135	0.302	0.310	0.355	0,365	285	0.304	0.304	0.344	0.350
140	0.305	0.312	0.358	0,367	290	0.303	0.303	0.343	0.349
145	0.306	0.313	0.357	0,366	295	0.302	0.303	0.341	0.348
150	0.302	0.310	0.354	0,363	300	0.307	0.307	0.343	0.349

Tabela 4.72: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,4 (Faixa Numérica de 0 a 0,75)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.473	0.417	0.615	0.681	155	0.407	0.406	0.457	0.466
10	0.364	0.360	0.432	0.465	160	0.408	0.406	0.454	0.463
15	0.336	0.346	0.368	0.390	165	0.407	0.406	0.451	0.460
20	0.304	0.314	0.335	0.353	170	0.405	0.403	0.450	0.459
25	0.327	0.329	0.380	0.398	175	0.400	0.398	0.448	0.456
30	0.365	0.359	0.464	0.486	180	0.399	0.398	0.444	0.452
35	0.350	0.347	0.443	0.456	185	0.397	0.395	0.441	0.450
40	0.395	0.394	0.448	0.464	190	0.405	0.404	0.465	0.474
45	0.408	0.407	0.482	0.499	195	0.402	0.401	0.462	0.471
50	0.410	0.408	0.473	0.488	200	0.411	0.411	0.491	0.500
55	0.415	0.413	0.466	0.480	205	0.410	0.411	0.487	0.496
60	0.417	0.414	0.465	0.478	210	0.410	0.411	0.485	0.493
65	0.431	0.430	0.511	0.526	215	0.412	0.413	0.482	0.490
70	0.429	0.428	0.505	0.519	220	0.410	0.411	0.479	0.487
75	0.431	0.430	0.492	0.505	225	0.409	0.410	0.476	0.484
80	0.423	0.423	0.483	0.495	230	0.409	0.409	0.474	0.481

85	0.419	0.419	0.476	0.488	235	0.407	0.408	0.471	0.479
90	0.410	0.410	0.469	0.480	240	0.405	0.405	0.468	0.476
95	0.401	0.402	0.460	0.471	245	0.402	0.403	0.466	0.474
100	0.403	0.404	0.458	0.469	250	0.403	0.404	0.464	0.471
105	0.409	0.409	0.459	0.469	255	0.402	0.402	0.462	0.469
110	0.417	0.417	0.473	0.483	260	0.399	0.400	0.460	0.467
115	0.415	0.415	0.467	0.478	265	0.399	0.400	0.459	0.466
120	0.416	0.416	0.470	0.480	270	0.399	0.400	0.460	0.467
125	0.420	0.419	0.474	0.484	275	0.398	0.398	0.460	0.467
130	0.414	0.413	0.471	0.480	280	0.397	0.397	0.458	0.465
135	0.414	0.412	0.471	0.480	285	0.399	0.399	0.458	0.465
140	0.414	0.413	0.470	0.479	290	0.396	0.396	0.457	0.464
145	0.412	0.411	0.466	0.475	295	0.396	0.396	0.455	0.462
150	0.408	0.407	0.461	0.470	300	0.393	0.393	0.454	0.455

Tabela 4.73: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,1 (Faixa Numérica de 0 a 0,5)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.033	NA	0.043	0.048	155	0.099	0.112	0.100	0.101
10	0.092	0.112	0.112	0.118	160	0.097	0.111	0.099	0.100
15	0.085	0.111	0.099	0.103	165	0.096	0.109	0.098	0.099
20	0.094	0.111	0.104	0.110	170	0.096	0.109	0.097	0.099
25	0.091	0.110	0.099	0.103	175	0.096	0.109	0.097	0.099
30	0.095	0.114	0.100	0.104	180	0.095	0.109	0.096	0.098
35	0.094	0.112	0.098	0.102	185	0.095	0.109	0.096	0.097
40	0.089	0.107	0.094	0.097	190	0.095	0.107	0.096	0.097
45	0.092	0.107	0.096	0.099	195	0.096	0.107	0.097	0.098
50	0.095	0.109	0.099	0.101	200	0.096	0.109	0.096	0.097
55	0.097	0.113	0.100	0.102	205	0.096	0.109	0.096	0.097
60	0.095	0.109	0.097	0.099	210	0.095	0.108	0.096	0.097
65	0.097	0.110	0.099	0.101	215	0.095	0.108	0.095	0.097
70	0.095	0.108	0.097	0.099	220	0.095	0.109	0.095	0.097
75	0.094	0.108	0.096	0.098	225	0.095	0.108	0.095	0.096
80	0.093	0.107	0.095	0.097	230	0.094	0.108	0.094	0.095

85	0.091	0.106	0.093	0.095	235	0.095	0.109	0.095	0.096
90	0.092	0.106	0.093	0.095	240	0.096	0.111	0.096	0.097
95	0.093	0.107	0.094	0.096	245	0.096	0.110	0.096	0.097
100	0.094	0.108	0.098	0.099	250	0.096	0.112	0.096	0.097
105	0.094	0.108	0.099	0.100	255	0.097	0.111	0.096	0.097
110	0.094	0.107	0.098	0.099	260	0.097	0.110	0.096	0.097
115	0.093	0.106	0.097	0.098	265	0.096	0.110	0.095	0.096
120	0.098	0.109	0.101	0.102	270	0.097	0.112	0.096	0.098
125	0.099	0.110	0.101	0.103	275	0.098	0.112	0.097	0.098
130	0.098	0.110	0.101	0.102	280	0.098	0.113	0.097	0.098
135	0.098	0.108	0.100	0.101	285	0.098	0.113	0.096	0.098
140	0.097	0.107	0.099	0.100	290	0.098	0.113	0.097	0.098
145	0.099	0.112	0.101	0.102	295	0.099	0.114	0.098	0.099
150	0.100	0.113	0.101	0.102	300	0.099	0.114	0.098	0.099

Tabela 4.74: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,2 (Faixa Numérica de 0 a 0,5)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.131	0.112	0.159	0.175	155	0.214	0.217	0.201	0.207
10	0.118	0.121	0.127	0.134	160	0.213	0.217	0.200	0.206
15	0.164	0.148	0.183	0.195	165	0.215	0.220	0.203	0.208
20	0.164	0.150	0.177	0.187	170	0.215	0.220	0.203	0.208
25	0.168	0.155	0.190	0.195	175	0.212	0.218	0.201	0.206
30	0.170	0.164	0.183	0.188	180	0.211	0.217	0.200	0.205
35	0.175	0.167	0.187	0.191	185	0.210	0.216	0.199	0.203
40	0.194	0.187	0.207	0.211	190	0.208	0.214	0.196	0.202
45	0.194	0.210	0.205	0.209	195	0.206	0.212	0.196	0.201
50	0.204	0.198	0.201	0.208	200	0.206	0.211	0.196	0.200
55	0.217	0.212	0.223	0.226	205	0.209	0.214	0.195	0.199
60	0.233	0.229	0.229	0.236	210	0.207	0.212	0.194	0.198
65	0.226	0.222	0.223	0.229	215	0.208	0.212	0.195	0.199
70	0.227	0.222	0.223	0.230	220	0.207	0.210	0.194	0.198
75	0.233	0.230	0.225	0.220	225	0.206	0.210	0.193	0.197
80	0.230	0.228	0.220	0.227	230	0.205	0.209	0.192	0.196

85	0.227	0.226	0.217	0.223	235	0.204	0.209	0.191	0.195
90	0.225	0.224	0.215	0.221	240	0.205	0.209	0.192	0.196
95	0.224	0.225	0.212	0.217	245	0.205	0.209	0.192	0.196
100	0.228	0.226	0.220	0.226	250	0.205	0.210	0.192	0.196
105	0.229	0.227	0.219	0.225	255	0.204	0.209	0.191	0.195
110	0.226	0.224	0.217	0.223	260	0.202	0.204	0.190	0.194
115	0.223	0.223	0.214	0.220	265	0.202	0.206	0.190	0.194
120	0.221	0.222	0.211	0.217	270	0.204	0.208	0.190	0.194
125	0.223	0.224	0.211	0.217	275	0.203	0.208	0.189	0.193
130	0.222	0.224	0.209	0.215	280	0.202	0.207	0.189	0.192
135	0.221	0.223	0.208	0.213	285	0.201	0.205	0.188	0.192
140	0.221	0.224	0.207	0.212	290	0.201	0.206	0.188	0.191
145	0.218	0.221	0.204	0.210	295	0.200	0.205	0.187	0.191
150	0.216	0.219	0.203	0.209	300	0.201	0.206	0.187	0.191

Tabela 4.75: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,3 (Faixa Numérica de 0 a 0,5)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.344	0.293	0.397	0.434	155	0.286	0.288	0.275	0.281
10	0.317	0.288	0.350	0.371	160	0.282	0.285	0.273	0.279
15	0.351	0.323	0.386	0.408	165	0.281	0.284	0.272	0.277
20	0.344	0.330	0.365	0.383	170	0.282	0.284	0.271	0.276
25	0.345	0.334	0.361	0.376	175	0.279	0.281	0.269	0.274
30	0.319	0.308	0.341	0.355	180	0.277	0.279	0.268	0.273
35	0.323	0.311	0.337	0.350	185	0.278	0.280	0.266	0.272
40	0.338	0.334	0.340	0.351	190	0.279	0.282	0.265	0.270
45	0.344	0.340	0.334	0.345	195	0.280	0.283	0.264	0.270
50	0.343	0.337	0.336	0.346	200	0.282	0.286	0.266	0.271
55	0.336	0.331	0.327	0.337	205	0.284	0.287	0.267	0.273
60	0.335	0.328	0.329	0.338	210	0.285	0.287	0.267	0.273
65	0.333	0.326	0.327	0.336	215	0.283	0.287	0.266	0.271
70	0.323	0.316	0.321	0.329	220	0.283	0.286	0.265	0.270
75	0.319	0.313	0.314	0.322	225	0.284	0.287	0.266	0.271
80	0.310	0.306	0.307	0.315	230	0.287	0.290	0.270	0.275

85	0.309	0.305	0.304	0.313	235	0.285	0.288	0.269	0.274
90	0.305	0.302	0.301	0.308	240	0.285	0.288	0.268	0.273
95	0.301	0.298	0.297	0.304	245	0.286	0.289	0.267	0.272
100	0.299	0.299	0.293	0.300	250	0.283	0.287	0.266	0.271
105	0.294	0.294	0.289	0.296	255	0.285	0.288	0.266	0.271
110	0.295	0.297	0.289	0.296	260	0.284	0.288	0.265	0.270
115	0.299	0.302	0.291	0.298	265	0.284	0.288	0.264	0.268
120	0.297	0.298	0.290	0.296	270	0.284	0.288	0.263	0.267
125	0.299	0.299	0.289	0.295	275	0.284	0.288	0.262	0.267
130	0.294	0.295	0.286	0.292	280	0.293	0.296	0.259	0.268
135	0.291	0.294	0.283	0.289	285	0.291	0.295	0.259	0.267
140	0.289	0.291	0.280	0.286	290	0.291	0.294	0.258	0.266
145	0.288	0.290	0.279	0.285	295	0.292	0.296	0.259	0.266
150	0.286	0.289	0.277	0.283	300	0.291	0.295	0.258	0.266

Tabela 4.76: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,4 (Faixa Numérica de 0 a 0,5)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.251	0.216	0.300	0.330	155	0.398	0.401	0.516	0.527
10	0.219	0.202	0.244	0.250	160	0.396	0.416	0.512	0.523
15	0.225	0.210	0.240	0.254	165	0.392	0.395	0.508	0.519
20	0.305	0.286	0.499	0.533	170	0.387	0.390	0.505	0.515
25	0.295	0.284	0.450	0.477	175	0.387	0.390	0.500	0.511
30	0.335	0.328	0.444	0.466	180	0.387	0.390	0.498	0.508
35	0.393	0.400	0.648	0.681	185	0.386	0.386	0.495	0.506
40	0.397	0.400	0.627	0.657	190	0.390	0.392	0.496	0.506
45	0.402	0.409	0.605	0.632	195	0.388	0.390	0.493	0.502
50	0.395	0.402	0.582	0.606	200	0.385	0.387	0.489	0.499
55	0.400	0.406	0.556	0.578	205	0.385	0.388	0.487	0.497
60	0.409	0.414	0.541	0.562	210	0.387	0.390	0.484	0.493
65	0.394	0.399	0.539	0.552	215	0.388	0.390	0.482	0.491
70	0.423	0.430	0.594	0.614	220	0.386	0.389	0.479	0.488
75	0.426	0.434	0.588	0.607	225	0.390	0.394	0.500	0.509
80	0.416	0.423	0.579	0.597	230	0.387	0.391	0.497	0.507

85	0.427	0.433	0.579	0.596	235	0.384	0.388	0.495	0.504
90	0.437	0.442	0.571	0.587	240	0.385	0.389	0.494	0.503
95	0.429	0.434	0.564	0.579	245	0.387	0.390	0.493	0.502
100	0.426	0.431	0.555	0.570	250	0.387	0.391	0.492	0.500
105	0.430	0.436	0.563	0.578	255	0.389	0.393	0.489	0.498
110	0.424	0.429	0.559	0.573	260	0.390	0.391	0.487	0.496
115	0.418	0.423	0.551	0.565	265	0.388	0.391	0.486	0.494
120	0.420	0.424	0.546	0.560	270	0.387	0.391	0.484	0.492
125	0.416	0.418	0.539	0.551	275	0.387	0.390	0.483	0.491
130	0.411	0.415	0.532	0.544	280	0.386	0.388	0.482	0.491
135	0.411	0.415	0.532	0.544	285	0.383	0.386	0.481	0.488
140	0.405	0.409	0.527	0.539	290	0.385	0.387	0.481	0.489
145	0.402	0.405	0.523	0.534	295	0.384	0.386	0.479	0.487
150	0.403	0.406	0.520	0.531	300	0.382	0.384	0.477	0.485

Tabela 4.77: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,1 (Faixa Numérica de 0 a 0,25)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.130	0.108	0.148	0.161	155	0.101	0.119	0.099	0.101
10	0.093	0.082	0.105	0.115	160	0.102	0.120	0.101	0.102
15	0.091	0.093	0.108	0.110	165	0.101	0.119	0.100	0.101
20	0.090	0.094	0.100	0.103	170	0.101	0.119	0.100	0.102
25	0.105	0.125	0.113	0.117	175	0.101	0.119	0.102	0.103
30	0.104	0.124	0.108	0.112	180	0.101	0.118	0.101	0.102
35	0.102	0.123	0.105	0.109	185	0.100	0.117	0.100	0.102
40	0.109	0.129	0.112	0.115	190	0.099	0.116	0.099	0.101
45	0.110	0.130	0.113	0.116	195	0.099	0.116	0.099	0.101
50	0.115	0.141	0.120	0.123	200	0.100	0.117	0.100	0.101
55	0.115	0.137	0.127	0.129	205	0.100	0.117	0.099	0.101
60	0.114	0.135	0.127	0.128	210	0.099	0.116	0.098	0.100
65	0.111	0.132	0.123	0.124	215	0.099	0.116	0.098	0.100
70	0.110	0.131	0.116	0.118	220	0.101	0.118	0.098	0.100
75	0.107	0.128	0.112	0.114	225	0.100	0.118	0.098	0.100
80	0.107	0.127	0.112	0.113	230	0.100	0.118	0.098	0.099

85	0.105	0.126	0.110	0.112	235	0.100	0.118	0.097	0.099
90	0.104	0.126	0.109	0.110	240	0.099	0.116	0.097	0.098
95	0.105	0.126	0.108	0.110	245	0.098	0.115	0.096	0.098
100	0.106	0.127	0.109	0.110	250	0.098	0.115	0.096	0.097
105	0.105	0.125	0.108	0.109	255	0.099	0.115	0.097	0.098
110	0.104	0.124	0.107	0.108	260	0.099	0.115	0.097	0.098
115	0.106	0.125	0.106	0.108	265	0.098	0.115	0.096	0.098
120	0.104	0.124	0.105	0.106	270	0.099	0.115	0.096	0.098
125	0.104	0.124	0.104	0.106	275	0.099	0.115	0.097	0.098
130	0.103	0.123	0.103	0.105	280	0.098	0.114	0.096	0.097
135	0.105	0.124	0.103	0.105	285	0.100	0.115	0.098	0.099
140	0.104	0.122	0.102	0.104	290	0.099	0.115	0.097	0.098
145	0.103	0.121	0.101	0.103	295	0.100	0.115	0.098	0.099
150	0.102	0.120	0.100	0.102	300	0.099	0.115	0.098	0.099

Tabela 4.78: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,2 (Faixa Numérica de 0 a 0,25)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.187	0.164	0.296	0.309	155	0.203	0.210	0.203	0.206
10	0.196	0.185	0.220	0.233	160	0.201	0.209	0.201	0.204
15	0.170	0.156	0.187	0.197	165	0.199	0.208	0.199	0.202
20	0.158	0.145	0.177	0.185	170	0.201	0.210	0.201	0.204
25	0.155	0.147	0.172	0.178	175	0.200	0.209	0.200	0.202
30	0.155	0.152	0.173	0.173	180	0.199	0.208	0.198	0.201
35	0.178	0.184	0.186	0.193	185	0.198	0.207	0.197	0.200
40	0.175	0.181	0.181	0.187	190	0.200	0.209	0.197	0.200
45	0.171	0.179	0.175	0.180	195	0.200	0.209	0.197	0.199
50	0.172	0.181	0.174	0.179	200	0.202	0.209	0.200	0.203
55	0.173	0.182	0.173	0.178	205	0.204	0.211	0.201	0.204
60	0.180	0.191	0.183	0.187	210	0.203	0.211	0.200	0.202
65	0.178	0.185	0.180	0.184	215	0.203	0.212	0.199	0.201
70	0.176	0.184	0.178	0.182	220	0.205	0.213	0.201	0.204
75	0.179	0.184	0.180	0.184	225	0.207	0.213	0.202	0.205
80	0.174	0.181	0.175	0.179	230	0.206	0.213	0.201	0.203
85	0.172	0.179	0.172	0.176	235	0.204	0.212	0.199	0.202
90	0.171	0.180	0.171	0.174	240	0.203	0.212	0.198	0.201

95	0.182	0.188	0.180	0.183	245	0.202	0.211	0.197	0.200
100	0.185	0.193	0.182	0.186	250	0.201	0.209	0.196	0.199
105	0.192	0.198	0.192	0.196	255	0.206	0.213	0.203	0.206
110	0.191	0.197	0.191	0.195	260	0.205	0.212	0.202	0.204
115	0.190	0.196	0.189	0.192	265	0.204	0.211	0.201	0.203
120	0.191	0.197	0.189	0.193	270	0.205	0.214	0.202	0.204
125	0.194	0.203	0.191	0.195	275	0.204	0.213	0.201	0.203
130	0.196	0.205	0.193	0.197	280	0.203	0.212	0.200	0.203
135	0.196	0.206	0.192	0.195	285	0.202	0.211	0.200	0.202
140	0.201	0.210	0.200	0.203	290	0.203	0.212	0.200	0.202
145	0.201	0.210	0.199	0.202	295	0.202	0.212	0.199	0.201
150	0.204	0.210	0.203	0.207	300	0.201	0.212	0.198	0.200

Tabela 4.79: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,3 (Faixa Numérica de 0 a 0,25)

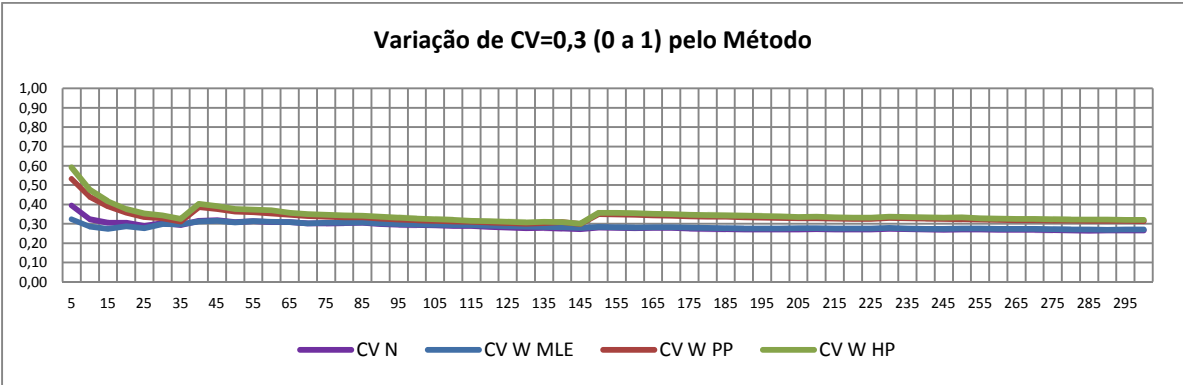
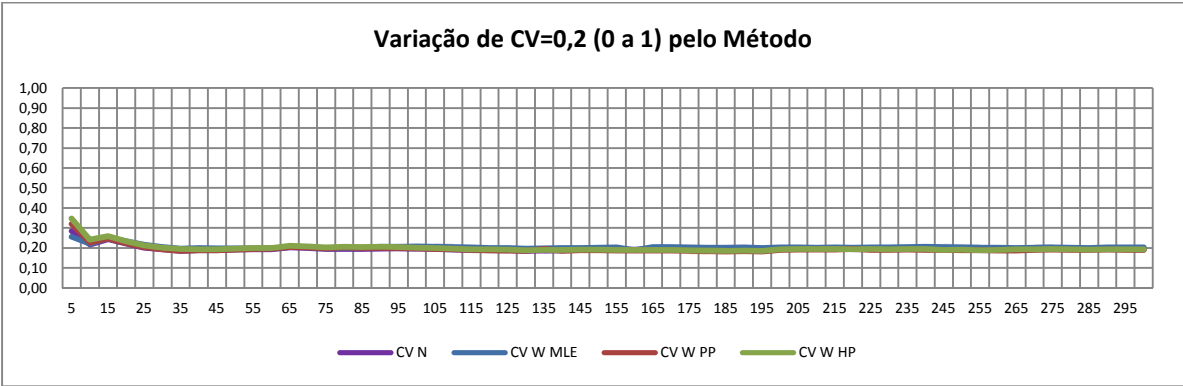
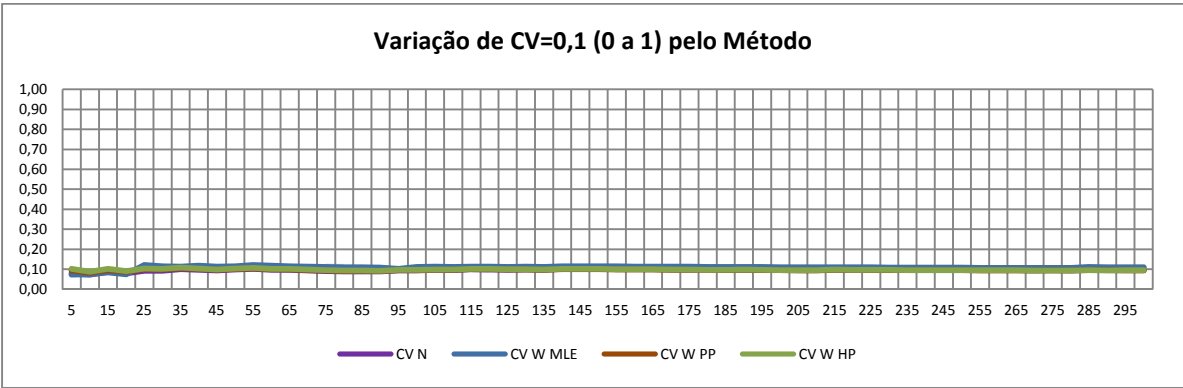
N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.426	0.376	0.534	0.583	155	0.308	0.307	0.417	0.431
10	0.322	0.302	0.401	0.388	160	0.304	0.304	0.415	0.428
15	0.332	0.324	0.398	0.409	165	0.304	0.305	0.412	0.425
20	0.333	0.329	0.371	0.388	170	0.307	0.308	0.412	0.426
25	0.315	0.316	0.347	0.363	175	0.303	0.303	0.410	0.423
30	0.307	0.303	0.340	0.355	180	0.301	0.301	0.408	0.422
35	0.295	0.293	0.322	0.335	185	0.303	0.307	0.406	0.418
40	0.305	0.300	0.320	0.332	190	0.300	0.304	0.404	0.416
45	0.314	0.311	0.315	0.326	195	0.300	0.303	0.403	0.415
50	0.306	0.303	0.306	0.316	200	0.298	0.302	0.402	0.414
55	0.296	0.297	0.296	0.305	205	0.297	0.301	0.400	0.412
60	0.288	0.288	0.288	0.297	210	0.301	0.306	0.398	0.409
65	0.287	0.288	0.284	0.293	215	0.301	0.307	0.408	0.408
70	0.290	0.288	0.306	0.310	220	0.301	0.307	0.395	0.407
75	0.286	0.284	0.300	0.305	225	0.299	0.304	0.394	0.405
80	0.285	0.282	0.297	0.301	230	0.307	0.310	0.391	0.402
85	0.279	0.277	0.291	0.296	235	0.306	0.310	0.390	0.400
90	0.279	0.277	0.290	0.294	240	0.308	0.313	0.401	0.401

95	0.287	0.283	0.317	0.327	245	0.309	0.313	0.390	0.401
100	0.289	0.285	0.314	0.324	250	0.308	0.311	0.389	0.399
105	0.286	0.283	0.310	0.320	255	0.307	0.311	0.388	0.398
110	0.281	0.279	0.306	0.316	260	0.305	0.309	0.386	0.397
115	0.277	0.276	0.303	0.313	265	0.305	0.309	0.385	0.395
120	0.284	0.282	0.306	0.315	270	0.304	0.307	0.384	0.394
125	0.296	0.295	0.422	0.438	275	0.302	0.306	0.382	0.392
130	0.300	0.298	0.420	0.436	280	0.301	0.305	0.381	0.391
135	0.299	0.297	0.417	0.432	285	0.300	0.304	0.380	0.390
140	0.296	0.295	0.413	0.428	290	0.299	0.303	0.379	0.389
145	0.305	0.303	0.423	0.437	295	0.299	0.303	0.378	0.388
150	0.309	0.308	0.420	0.435	300	0.300	0.304	0.377	0.387

Tabela 4.80: Valores Obtidos para Distribuição Normal e de Weibull para Coeficiente de Variação Padrão de 0,4 (Faixa Numérica de 0 a 0,25)

N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP	N	Valor CV Normal	Valor CV MLE	Valor CV PP	Valor CV HP
5	0.317	0.309	0.345	0.369	155	0.426	0.429	0.599	0.615
10	0.396	0.387	0.778	0.855	160	0.424	0.429	0.599	0.615
15	0.448	0.443	0.698	0.747	165	0.420	0.425	0.592	0.606
20	0.526	0.588	0.994	1.065	170	0.417	0.422	0.589	0.604
25	0.479	0.525	0.933	0.996	175	0.415	0.419	0.586	0.592
30	0.472	0.508	0.867	0.919	180	0.415	0.419	0.580	0.595
35	0.510	0.546	0.848	0.892	185	0.413	0.417	0.576	0.590
40	0.496	0.526	0.804	0.843	190	0.411	0.415	0.573	0.586
45	0.521	0.554	0.803	0.838	195	0.418	0.420	0.571	0.584
50	0.515	0.543	0.773	0.804	200	0.416	0.419	0.567	0.580
55	0.490	0.517	0.762	0.792	205	0.413	0.416	0.564	0.578
60	0.472	0.496	0.746	0.775	210	0.410	0.414	0.560	0.573
65	0.463	0.483	0.726	0.754	215	0.408	0.411	0.556	0.569
70	0.460	0.481	0.714	0.739	220	0.407	0.410	0.553	0.566
75	0.451	0.469	0.696	0.720	225	0.403	0.406	0.550	0.563
80	0.438	0.454	0.687	0.711	230	0.403	0.407	0.549	0.561
85	0.443	0.458	0.676	0.698	235	0.401	0.405	0.546	0.559
90	0.439	0.453	0.665	0.687	240	0.403	0.406	0.544	0.556
95	0.431	0.443	0.656	0.678	245	0.403	0.406	0.544	0.556
100	0.432	0.443	0.648	0.668	250	0.401	0.404	0.541	0.553

105	0.425	0.436	0.642	0.662	255	0.400	0.402	0.539	0.551
110	0.429	0.439	0.637	0.656	260	0.397	0.399	0.536	0.548
115	0.425	0.435	0.634	0.653	265	0.397	0.399	0.536	0.548
120	0.418	0.427	0.629	0.647	270	0.395	0.398	0.534	0.546
125	0.411	0.420	0.624	0.642	275	0.393	0.395	0.532	0.544
130	0.413	0.421	0.615	0.632	280	0.399	0.403	0.546	0.558
135	0.414	0.421	0.612	0.629	285	0.399	0.403	0.544	0.556
140	0.413	0.420	0.609	0.626	290	0.395	0.399	0.542	0.554
145	0.414	0.421	0.606	0.622	295	0.392	0.396	0.541	0.552
150	0.415	0.421	0.601	0.625	300	0.392	0.395	0.538	0.549



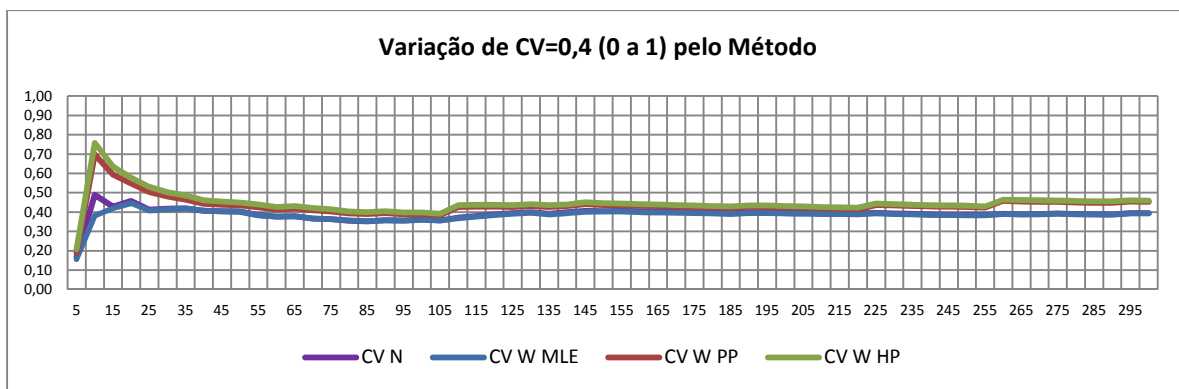
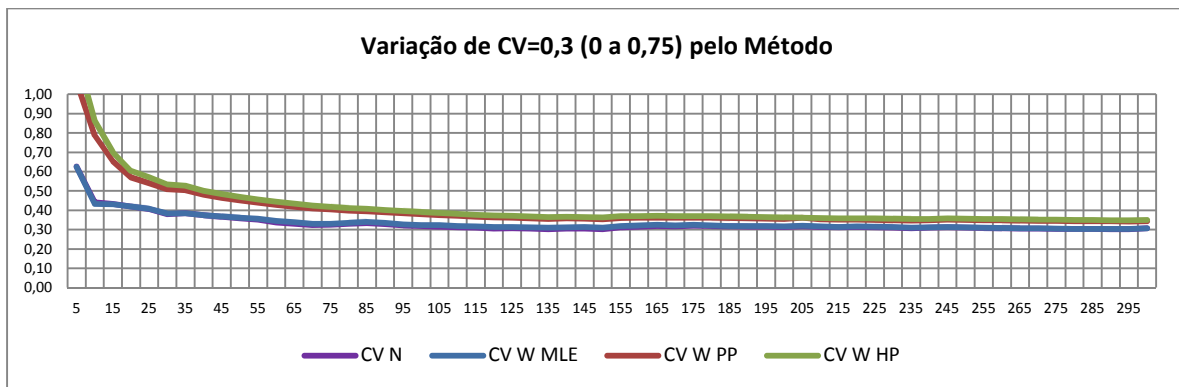
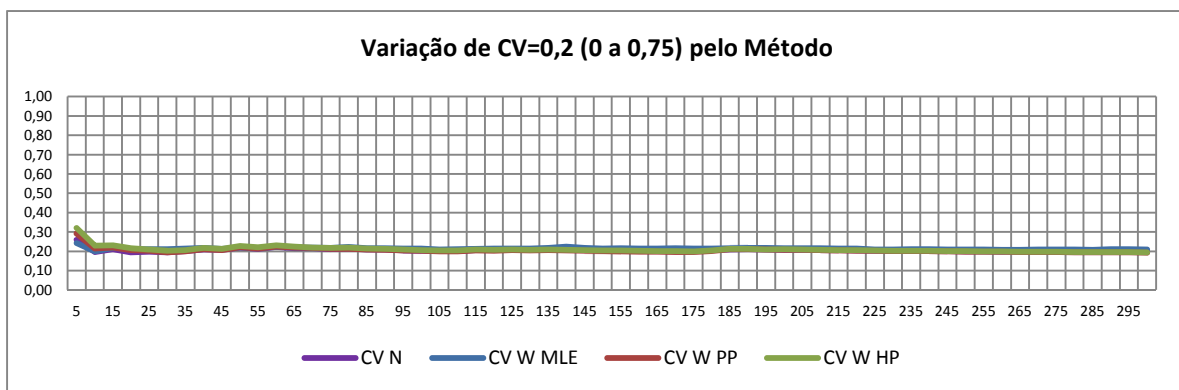
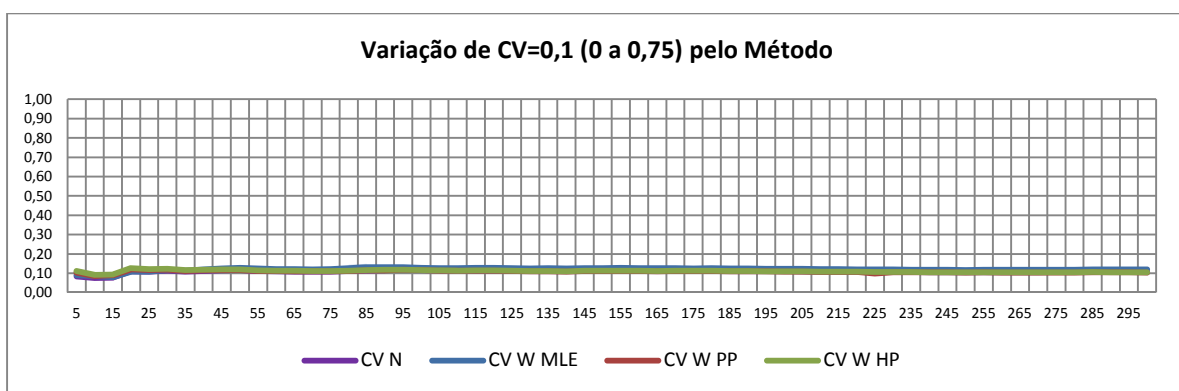


Figura 4.5: Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa Numérica de 0 a 1



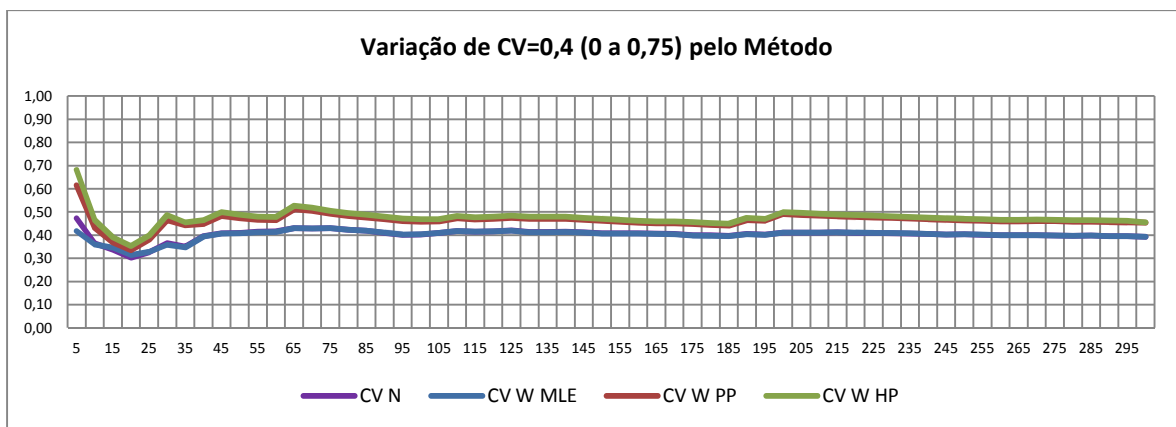
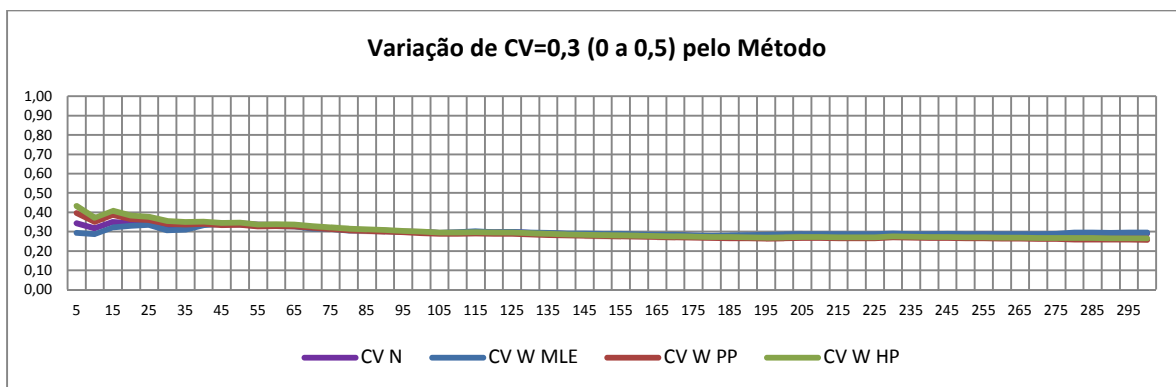
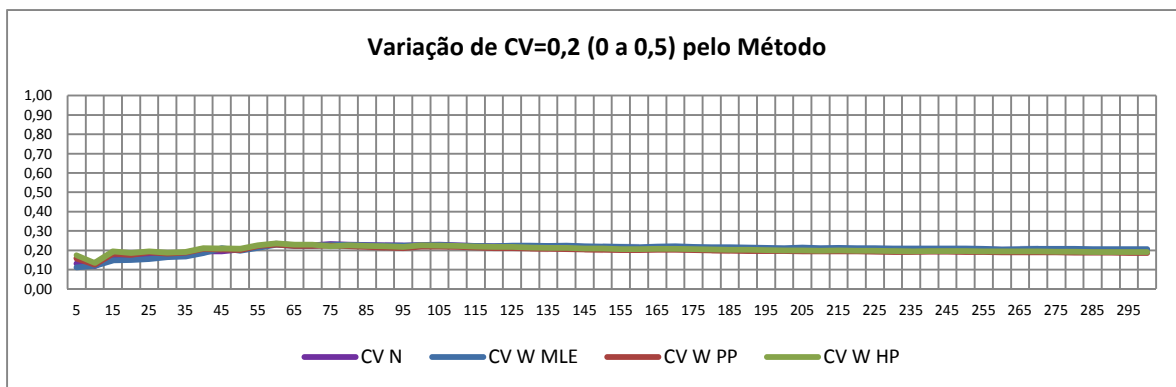
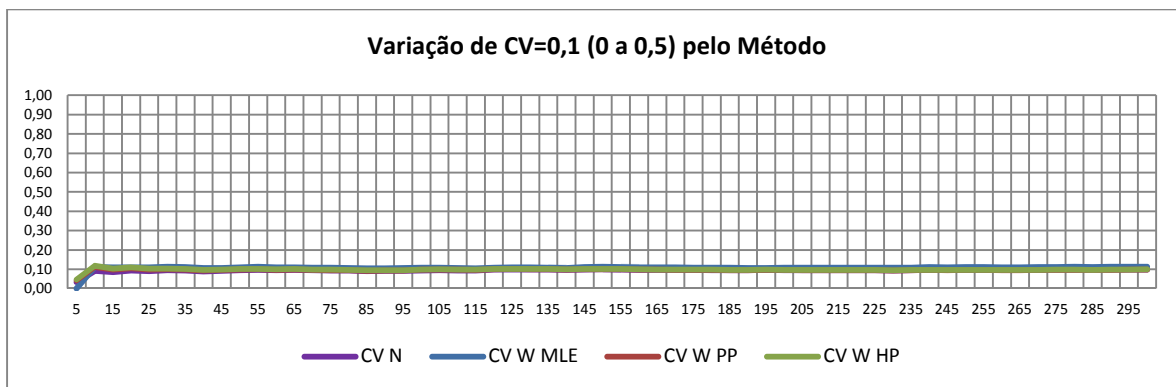


Figura 4.6: Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa de 0 a 0,75



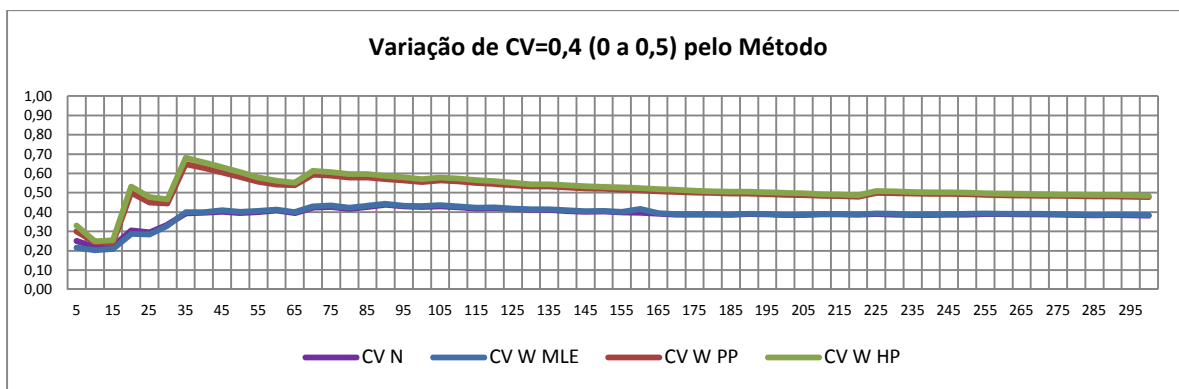
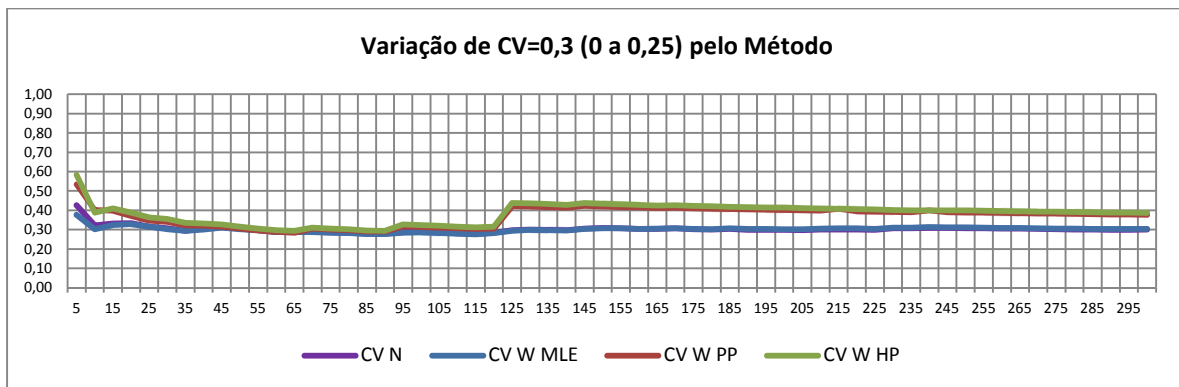
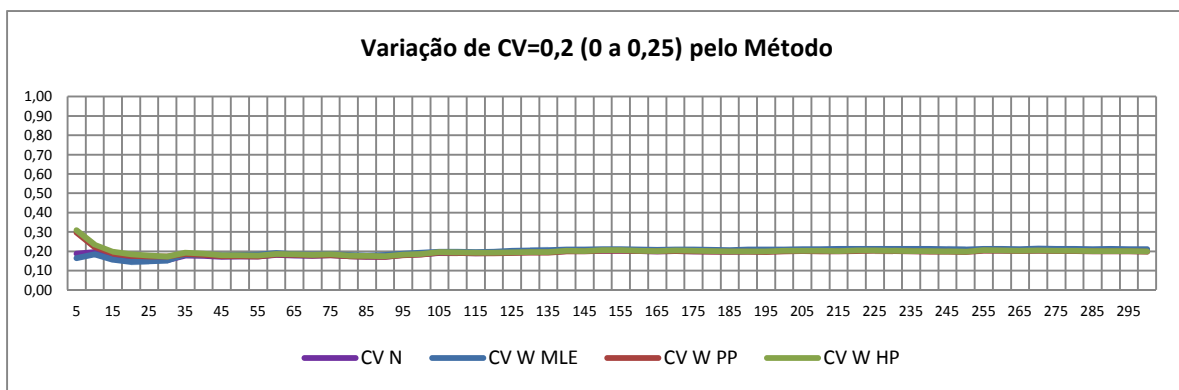
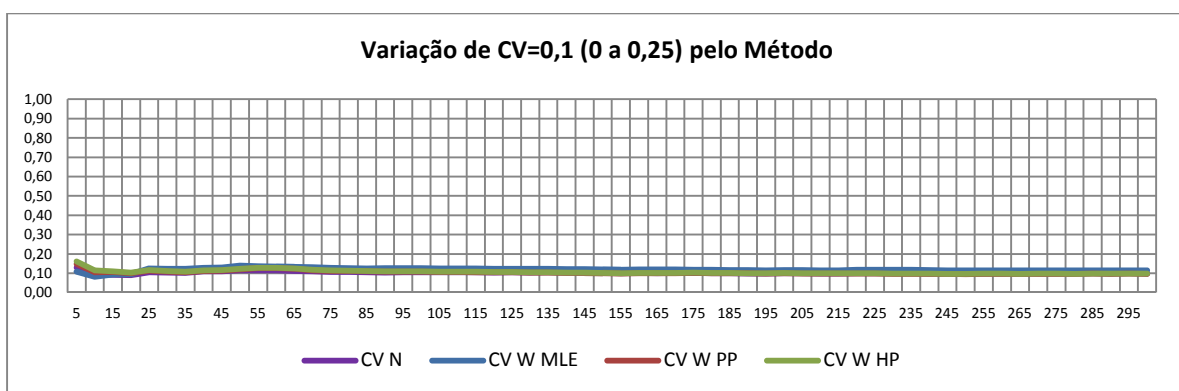


Figura 4.7: Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa Numérica de 0 a 0,5



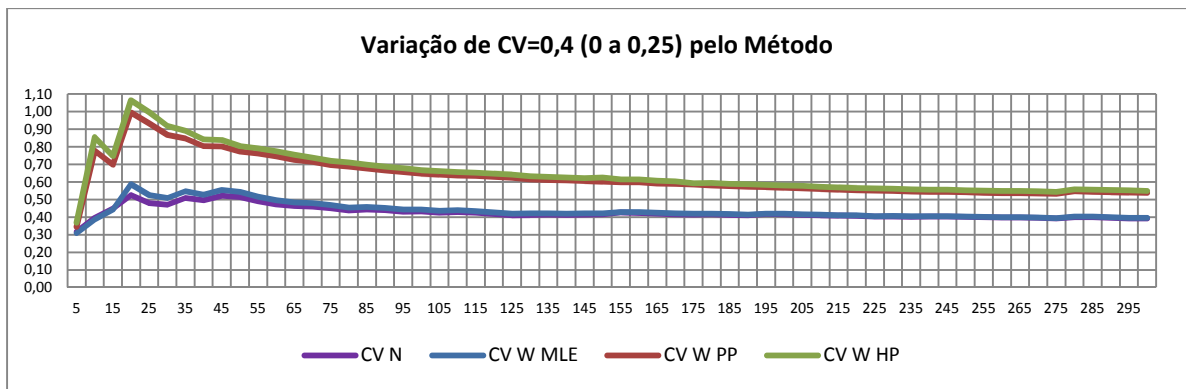


Figura 4.8: Comportamento do Coeficiente de Variação para Distribuição Normal e de Weibull para a Faixa Numérica de 0 a 0,25

4.6 Valores e Comportamento dos Parâmetros de Weibull.

Verifica-se, a partir dos gráficos anteriores, que os valores dos parâmetros de Weibull (β e θ) calculados pelos três métodos matemáticos, de um modo geral, tendem a um valor determinado em função do crescimento do número de amostras (N).

O software Weibull Análisis somente fornece os valores dos parâmetros com precisão de três casas decimais (milésimo) para Beta e quatro casas decimais (décimo de milésimo) para Teta. Assim, este nível de precisão de algarismos significativos não ajudaria na identificação do valor de tendência. Deste modo, buscou-se a aproximação dos valores decimais acima de 5 (inclusive) para valores superiores e, valores abaixo de 5, foram reduzidos a menor valor. Como resultado, somente foram adotados números inteiros para análise, o que bastante facilitou a identificação do valor que mais vezes aparece calculado para os parâmetros de Weibull. Os resultados já foram apresentados nos gráficos 4.33 a 4.64. Contudo o comportamento é apresentado nas Figuras 4.9 a 4.24.

4.7 Aplicação da Fórmula de Cochran n_f ou n_0 para os Números Aleatórios utilizando-se o Modelo Normal (Média e Desvio Padrão) e o Modelo de Weibull (Média e Desvio Padrão de Weibull)

Cochran (1977) estabelece que o resultado obtido com n_0 deverá ser inferior ao valor de 5% do número de amostras N (Lote Original). Se isto ocorrer, a primeira aproximação deverá ser mantida, ou seja, vale n_0 . Caso o valor obtido seja maior do que 5% do Lote Original é aconselhada a aplicação da fórmula de correção ou refinamento, gerando um novo número de lote final (n_f). A aplicação deste método

foi realizada para os 60 lotes, nas quatro faixas de dispersão estudadas e nos Métodos Normal e os de Weibull em função do erro relativo. Deste modo, preparando os números de lotes originais para a aplicação dos critérios adotados para a determinação de dois valores muito importantes. Os resultados quando da utilização da correção nf ou manutenção de n_0 estão apresentados nas Tabelas 4.81 a 4.84.

Tabela 4.81: Utilização da correção nf ou manutenção de n_0 para a Faixa Numérica de 0 a 0,1

Faixa Numérica	CV	Método	Erro Relativo (r)	$n_0 > 0.05 \times N$ (correção necessária por nf). Ponto de Origem $N=5$
0 a 1	0,1	Normal	0,05	Correção até 280
			0,06	Correção até 205
			0,07	Correção até 265
			0,08	Correção até 125
			0,09	Correção até 80
			0,10	Correção até 75
		Weibull MLE	0.06	Correção até 255
			0.07	Correção até 195
			0.08	Correção até 160
			0.09	Correção até 125
			0.10	Correção até 95
		Weibull PP	0.05	Correção até 275
			0.06	Correção até 200
			0.07	Correção até 160
			0.08	Correção até 125
			0.09	Correção até 95
			0.10	Correção até 80
		Weibull HP	0.05	Correção até 280
			0.06	Correção até 200
			0.07	Correção até 165
			0.08	Correção até 125
			0.09	Correção até 90
			0.10	Correção até 75
	0,2	Normal	0,10	Correção até 295
		Weibull MLE	0.10	Total Correção por nf
		Weibull PP	0.10	Correção até 285
		Weibull HP	0.10	Correção até 285

	0.3	Normal	Total Correção por nf
		Weibull MLE	Total Correção por nf
		Weibull PP	Total Correção por nf
		Weibull HP	Total Correção por nf
	0.4	Normal	Total Correção por nf
		Weibull MLE	Total Correção por nf
		Weibull PP	Total Correção por nf
		Weibull HP	Total Correção por nf

Tabela 4.82: Utilização da correção nf ou manutenção de n_0 para a Faixa Numérica de 0 a 0,75

Faixa Numérica	CV	Método	Erro Relativo (r)	$n_0 > 0.05 \times N$ (correção necessária por nf). Ponto de Origem $N=5$
0 a 0,75	0.1	Normal	0.07	Correção até 230
			0.08	Correção até 190
			0.09	Correção até 155
			0.10	Correção até 130
		Weibull MLE	0.06	Correção até 245
			0.07	Correção até 200
			0.08	Correção até 160
			0.09	Correção até 125
			0.10	Correção até 105
		Weibull PP	0.06	Correção até 240
			0.07	Correção até 195
			0.08	Correção até 155
			0.09	Correção até 125
			0.10	Correção até 105
		Weibull HP	0.06	Correção até 240
			0.07	Correção até 195
			0.08	Correção até 160
			0.09	Correção até 125
			0.10	Correção até 105
	0.2	Normal	Total Correção por nf	
		Weibull MLE	Total Correção por nf	
		Weibull PP	0.10	Correção até 295
		Weibull HP	0.10	Correção até 295
	0.3	Normal	Total Correção por nf	
		Weibull	Total Correção por nf	

		MLE	
		Weibull PP	Total Correção por n_f
		Weibull HP	Total Correção por n_f
	0.4	Normal	Total Correção por n_f
		Weibull MLE	Total Correção por n_f
		Weibull PP	Total Correção por n_f
		Weibull HP	Total Correção por n_f

Tabela 4.83: Utilização da correção n_f ou manutenção de n_0 para a Faixa Numérica de 0 a 0,5

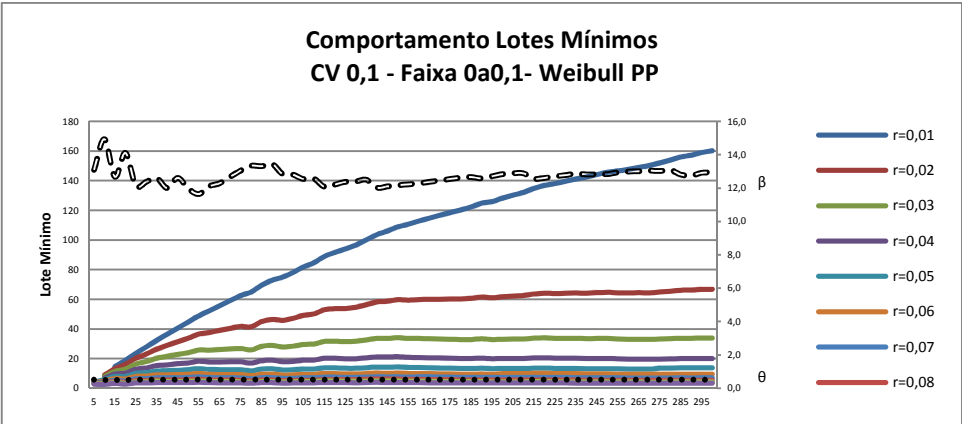
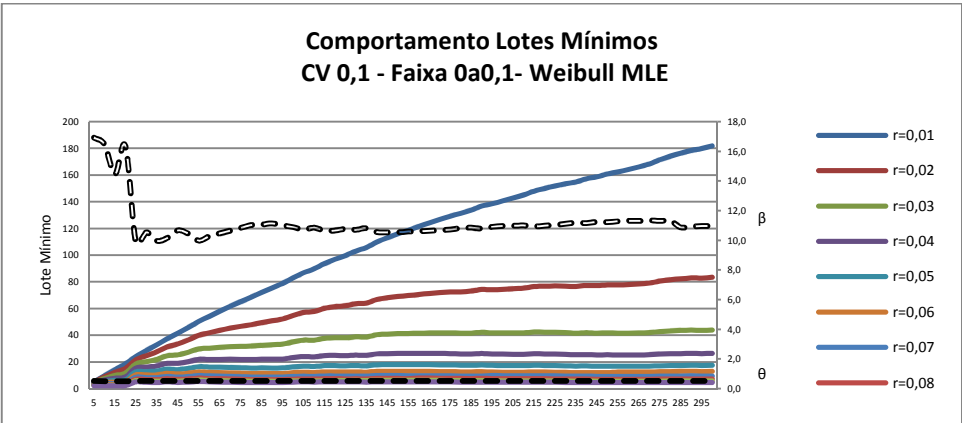
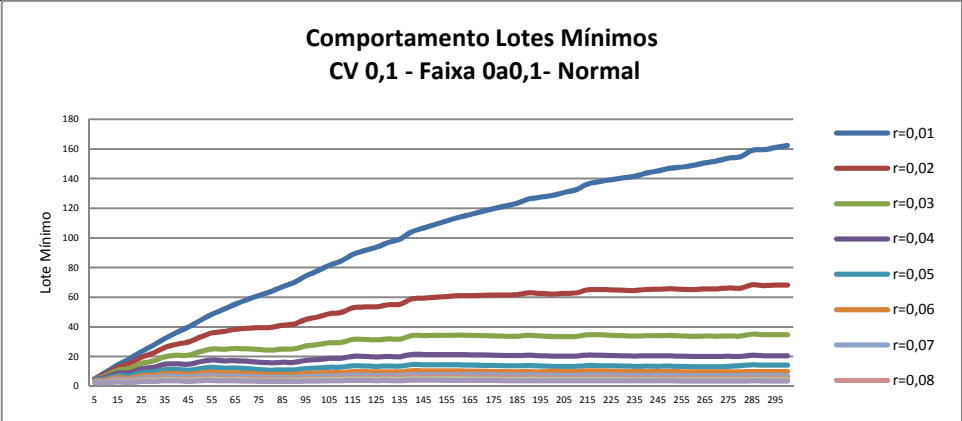
Faixa Numérica	CV	Método	Erro Relativo (r)	$n_0 > 0.05 \times N$ (correção necessária por n_f). Ponto de Origem $N=5$
0 a 0,5	0.1	Normal	0.06	Correção até 200
			0.07	Correção até 135
			0.08	Correção até 110
			0.09	Correção até 90
			0.10	Correção até 75
		Weibull MLE	0.06	Correção até 265
			0.07	Correção até 190
			0.08	Correção até 155
			0.09	Correção até 135
			0.10	Correção até 90
		Weibull PP	0.06	Correção até 205
			0.07	Correção até 160
			0.08	Correção até 130
			0.09	Correção até 85
			0.10	Correção até 75
		Weibull HP	0.06	Correção até 205
			0.07	Correção até 160
			0.08	Correção até 130
			0.09	Correção até 90
			0.10	Correção até 80
	0.2	Normal	Total Correção por n_f	
		Weibull MLE	Total Correção por n_f	
		Weibull PP	0.10	Correção até 280
		Weibull HP	0.10	Correção até 285
	0.3	Normal	Total Correção por n_f	
		Weibull MLE	Total Correção por n_f	
		Weibull PP	Total Correção por n_f	

	0.4	Weibull HP	Total Correção por n_f
		Normal	Total Correção por n_f
		Weibull MLE	Total Correção por n_f
		Weibull PP	Total Correção por n_f
		Weibull HP	Total Correção por n_f

Tabela 4.84: Utilização da correção n_f ou manutenção de n_0 para a Faixa Numérica de 0 a 0,25

Faixa Numérica	CV	Método	Erro Relativo (r)	$n_0 > 0.05 \times N$ (correção necessária por n_f). Ponto de Origem $N=5$
0 a 0,25	0.1	Normal	0.06	Correção até até 225
			0.07	Correção até até 165
			0.08	Correção até até 140
			0.09	Correção até até 110
			0.10	Correção até até 90
		Weibull MLE	0.06	Correção até até 285
			0.07	Correção até até 215
			0.08	Correção até até 165
			0.09	Correção até até 145
			0.10	Correção até até 125
		Weibull PP	0.05	Correção até até 285
			0.06	Correção até até 230
			0.07	Correção até até 165
			0.08	Correção até até 135
			0.09	Correção até até 115
			0.10	Correção até até 95
		Weibull HP	0.06	Correção até até 215
			0.07	Correção até até 165
			0.08	Correção até até 135
			0.09	Correção até até 115
			0.10	Correção até até 95
	0.2	Normal	Total Correção por n_f	
		Weibull MLE	Total Correção por n_f	
		Weibull PP	Total Correção por n_f	
		Weibull HP	Total Correção por n_f	
	0.3	Normal	Total Correção por n_f	

		Weibull MLE	Total Correção por nf
		Weibull PP	Total Correção por nf
		Weibull HP	Total Correção por nf
	0.4	Normal	Total Correção por nf
		Weibull MLE	Total Correção por nf
		Weibull PP	Total Correção por nf
		Weibull HP	Total Correção por nf



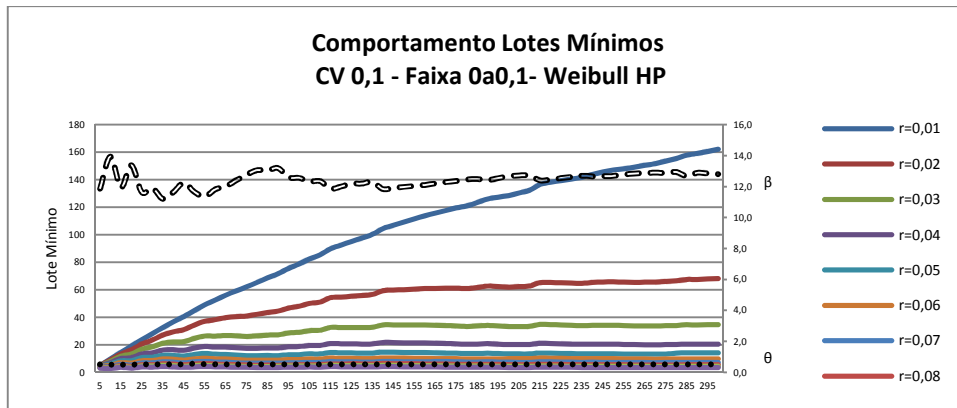
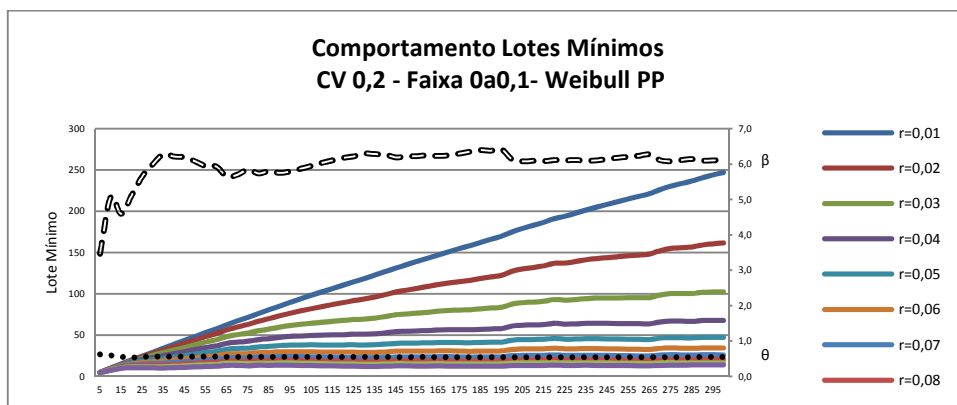
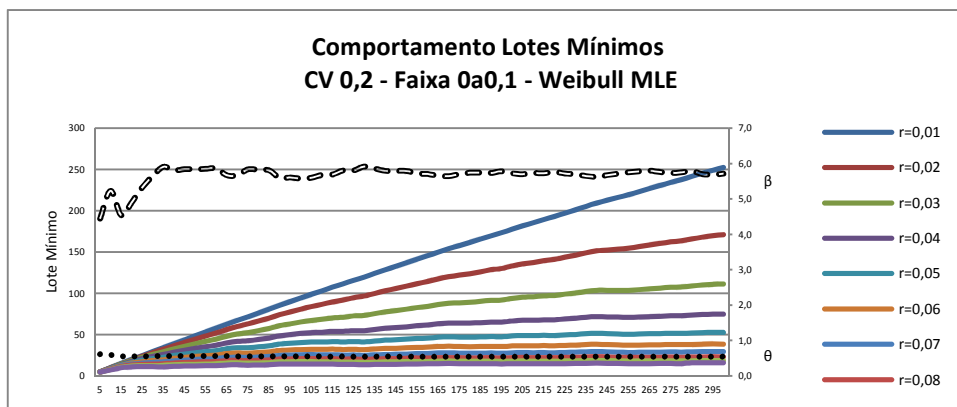
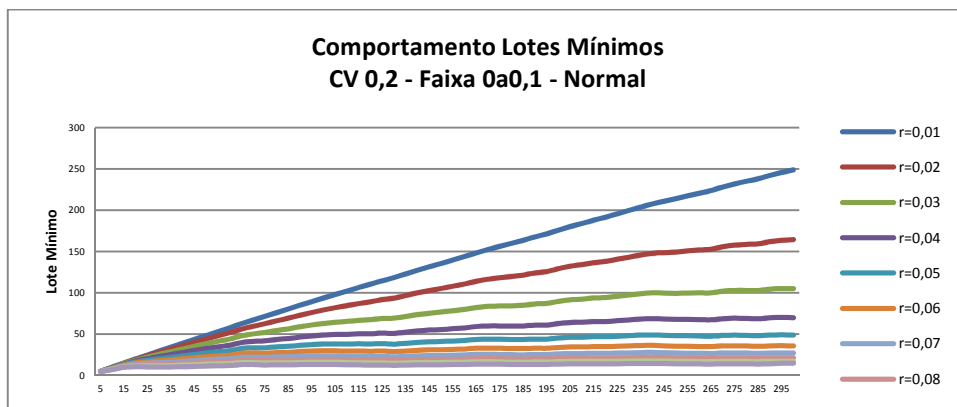


Figura 4.9: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,1$



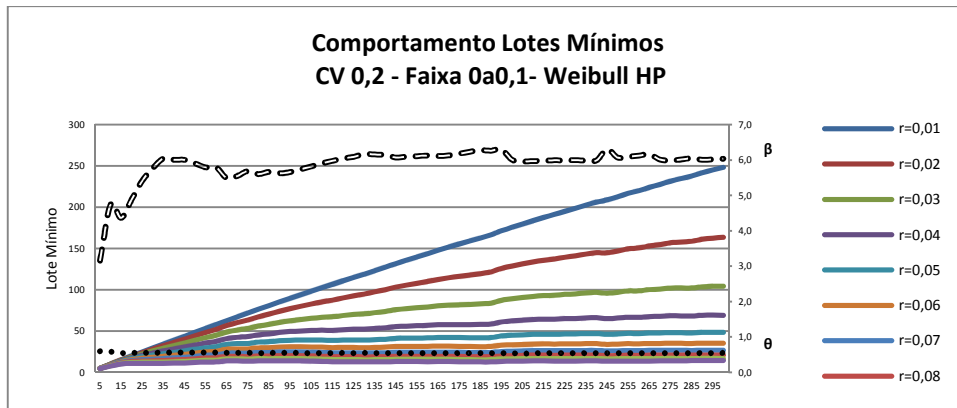
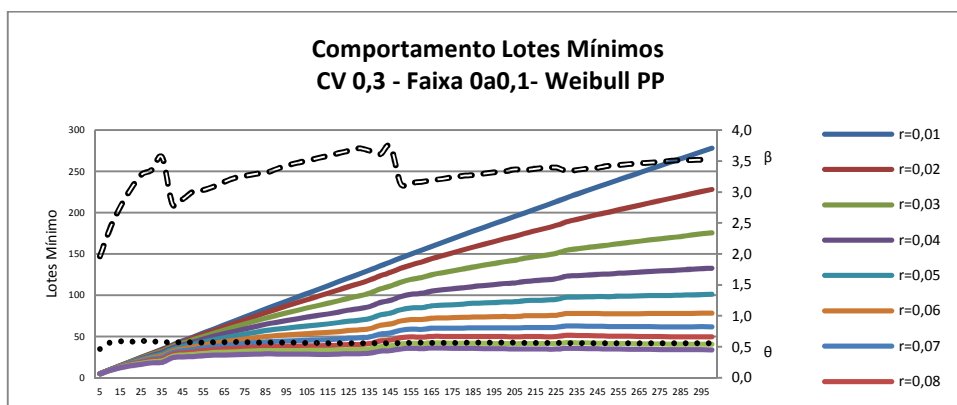
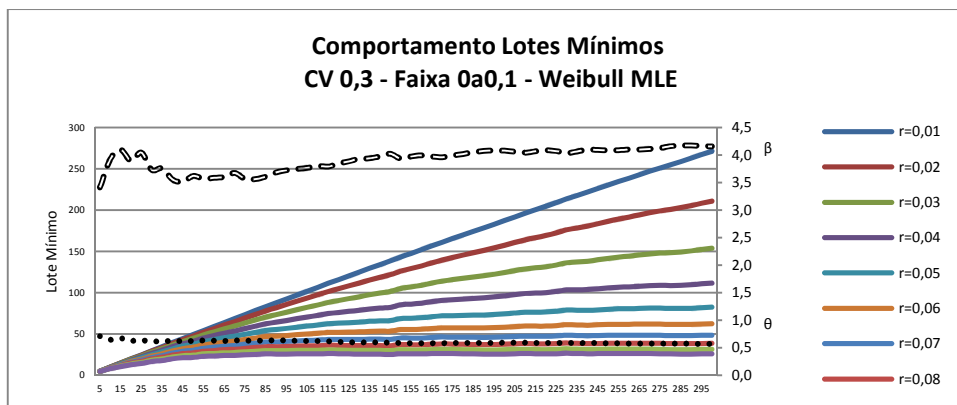
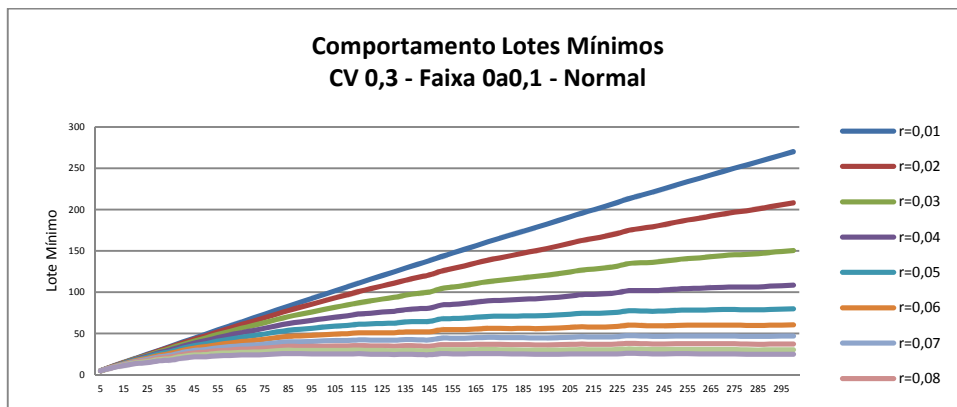


Figura 4.10: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,2$



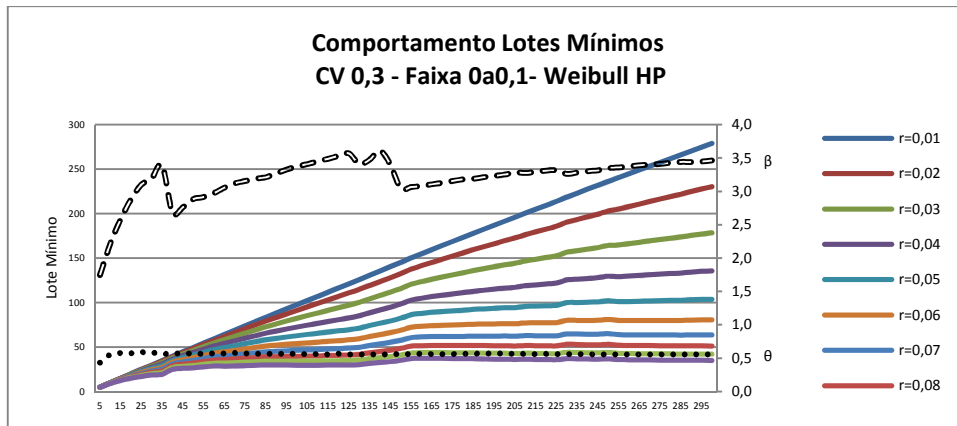
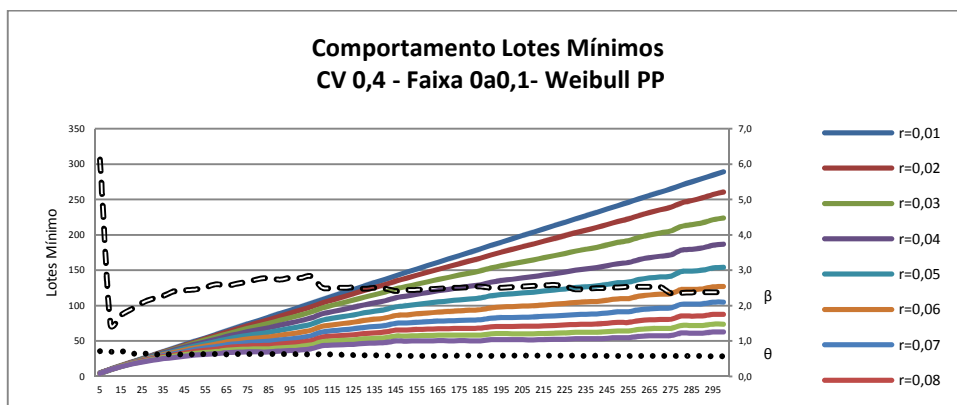
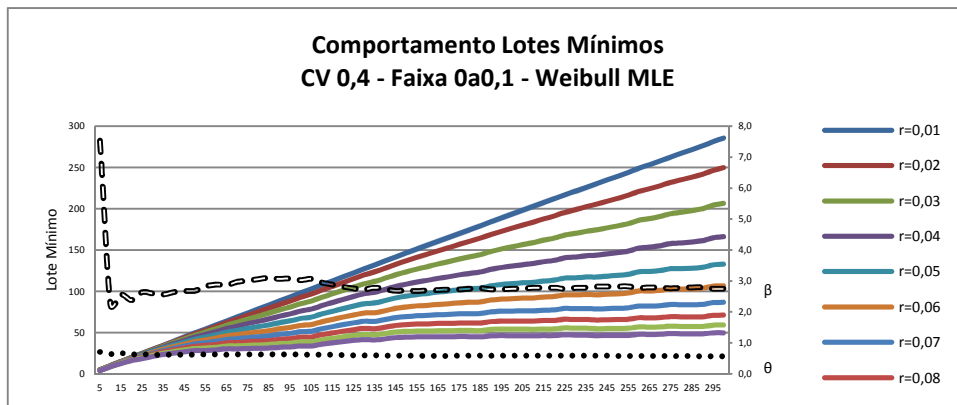
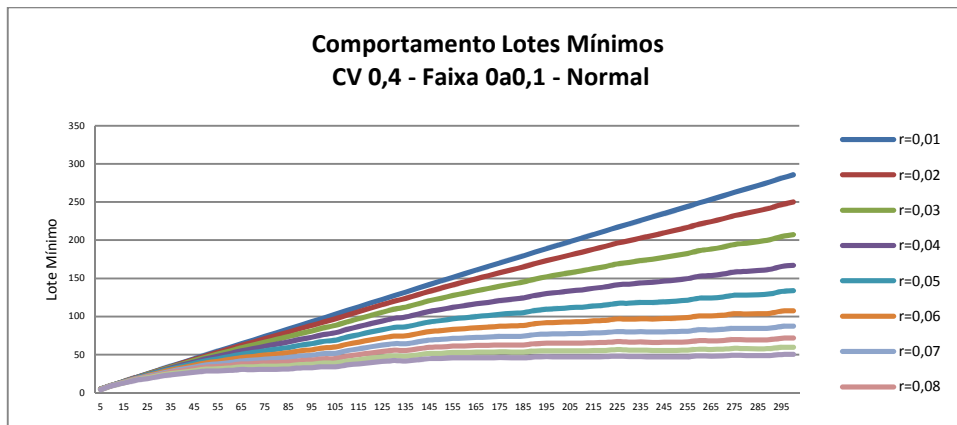


Figura 4.11: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,3$



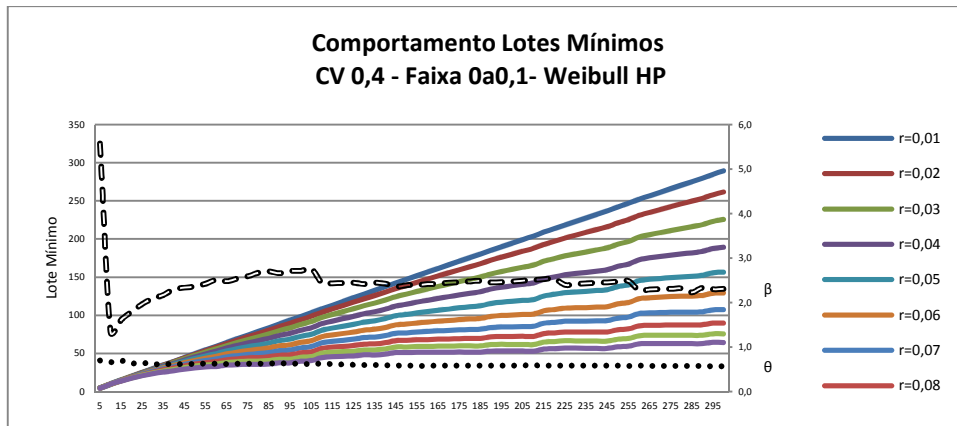
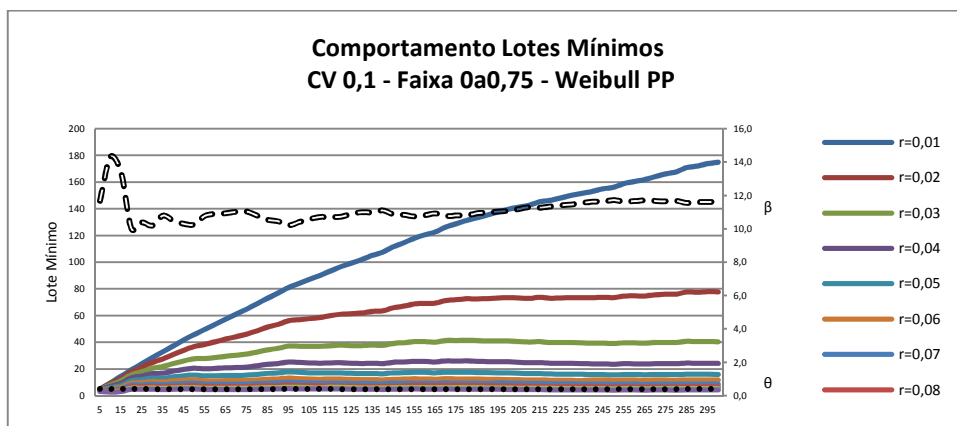
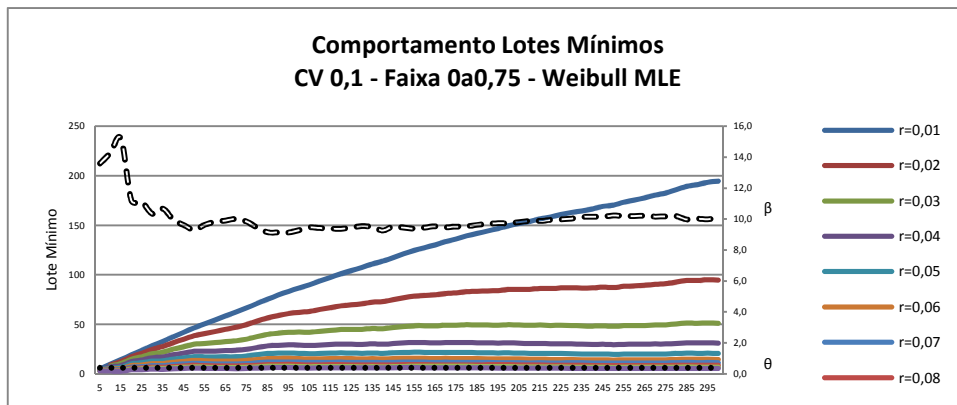
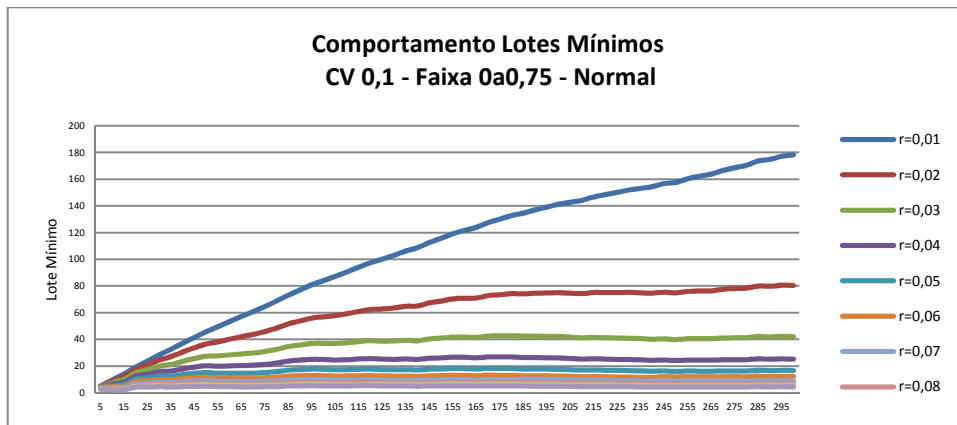


Figura 4.12: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,1 e $CV = 0,4$



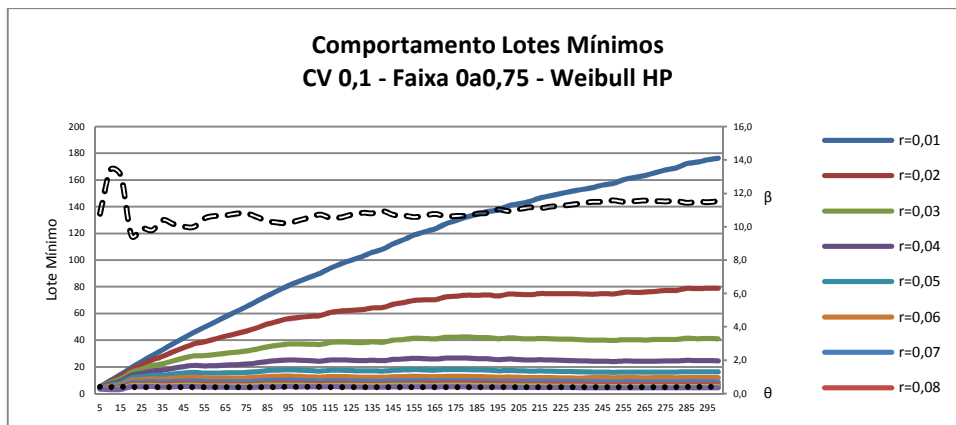
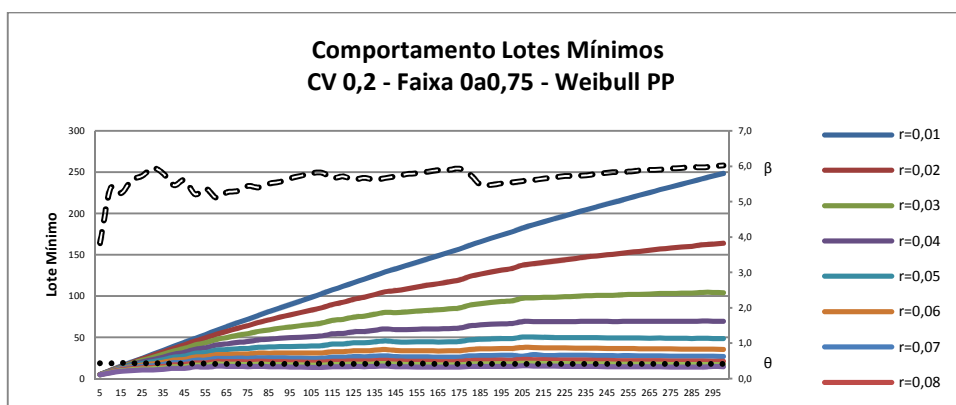
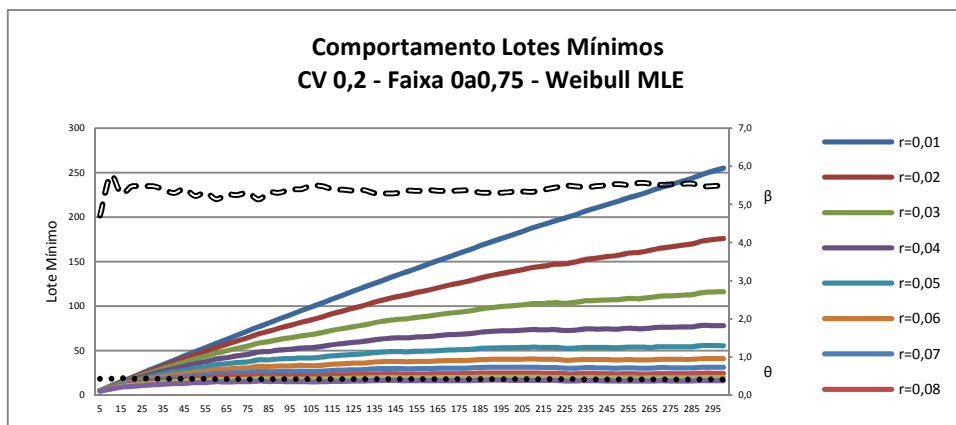
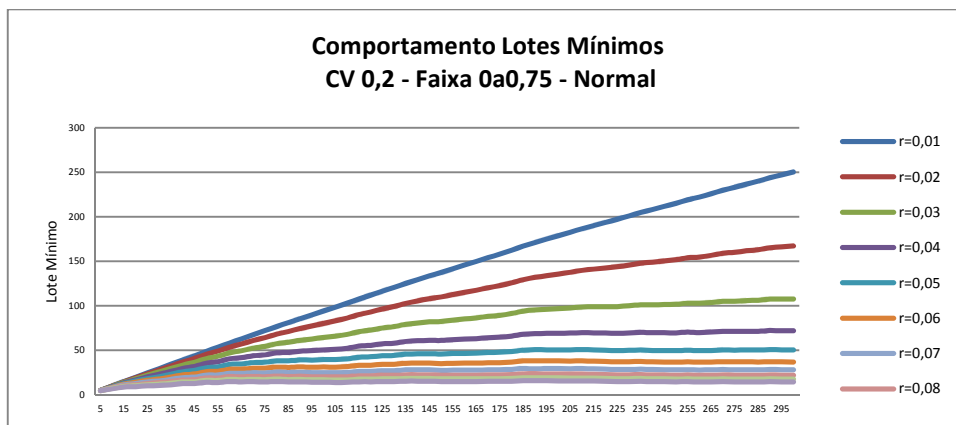


Figura 4.13: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e CV = 0,1



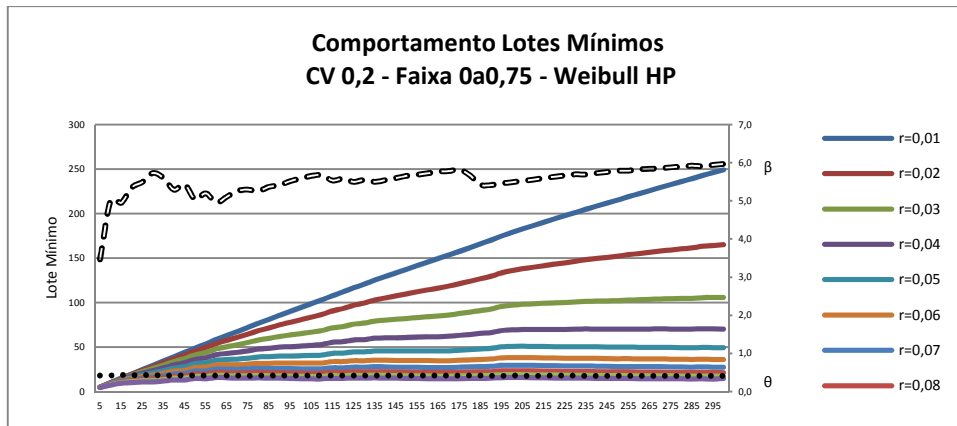
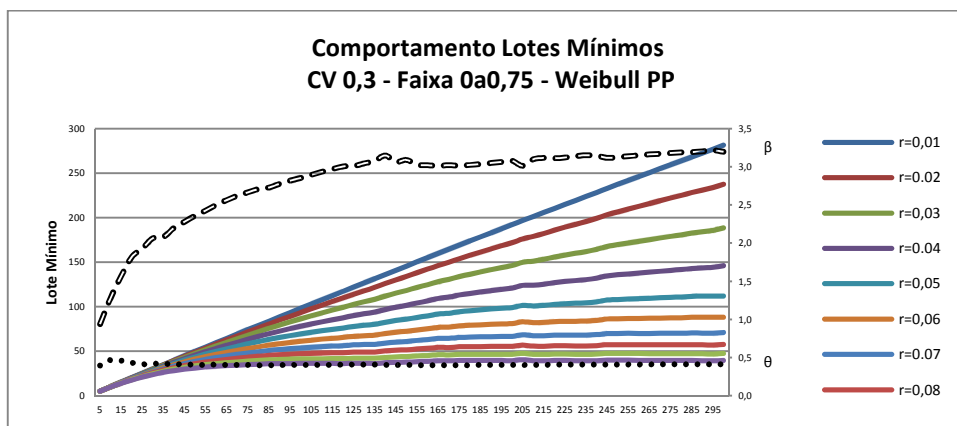
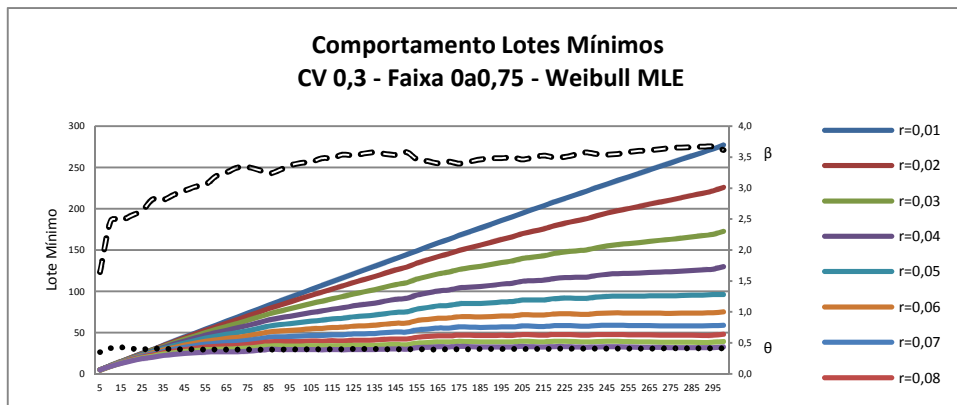
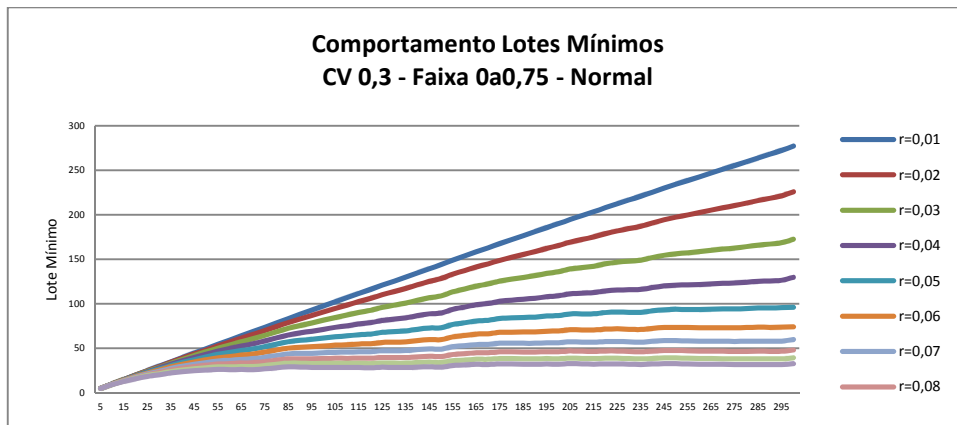


Figura 4.14: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,2$



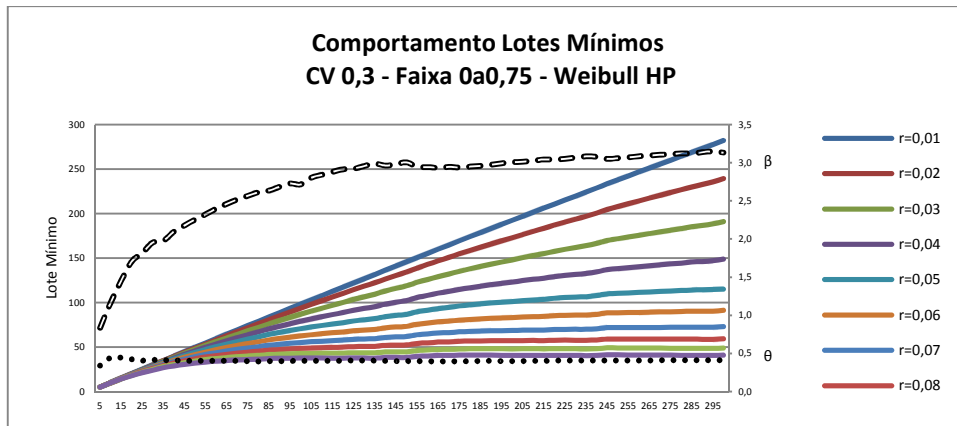
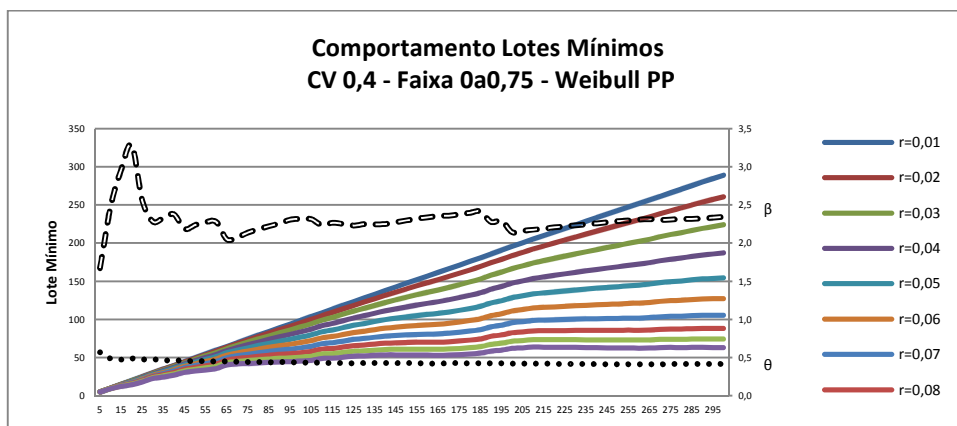
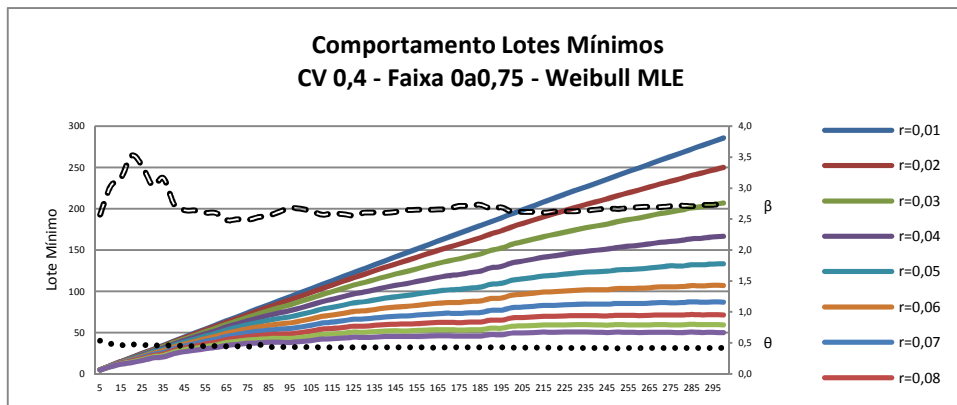
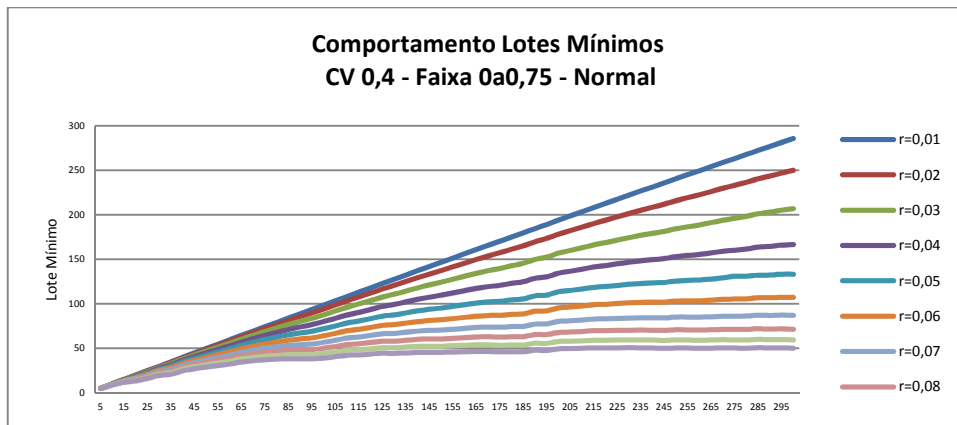


Figura 4.15: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,75 e $CV = 0,3$



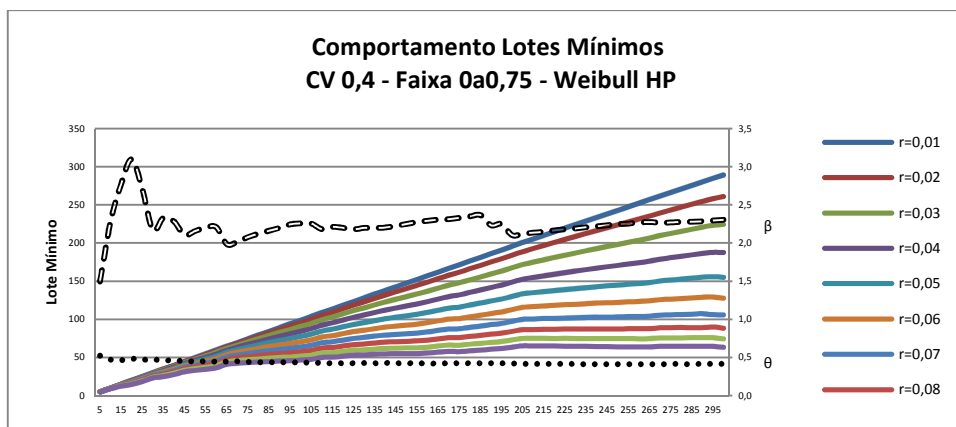
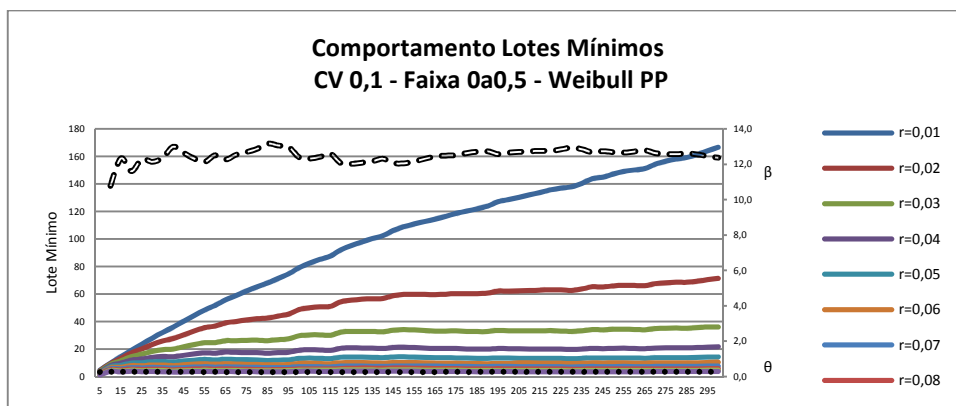
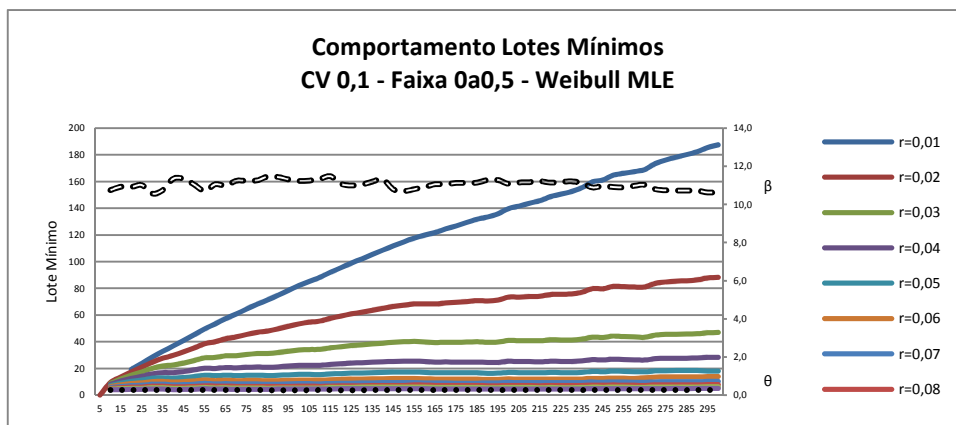
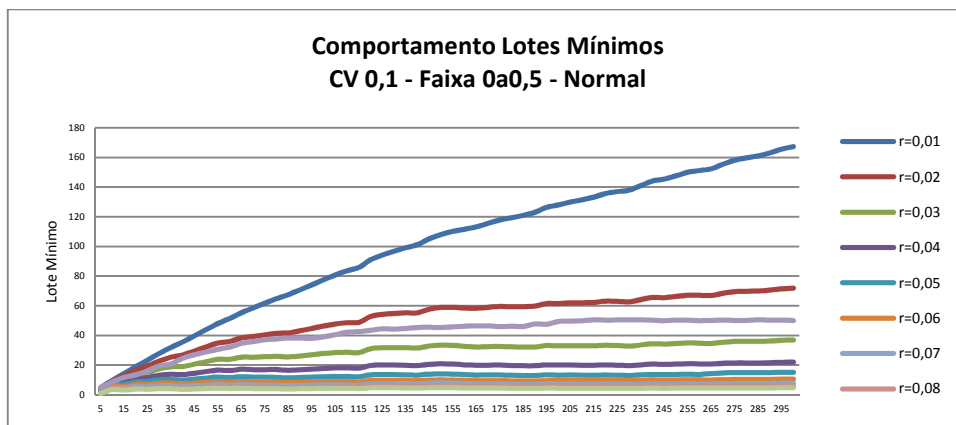


Figura 4.16: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a de 0 a 0,75 e $CV = 0,4$



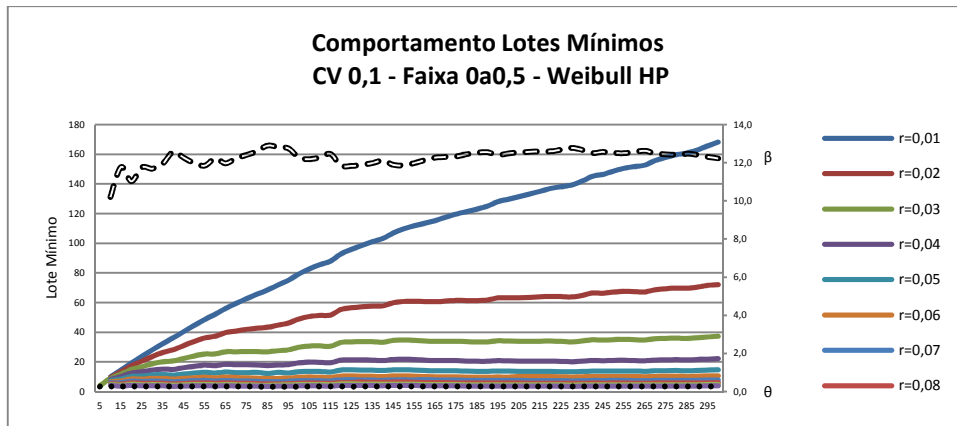
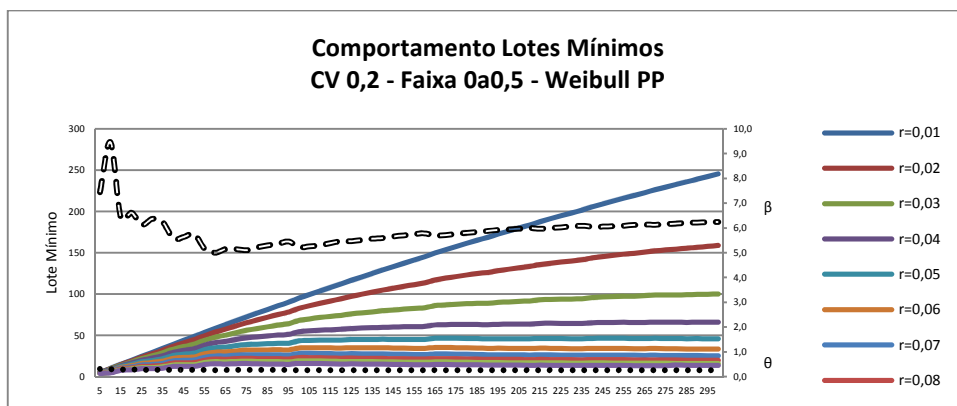
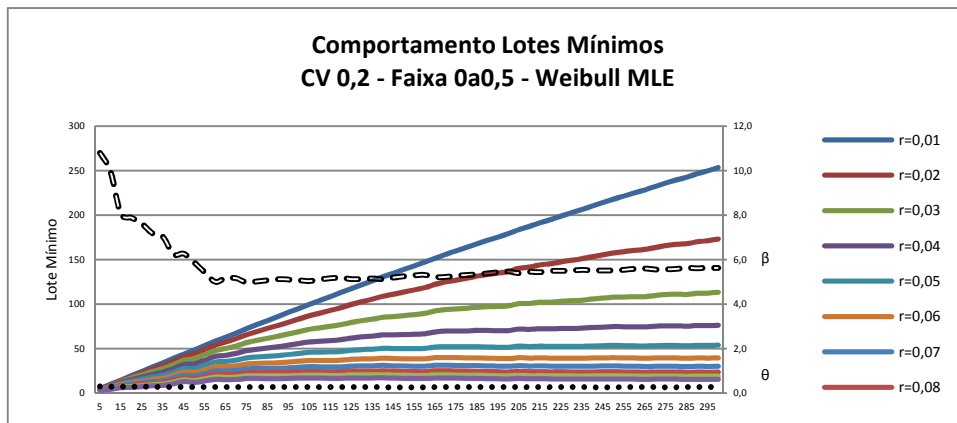
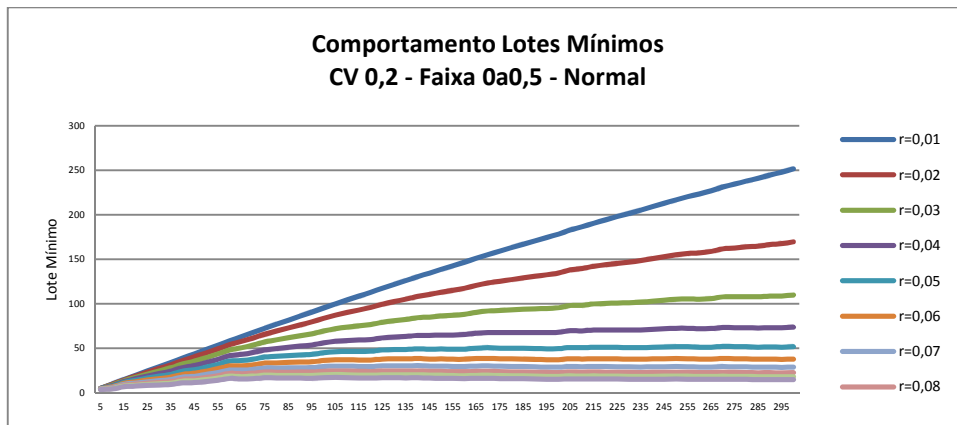


Figura 4.17: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,1$



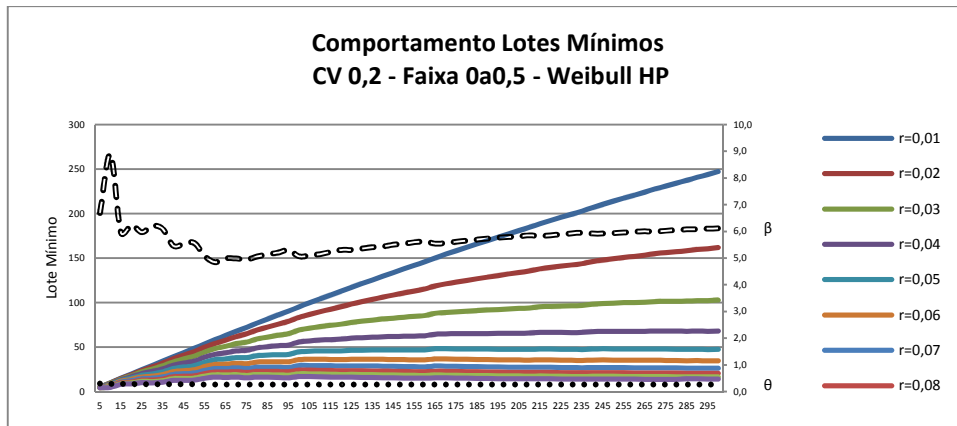
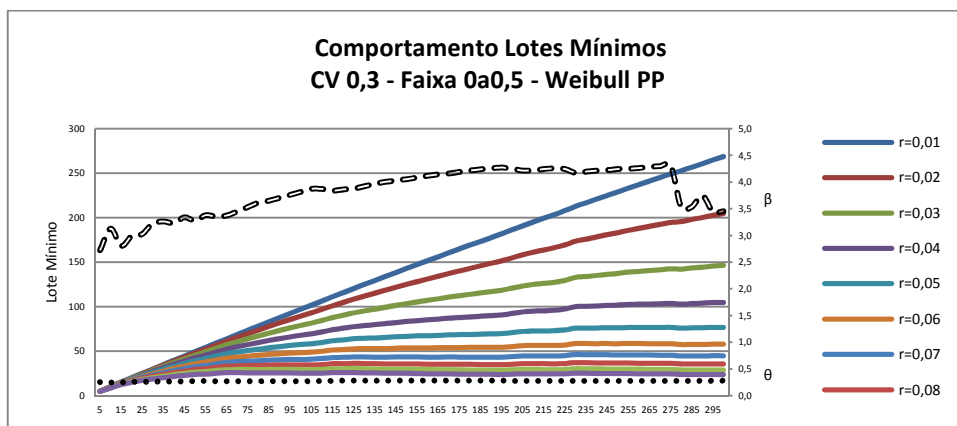
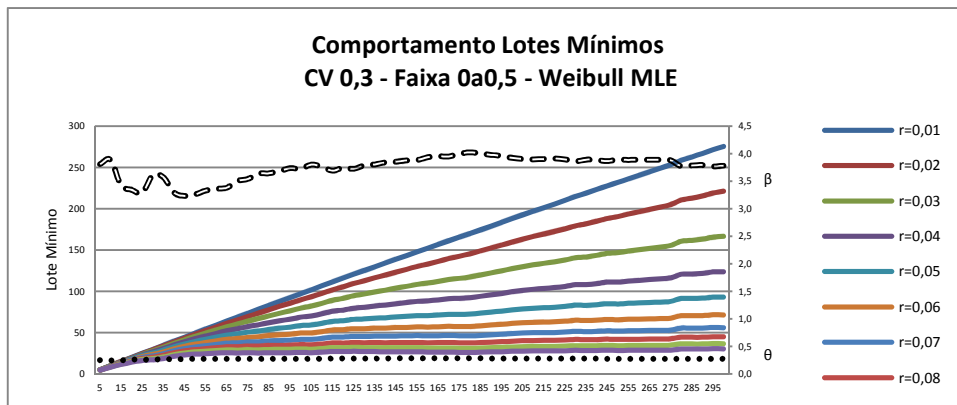
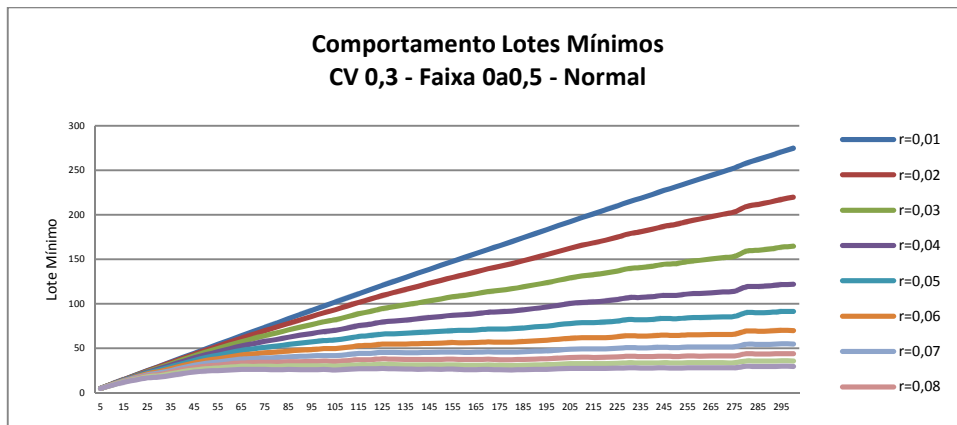


Figura 4.18: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,2$



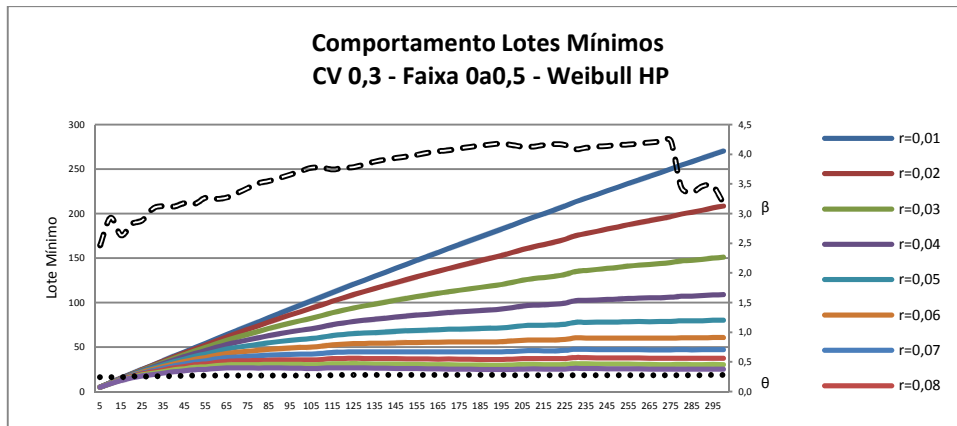
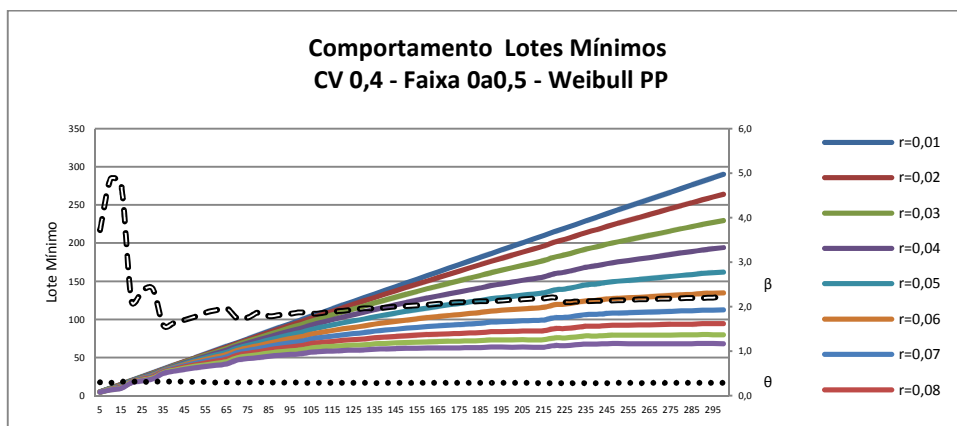
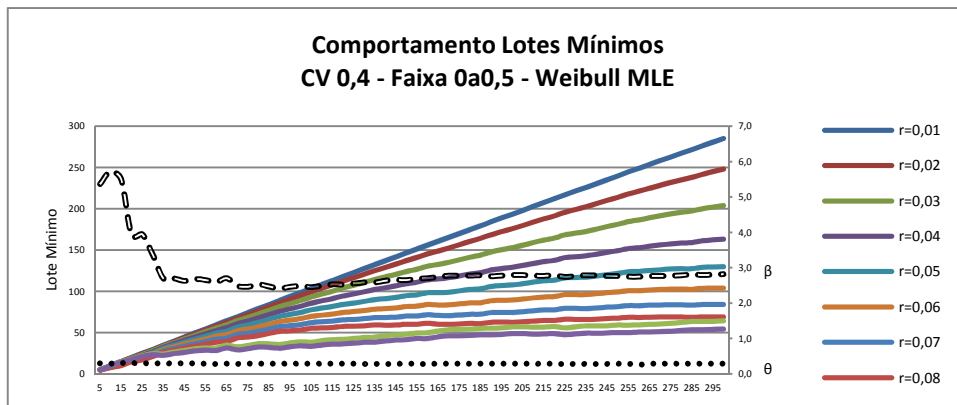
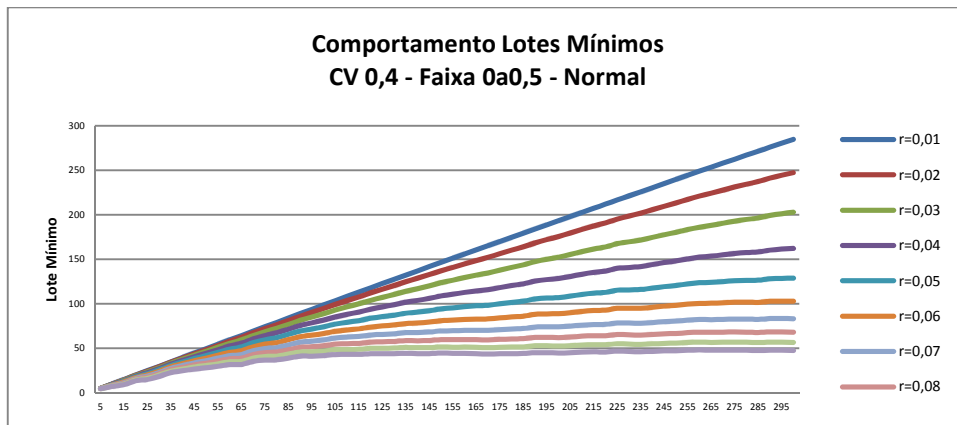


Figura 4.19: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV=0,3$



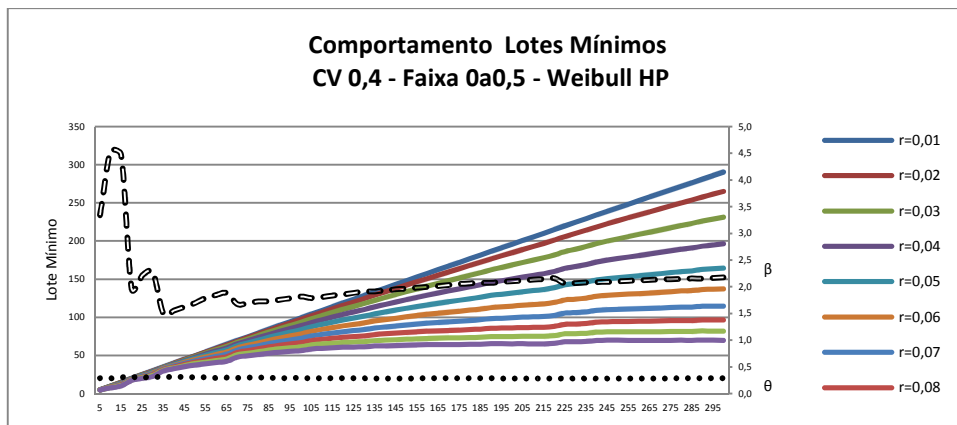
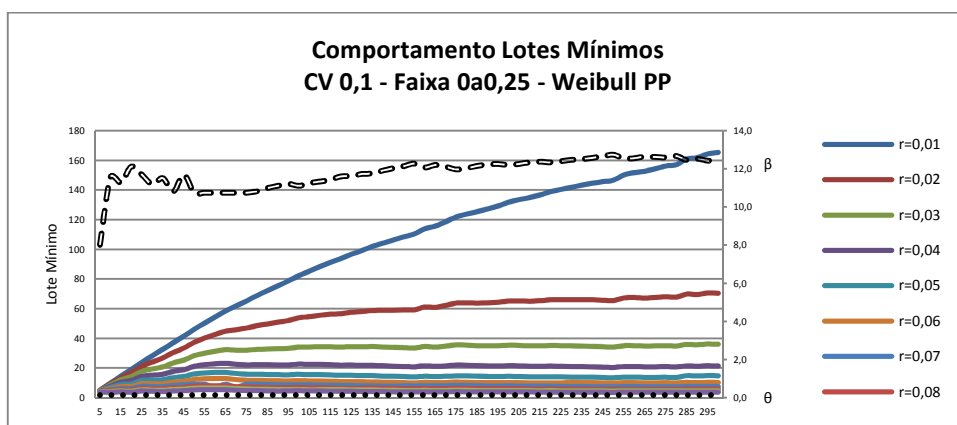
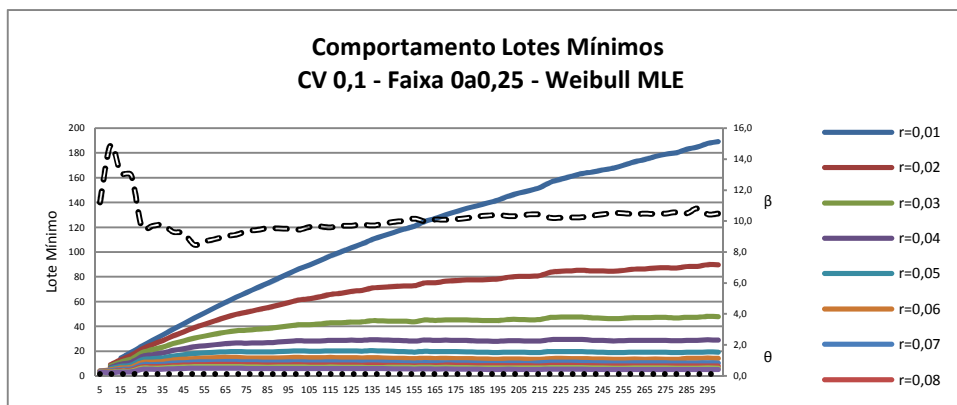
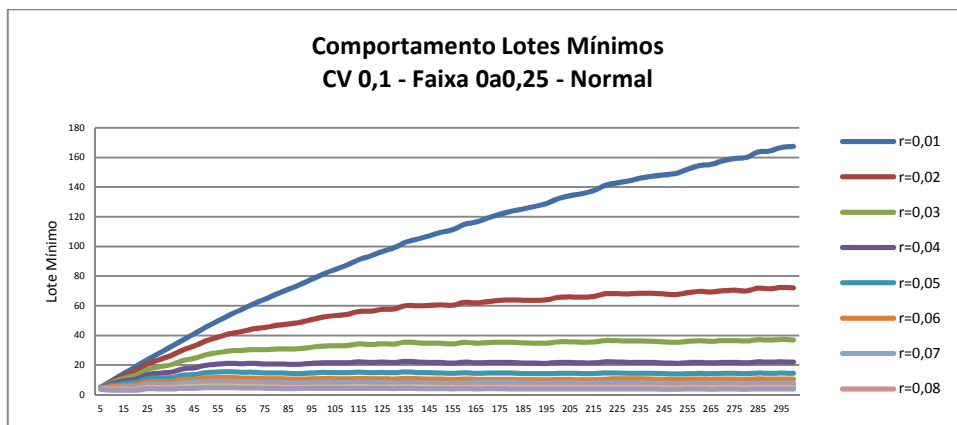


Figura 4.20: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,5 e $CV = 0,4$



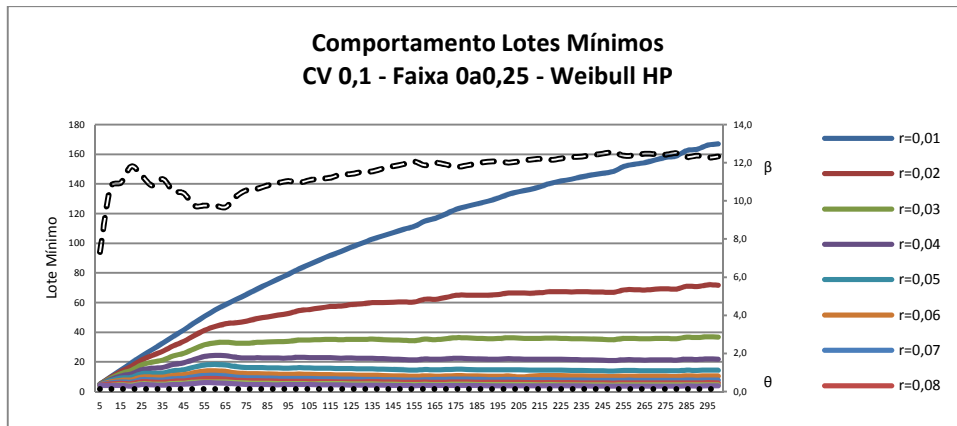
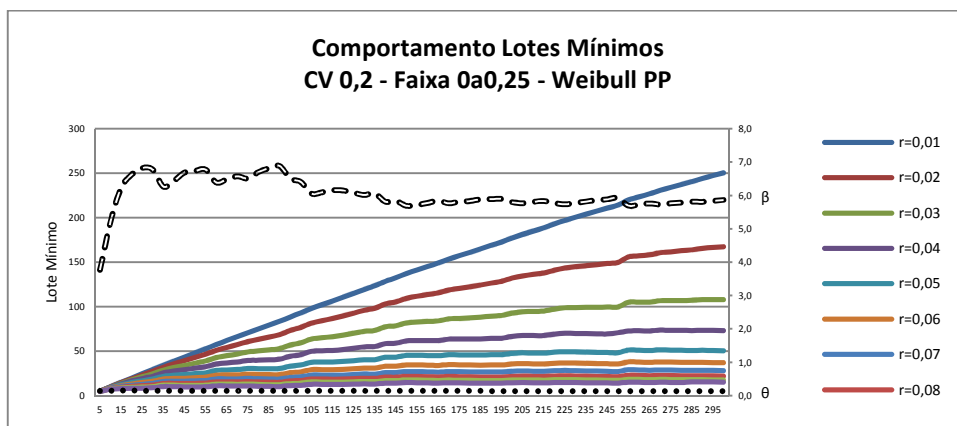
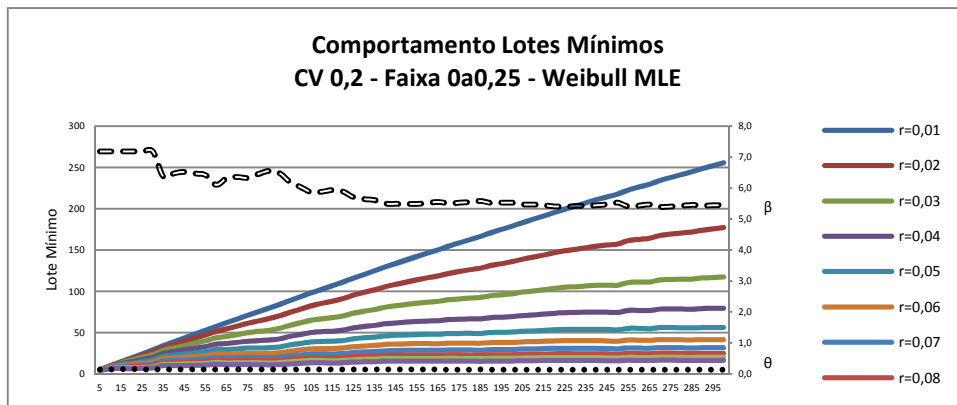
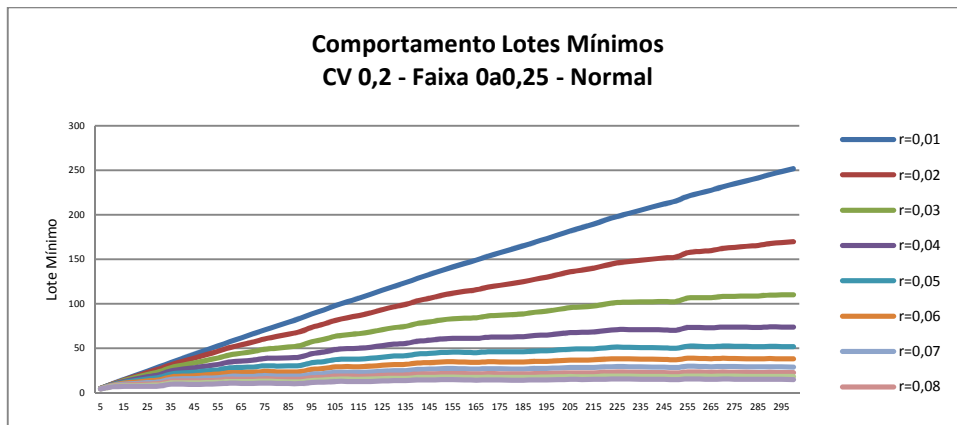


Figura 4.21: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,1



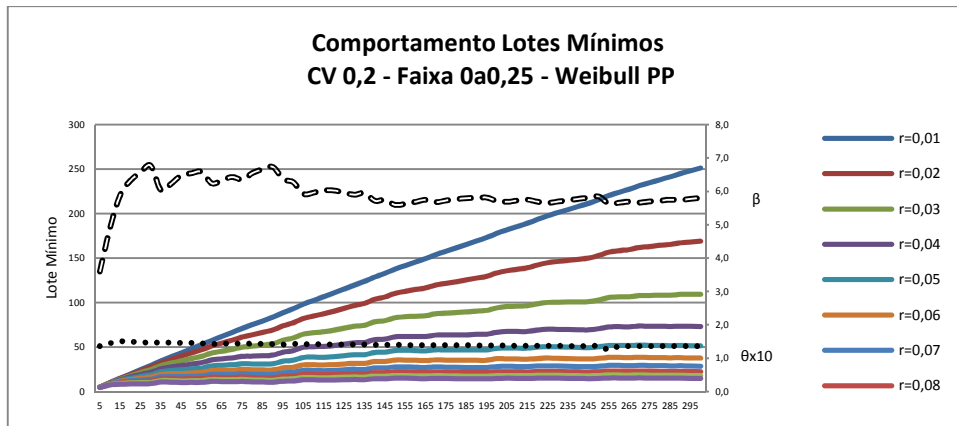
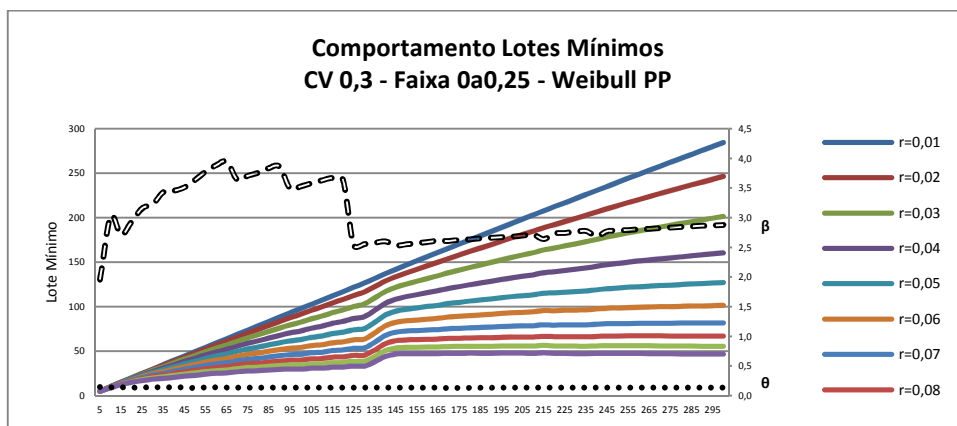
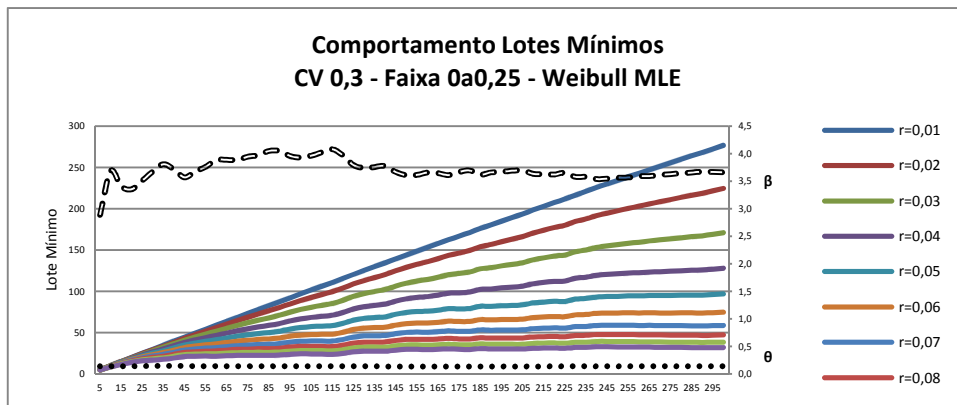
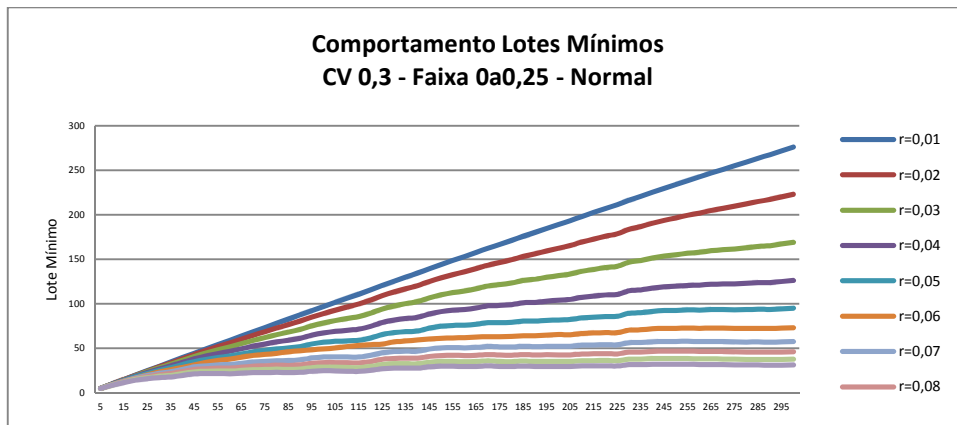


Figura 4.22: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,2



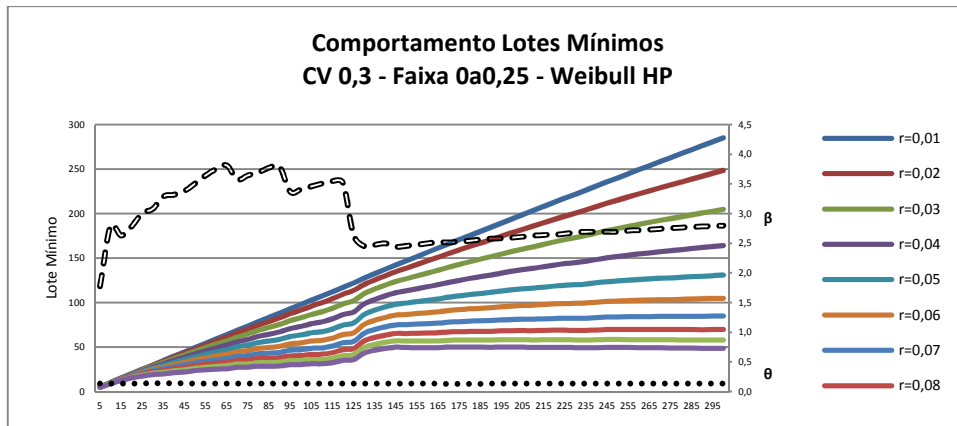
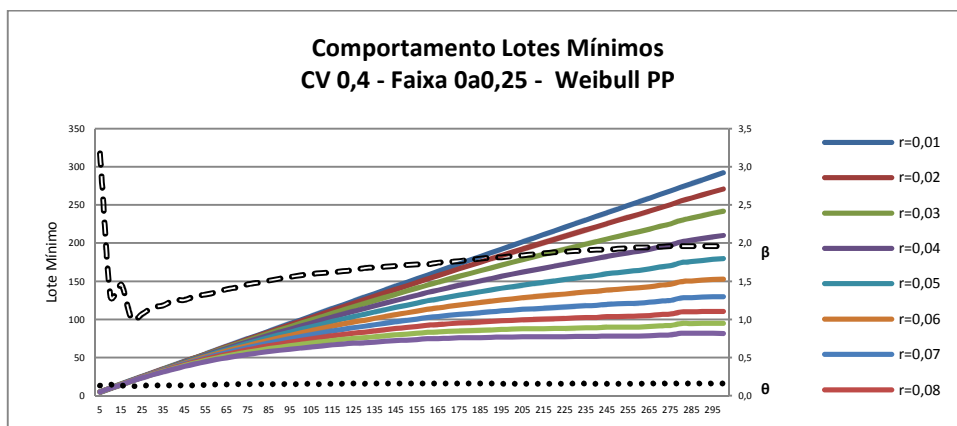
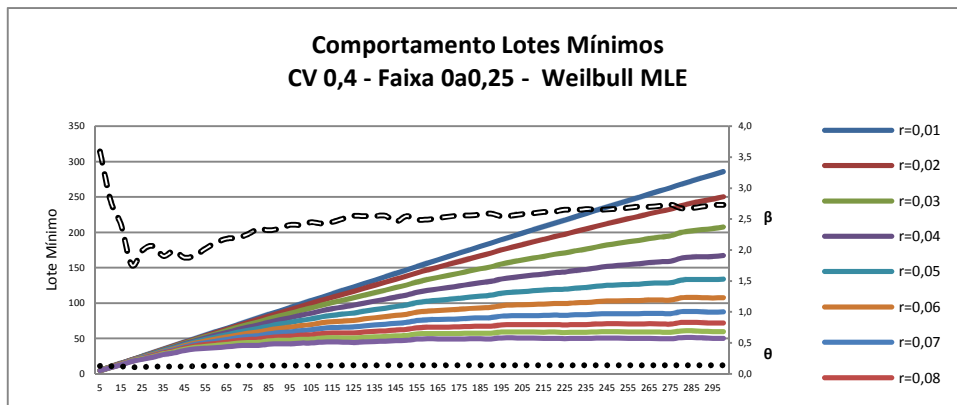
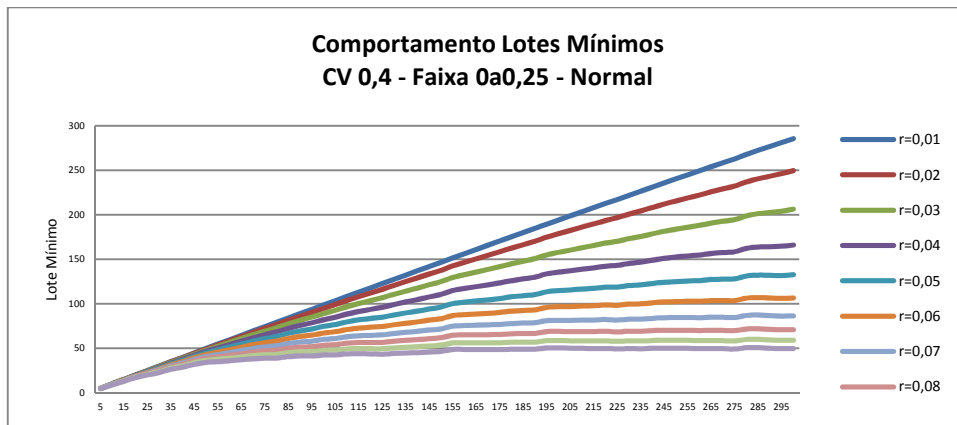


Figura 4.23: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r , para a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,3



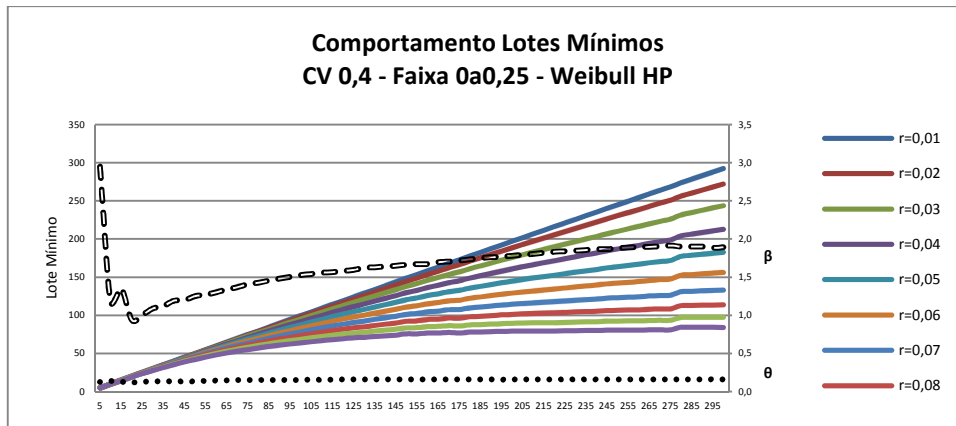


Figura 4.24: Comportamento de Lotes Mínimos para Distribuição Normal e Distribuições de Weibull, em função de r, para a Faixa de 0 a 0,25 e CV = 0,4

4.8 Premissas para Determinação de Lote Mínimo e N_{máx}

Para a definição do valor adotado como padrão para a análise, nove premissas foram adotadas, que são apontadas a seguir:

- 1) Primeira premissa: refere-se ao sentido de adotado para a determinação dos valores de Lote Mínimo nas distribuições encontradas. Assim, o sentido adotado foi do Maior Lote para os Menores, ou seja, o ponto de raiz foi N=300 seguindo-se em diante.
- 2) Segunda premissa: a média aritmética simples seria o parâmetro de referência para a determinação do Lote Mínimo. Em notação matemática:

$$\text{Lote Mínimo } (\bar{x}) = \frac{N_1 + \dots + N_n}{n} \quad (4.1)$$

- 3) Terceira premissa: o intervalo de números aceitos para cálculo de média seria de, no mínimo, composto por 06 números, ou seja, em relação à Fórmula (4.1): $n \geq 6$.
- 4) Quarta premissa: para a determinação da amplitude em relação à média aritmética calculada, foram considerados valores no intervalo de +1 ou -1 em relação à média da premissa 2. Em notação matemática: $[(1 + \bar{x}); (\bar{x} - 1)]$.
- 5) Quinta premissa: apenas um valor não enquadrado no quarto critério pode ser aceito para a composição da média.
- 6) Sexta premissa: a aplicação das mesmas premissas anteriores para a determinação dos valores de Beta (β - Parâmetro de Forma) e Teta (θ - Parâmetro de Escala).

- 7) Sétima premissa: o método de arredondamento dos valores fracionários obtidos, até decimal 5 (inclusive) não será considerado, ou seja, “arredonda-se para baixo” e para o caso de decimal acima de 5 (exclusive) considera-se o número inteiro seguinte, ou seja, “arredonda-se para cima”.
- 8) Oitava premissa: para a verificação de que o valor obtido por nf (Fórmula 2.46) ou n_0 (Fórmula 2.45), foi necessária a exclusão de valores obtidos pela correção nf ou manutenção de n_0 de que se igualavam ao Lote Original N , pois, significa que o modelo da Tese não agrega nenhuma diferença à fórmula de Cochran. Resultados estão apresentados como Anexo I.
- 9) Nona premissa: para a aplicação do sexto critério, quando os valores do parâmetro de forma foram determinados para os lotes, alguns valores de n (N) ficaram de fora dos valores calculados. Assim, não poderiam ser considerados para o Lote Mínimo.
- 10) Décima premissa: O valor do erro relativo na fórmula 2.46 variou entre 1 a 10%.

Com base nas premissas acima estabelecidas para as quatro faixas de dispersão e de Coeficiente de Variação, iniciou-se o trabalho de determinação de Lotes Mínimos em função do Erro Relativo (r), conforme tabelas 4.85 a 4.

Tabela 4.85: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,1 e Faixa Numérica de 0 a 1 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 1 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal $LM \leq \text{Cochran } N - 1$		Weibull MLE $\beta = 11$ ($N_{\text{máx}} \geq 25$) $\theta = 0,5$ ($N_{\text{máx}} \geq 5$) $LM \leq n - 1$		Weibull PP $\beta = 13$ ($N_{\text{máx}} \geq 15$) $\theta = 0,5$ ($N_{\text{máx}} \geq 5$) $LM \leq n - 1$		Weibull HP $\beta = 13$ ($N_{\text{máx}} \geq 15$) $\theta = 0,5$ ($N_{\text{máx}} \geq 5$) $LM \leq n - 1$	
	$N_{\text{máx}}$	LM	$N_{\text{máx}}$	LM	$N_{\text{máx}}$	LM	$N_{\text{máx}}$	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	250	67	275	82	275	66	265	67
0.03	140	34	145	42	130	33	115	34
0.04	115	21	115	26	105	20	110	21
0.05	105	14	55	17	100	14	95	14
0.06	95	10	40	12	35	10	25	10
0.07	25	7	25	9	25	7	15	7
0.08	25	6	25	7	15	6	15	6

0.09	15	4	25	6	5	4	15	5
0.10	15	4	25	5	5	4	5	4

Tabela 4.86: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,2 e Faixa Numérica de 0 a 1 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 1 CV=0,2								
Acurácia	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 6 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 6 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,5 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 6 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,5 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	275	101	275	103
0.04	230	68	275	74	270	67	255	68
0.05	215	48	225	51	270	47	210	47
0.06	200	35	205	38	200	34	205	35
0.07	200	27	150	28	200	26	195	26
0.08	160	21	140	22	145	20	195	21
0.09	145	17	90	18	65	16	195	17
0.10	140	14	90	15	55	13	50	13

Tabela 4.87: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,3 e Faixa Numérica de 0 a 1 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 1 CV=0,3								
Acurácia	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 4 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 3 (Nmáx ≥ 15) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 10) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 3 (Nmáx ≥ 15) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 10) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	270	107	270	110	NA	NA	NA	NA
0.05	230	78	250	81	255	100	270	103

0.06	225	60	225	62	230	78	230	80
0.07	210	47	205	48	200	62	210	64
0.08	150	37	150	38	155	50	155	52
0.09	80	30	85	31	150	42	155	43
0.10	65	25	75	26	150	35	150	36

Tabela 4.88: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,4 e Faixa Numérica de 0 a 1 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 1 CV=0,4								
Acurácia	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 3 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 2 (Nmáx ≥ 15) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 2 (Nmáx ≥ 20) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.07	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.08	275	70	260	69	NA	NA	NA	NA
0.09	260	58	260	58	NA	NA	NA	NA
0.10	260	49	260	49	260	61	260	63

Tabela 4.89: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,1 e Faixa Numérica de 0 a 0,75 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 10 (Nmáx ≥ 20) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 11 (Nmáx ≥ 20) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 11 (Nmáx ≥ 20) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	275	77	270	78
0.03	185	41	275	51	145	40	145	41
0.04	185	25	115	31	90	25	85	25
0.05	80	17	85	21	80	17	65	17
0.06	40	12	80	15	30	12	30	12
0.07	30	9	45	11	20	9	20	9

0.08	20	7	40	9	20	7	20	7
0.09	20	6	30	7	20	6	20	6
0.10	20	5	30	6	20	5	20	5

Tabela 4.90: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,2 e Faixa Numérica de 0 a 0,75 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,2								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 5 (Nmáx ≥ 5) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 6 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 6 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	255	103	270	105
0.04	235	71	270	77	205	69	195	70
0.05	180	50	255	55	185	49	190	50
0.06	165	37	170	40	180	36	180	37
0.07	125	28	140	31	115	27	115	28
0.08	115	22	120	24	115	22	60	22
0.09	60	18	115	20	50	17	50	18
0.10	50	15	60	16	40	14	50	15

Tabela 4.91: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,3 e Faixa Numérica de 0 a 0,75 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,3								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 3 (Nmáx ≥ 20) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 3 (Nmáx ≥ 15) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 3 (Nmáx ≥ 20) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	250	95	245	95	270	111	275	114
0.06	240	73	240	74	245	87	250	90
0.07	205	58	195	58	240	70	240	72
0.08	175	47	165	47	205	57	220	59

0.09	160	38	160	39	165	47	160	48
0.10	155	32	155	33	150	39	155	41

Tabela 4.92: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,4 e Faixa Numérica de 0 a 0,75 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,4								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 3 (Nmáx ≥ 5) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 2 (Nmáx ≥ 5) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 2 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,4 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	275	132	275	132	NA	NA	NA	NA
0.06	270	106	270	106	275	126	275	128
0.07	250	86	250	86	275	105	255	105
0.08	215	71	215	71	230	87	210	88
0.09	200	59	200	59	205	73	205	75
0.10	200	50	200	50	200	63	200	64

Tabela 4.93: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,1 e Faixa Numérica de 0 a 0,5 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 11 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 10) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 12 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 10) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 12 (Nmáx ≥ 15) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	275	71	NA	NA	270	69	NA	NA
0.03	240	41	270	46	240	35	240	36
0.04	120	20	235	27	100	20	105	21
0.05	120	14	105	17	100	14	55	14
0.06	95	10	50	12	50	10	30	10
0.07	20	7	30	9	10	7	10	7
0.08	10	5	15	7	10	6	10	6
0.09	10	4	10	6	10	4	10	5

0.10	10	4	10	5	10	4	10	4
------	----	---	----	---	----	---	----	---

Tabela 4.94: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,2 e Faixa Numérica de 0 a 0,5 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,2								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 6 (Nmáx ≥ 15) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 6 (Nmáx ≥ 5) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 6 (Nmáx ≥ 5) θ = 0,6 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	270	108	275	112	265	99	255	101
0.04	245	73	240	75	240	66	240	68
0.05	165	51	165	53	125	46	110	47
0.06	105	38	125	39	100	34	100	36
0.07	75	29	100	30	70	27	70	28
0.08	60	23	75	24	55	21	60	22
0.09	60	19	75	20	55	17	55	18
0.10	60	16	60	16	55	14	55	15

Tabela 4.95: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,3 e Faixa Numérica de 0 a 0,5 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,3								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE β = 4 (Nmáx ≥ 5) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP β = 4 (Nmáx ≥ 5) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP β = 4 (Nmáx ≥ 10) θ = 0,3 (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	260	104	270	107
0.05	275	90	275	91	230	76	230	79
0.06	275	69	275	70	225	58	225	60
0.07	275	54	275	55	200	45	205	47
0.08	275	43	275	44	100	36	90	37
0.09	255	35	270	36	60	29	60	30
0.10	220	29	205	29	50	25	50	26

Tabela 4.96: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,4 e Faixa Numérica de 0 a 0,5 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,4								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE $\beta = 3$ (Nmáx ≥ 20) $\theta = 0,3$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP $\beta = 12$ (Nmáx ≥ 20) $\theta = 0,3$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP $\beta = 2$ (Nmáx ≥ 20) $\theta = 0,3$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.06	265	102	265	103	NA	NA	NA	NA
0.07	255	83	255	83	265	111	275	114
0.08	250	68	250	69	255	94	240	95
0.09	250	57	250	61	235	79	240	81
0.10	245	48	250	52	230	68	240	70

Tabela 4.97: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,1 e Faixa Numérica de 0 a 0,25 em função do erro relativo (r).

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal LM = Cochran N - 1		Weibull MLE $\beta = 10$ (Nmáx ≥ 25) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP $\beta = 12$ (Nmáx ≥ 10) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP $\beta = 12$ (Nmáx ≥ 10) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	270	71	270	88	NA	NA	NA	NA
0.03	135	36	200	47	100	35	100	36
0.04	55	22	95	29	75	21	70	22
0.05	45	15	50	19	40	15	70	15
0.06	40	11	40	14	40	11	70	11
0.07	25	8	40	11	25	8	70	8
0.08	25	6	25	8	10	6	75	6
0.09	5	5	25	7	5	5	70	5
0.10	5	4	25	6	5	4	70	4

Tabela 4.98: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,2 e Faixa Numérica de 0 a 0,25 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,2								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE $\beta = 6$ (Nmáx ≥ 5) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP $\beta = 6$ (Nmáx ≥ 10) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP $\beta = 6$ (Nmáx ≥ 10) $\theta = 0,4$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	270	109	275	116	270	107	265	108
0.04	255	74	255	78	255	72	255	73
0.05	220	51	255	56	255	51	220	51
0.06	205	38	215	41	200	37	200	37
0.07	200	29	150	30	150	28	200	29
0.08	140	22	140	24	140	22	140	22
0.09	140	18	130	19	140	18	140	18
0.10	130	15	130	16	105	14	130	15

Tabela 4.99: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,3 e Faixa Numérica de 0 a 0,25 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,3								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE $\beta = 5$ (Nmáx ≥ 5) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP $\beta = 3$ (Nmáx ≥ 5) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP $\beta = 3$ (Nmáx ≥ 5) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	245	93	245	95	275	126	275	129
0.06	240	72	240	74	250	100	260	104
0.07	230	57	235	58	235	81	240	84
0.08	230	46	230	47	195	67	180	69
0.09	230	38	230	39	160	56	145	58
0.10	230	32	210	32	145	47	140	49

Tabela 4.100: Valores Obtidos para Lotes Mínimos para Coeficiente de Variação = 0,4 e Faixa Numérica de 0 a 0,25 em função do erro relativo (r)

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,4								
Erro Relativo (r)	Normal LM ≤ Cochran N - 1		Weibull MLE $\beta = 2$ (Nmáx ≥ 5) $\theta = 0,1$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull PP $\beta = 2$ (Nmáx ≥ 5) $\theta = 0,2$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1		Weibull HP $\beta = 2$ (Nmáx ≥ 5) $\theta = 0,2$ (Nmáx ≥ 5) LM ≤ n - 1	
	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM	Nmáx	LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.07	265	86	265	87	275	128	275	131
0.08	240	71	265	72	275	110	275	112
0.09	195	59	180	59	275	94	275	97
0.10	180	50	155	50	275	81	275	84

CAPÍTULO 5

5 - ANÁLISE E DISCUSSÃO

Faz-se necessária a devida análise e discussão dos resultados encontrados para a verificação da condição de aplicabilidade do método de Determinação de

Lotes Mínimos de Weibull. Deste modo, buscam-se duas metodologias para a definição do melhor método em comparação com o Modelo Normal.

5.1 Definição do Melhor Método para Determinação de Lote Mínimo de Weibull em relação ao Método Normal

A definição dos melhores métodos para utilização prática é realizada a partir da comparação entre:

- a) Desvio Médio Percentual dos valores de Lote Mínimo calculados para os Métodos de Weibull em relação ao Método Normal.
- b) Desvio Médio Percentual dos valores de $N_{máx}$ verificados para a determinação do Lote Mínimo para os Métodos de Weibull em relação ao Método Normal.

5.1.1 Desvio Médio Percentual de Valores de Lote Mínimo Calculado para os Métodos de Weibull em relação ao Método Normal

O resultado do Desvio Médio Percentual (DMP) foi atingido através do cálculo (Fórmula 5.2) da Média Aritmética dos Valores de Desvios Percentuais (DP) dos Lotes Mínimos obtidos para os Métodos de Weibull em relação aos obtidos para a Distribuição Normal (Fórmula 5.1). Os valores encontrados são apresentados nas Tabelas 5.1 a 5.16.

$$DP_i = \frac{Lote\ Mínimo\ Weibull_i - Lote\ Mínimo\ Normal_i}{Lote\ Mínimo\ Normal_i} \times 100 \quad (5.1)$$

$$DMP_{Método\ Weibull} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n DP_i \quad (5.2)$$

5.1.2 Desvio Médio Percentual dos valores de $N_{máx}$ verificado para a determinação do Lote Mínimo para o Método de Weibull em relação ao Método Normal

O resultado Desvio Médio Percentual (DMP) foi obtido através da Fórmula 5.4 da Média Aritmética dos Valores de Desvios Percentuais (DP) dos Lotes Mínimos obtidos para os Métodos de Weibull em relação aos obtidos para a Distribuição Normal através da Fórmula 5.3. Os valores encontrados são também apresentados nas Tabelas 5.1 a 5.16.

$$DP_i = \frac{N\ Máximo\ Weibull_i - N\ Máximo\ Normal_i}{N\ Máximo\ Normal_i} \times 100 \quad (5.3)$$

$$DMP_{Método\ Weibull} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n DP_i \quad (5.4)$$

Tabela 5.1: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r , para a Faixa Numérica de 0 a 1 e Coeficiente de Variação = 0,1

Faixa de 0 a 1 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	250	67	10%	22%	10%	-1%	6	0
0.03	140	34	4%	24%	-7%	-3%	-18%	0
0.04	115	21	0	24%	-9%	-5%	-4%	0
0.05	105	14	-48%	21%	-5%	0	-10%	0
0.06	95	10	-58%	20%	-63%	0	-74%	0
0.07	25	7	0	29%	0	0	-40%	0
0.08	25	6	0	17%	-40%	0	-40%	0
0.09	15	4	67%	50%	-67%	0	0	-25%
0.10	25	4	67%	25%	-67%	0	-67%	0
Desvio Médio Percentual			5%	26%	27%	-1	22%	3%

Tabela 5.2: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r , para a Faixa Numérica de 0 a 1 e Coeficiente de Variação = 0,2

Faixa de 0 a 1 CV=0,2								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	230	68	20%	9%	17%	-9%	11%	1%
0.05	215	48	5%	6%	26%	-8%	-2%	0
0.06	200	35	3%	9%	0%	-11%	3%	3%
0.07	200	27	-25%	4%	0%	-7%	-3%	0
0.08	160	21	-13%	5%	-9%	-9%	22%	5%
0.09	145	17	-38%	6%	-55%	-11%	34%	6%
0.10	140	14	-36%	7%	-61%	-13%	-64%	0
Desvio Médio Percentual			-12%	6%	-12%	-10%	0%	2%

Tabela 5.3: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 1 e Coeficiente de Variação = 0,3

Faixa de 0 a 1 CV=0,3								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	270	107	0	3%	NA	NA	NA	NA
0.05	230	78	9%	4%	11%	28%	17%	32%
0.06	225	60	0	3%	2%	30%	2%	33%
0.07	210	47	-2%	2%	0	32%	0	36%
0.08	150	37	0	3%	3%	35%	3%	41%
0.09	80	30	6%	3%	88%	40%	94%	43%
0.10	65	25	15%	4%	131%	40%	138%	44%
Desvio Médio Percentual			4%	3%	38%	34%	41%	38%

Tabela 5.4: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 1 e Coeficiente de Variação = 0,4

Faixa de 0 a 1 CV=0,4								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.07	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.08	275	70	-5%	-1%	NA	NA	NA	NA
0.09	260	58	0	0	NA	NA	NA	NA
0.10	260	49	0	0	0	24%	0	24%
Desvio Médio Percentual			-2%	0	0	24%	0	24%

Tabela 5.5: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,75 e Coeficiente de Variação = 0,1

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	185	41	49%	24%	-22%	-2%	-22%	0
0.04	185	25	-38%	24%	-51%	0	-54%	0
0.05	80	17	6%	24%	0	0	-19%	0
0.06	40	12	100%	25%	-25%	0	-25%	0
0.07	30	9	50%	22%	-33%	0	-33%	0
0.08	20	7	100%	29%	0	0	0	0
0.09	20	6	50%	17%	0	0	0	0
0.10	20	5	50%	20%	0	0	0	0
Desvio Médio Percentual			46%	23%	-16%	0%	-19%	0%

Tabela 5.6: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,75 e Coeficiente de Variação = 0,2

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,2								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	235	71	15%	8%	-13%	-3%	-17%	-1%
0.05	180	50	42%	10%	3%	-2%	6%	0
0.06	165	37	3%	8%	9%	-3%	9%	0
0.07	125	28	12%	11%	-8%	-4%	-8%	0
0.08	115	22	4%	9%	0	0	-48%	0
0.09	60	18	92%	11%	-17%	-6%	-17%	0
0.10	50	15	20%	7%	-20	-7%	0	0
Desvio Médio Percentual			27%	9%	-7%	-3%	-11%	0%

Tabela 5.7: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,75 e Coeficiente de Variação = 0,3

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,3								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	250	95	-2%	0	8%	17%	NA	NA
0.06	240	73	0	1%	2%	19%	4%	23%
0.07	205	58	-5%	0	17%	21%	17%	24%
0.08	175	47	-6%	0	17%	21%	26%	26%
0.09	160	38	0	3%	3%	24%	0	26%
0.10	155	32	0	3%	-3%	22%	0	28%
Desvio Médio Percentual			-2%	1%	7%	21%	9%	25%

Tabela 5.8: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,75 e Coeficiente de Variação = 0,4

Faixa de 0 a 0,75 CV=0,4								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	275	132	0	0	NA	NA	NA	NA
0.06	270	106	0	0	2%	19%	2%	21%
0.07	250	86	0	0	10%	22%	2%	22%
0.08	215	71	0	0	7%	23%	-2%	24%
0.09	200	59	0	0	3%	24%	3%	27%
0.10	200	50	0	0	0	26%	0	28%
Desvio Médio Percentual			0	0	4%	23%	1%	24%

Tabela 5.9: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,5 e Coeficiente de Variação = 0,1.

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	275	71	NA	NA	-2%	-3%	NA	NA
0.03	240	41	13%	12%	0	-15%	0	-12%
0.04	120	20	96%	35%	-17%	0	-13%	5%
0.05	120	14	-13%	21%	-17%	0	-54%	0
0.06	95	10	-47%	20%	-47%	0	-68%	0
0.07	20	7	50%	29%	-50%	0	-50%	0
0.08	10	5	50%	40%	0	20%	0	20%
0.09	10	4	50%	50%	0	0	0	25%
0.10	10	4	0	25%	0	0	0	0
Desvio Médio Percentual			25%	29%	-16%	1%	-23%	5%

Tabela 5.10: Desvio Médio Percentual entre os Nmáx e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,5 e Coeficiente de Variação = 0,2

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,2								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	Nmáx	LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM	DP Nmáx	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	270	108	2%	4%	-2%	-8%	-6%	-6%
0.04	245	73	-2%	3%	-2%	-10%	-2%	-7%
0.05	165	51	0	4%	-24%	-10%	-33%	-8%
0.06	105	38	19%	3%	-5%	-11%	-5%	-5%
0.07	75	29	33%	3%	-7%	-7%	-7%	-3%
0.08	60	23	25%	4%	-8%	-9%	0	-4%
0.09	60	19	25%	5%	-8%	-11%	-8%	-5%
0.10	60	16	0	0	-8%	-13%	-8%	-6%
Desvio Médio Percentual			13%	3%	-8%	-10%	-9%	-6%

Tabela 5.11: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,5 e Coeficiente de Variação = 0,3

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,3								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	275	90	0	1%	-16%	-16%	-16%	-12%
0.06	275	69	0	1%	-18%	-16%	-18%	-13%
0.07	275	54	0	2%	-27%	-17%	-25%	-13%
0.08	275	43	0	2%	-64%	-16%	-67%	-14%
0.09	255	35	6%	3%	-76%	-17%	-76%	-14%
0.10	225	29	-9%	0%	-78%	-14%	-78%	-10%
Desvio Médio Percentual			-1%	2%	-47%	-16%	-47%	-13%

Tabela 5.12: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,5 e Coeficiente de Variação = 0,4

Faixa de 0 a 0,5 CV=0,4								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.06	265	102	0	1%	NA	NA	NA	NA
0.07	255	83	0	0	4%	34%	8%	37%
0.08	250	68	0	1%	2%	38%	-4%	40%
0.09	250	57	0	7%	-6%	39%	-4%	42%
0.10	240	48	2%	8%	-6%	42%	-2%	46%
Desvio Médio Percentual			0	4%	-2%	38%	-1%	41%

Tabela 5.13: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,25 e Coeficiente de Variação = 0,1

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,1								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	270	71	0	24%	NA	NA	NA	NA
0.03	135	36	48%	31%	-26%	-3%	-26%	0%
0.04	55	22	73%	32%	36%	-5%	27%	0%
0.05	45	15	11%	27%	-11%	0	56%	0%
0.06	40	11	0	27%	0	0	75%	0%
0.07	25	8	60%	38%	0	0	180%	0%
0.08	25	6	0	33%	-60%	0	200%	0%
0.09	5	5	400%	40%	0	0	1300%	0%
0.10	5	4	400%	50%	0	0	1300%	0%
Desvio Médio Percentual			110%	33%	-8%	-1%	389%	0%

Tabela 5.14: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,25 e Coeficiente de Variação = 0,2

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,2								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	270	109	2%	6%	0	-2%	-2%	-1%
0.04	255	74	0	5%	0	-3%	0	-1%
0.05	220	51	16%	10%	16%	0%	0	0
0.06	205	38	5%	8%	-2%	-3%	-2%	-3%
0.07	200	29	-25%	3%	-25%	-3%	0	0
0.08	140	22	0	9%	0	0	0	0
0.09	140	18	-7%	6%	0	0	0	0
0.10	130	15	0	7%	-19%	-7%	0	0
Desvio Médio Percentual			-1%	7%	-4%	-2%	-1%	-1%

Tabela 5.15: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,25 e Coeficiente de Variação = 0,3

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,3								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	245	93	0	2%	12%	35%	12%	39%
0.06	235	72	2%	3%	6%	39%	11%	44%
0.07	230	57	0	2%	2%	42%	4%	47%
0.08	230	46	0	2%	-15%	46%	-22%	50%
0.09	230	38	0	3%	-30%	47%	-37%	53%
0.10	230	32	-9%	0%	-37%	47%	-39%	53%
Desvio Médio Percentual			-1%	2%	-10%	43%	-12%	48%

Tabela 5.16: Desvio Médio Percentual entre os N_{máx} e LM obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r, para a Faixa Numérica de 0 a 0,25 e Coeficiente de Variação = 0,4

Faixa de 0 a 0,25 CV=0,4								
Erro Relativo (r)	Normal		Weibull MLE		Weibull PP		Weibull HP	
	N _{máx}	LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM	DP N _{máx}	DP LM
0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.07	255	86	4%	1%	8%	49%	8%	52%
0.08	240	71	10%	1%	15%	55%	15%	58%
0.09	195	59	-8%	0	41%	59%	41%	64%
0.10	180	50	-14%	0	53%	62%	53%	68%
Desvio Médio Percentual			-2%	1%	29%	56%	29%	61%

Deste modo, fazendo o levantamento dos menores valores de DMP para N_{\max} e Lotes Mínimos de Weibull em relação ao padrão Normal, consegue-se ter um bom indicativo sobre a aplicação do método para casos práticos. Os resultados desta análise estão elencados nas Tabelas 5.17 a 5.20.

Tabela 5.17: Métodos com Melhor Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os LM obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo

Métodos de Weibull com Menor DMP em relação aos Lotes Mínimos Normais				
	Faixa 0 a 1	Faixa 0 a 0,75	Faixa 0 a 0,5	Faixa 0 a 0,25
CV 0,1	PP	HP	PP	HP
CV 0,2	HP	HP	MLE	HP
CV 0,3	MLE	MLE	MLE	MLE
CV 0,4	MLE	MLE	MLE	MLE

Tabela 5.18: Métodos com Pior Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os LM obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo

Métodos de Weibull com Maior DMP em relação aos Lotes Mínimos Normais				
	Faixa 0 a 1	Faixa 0 a 0,75	Faixa 0 a 0,5	Faixa 0 a 0,25
CV 0,1	MLE	MLE	MLE	MLE
CV 0,2	PP	MLE	PP	MLE
CV 0,3	HP	HP	PP	HP
CV 0,4	PP e HP	HP	HP	HP

Tabela 5.19: Métodos com Melhor Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os N_{\max} obtidos para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo r.

Métodos de Weibull com Menor DMP em relação aos N_{\max} Normais				
	Faixa 0 a 1	Faixa 0 a 0,75	Faixa 0 a 0,5	Faixa 0 a 0,25
CV 0,1	MLE	PP	PP	PP
CV 0,2	HP	PP	PP	HP
CV 0,3	MLE	MLE	MLE	MLE
CV 0,4	MLE	MLE	MLE	MLE

Tabela 5.20: Métodos com Pior Aplicação, pelo critério de Desvio Médio Percentual, entre os $N_{m\acute{a}x}$ para as Distribuições de Weibull e Método Normal, em relação ao erro relativo

Métodos de Weibull com Maior DMP dos $N_{m\acute{a}x}$ Normais				
	Faixa 0 a 1	Faixa 0 a 0,75	Faixa 0 a 0,5	Faixa 0 a 0,25
CV 0,1	PP	MLE	MLE	HP
CV 0,2	PP	MLE	MLE	PP
CV 0,3	HP	HP	PP	HP
CV 0,4	PP e HP	PP	PP	PP e HP

Utilizando o resultado acima elencado, ou seja, o maior ou menor Desvio Médio Percentual frente ao Lote Mínimo e $N_{m\acute{a}x}$, verifica-se que se deve optar sempre pelos métodos que tiveram DMP como referência ao número de Lotes Mínimos, pois uma melhor aderência ao método é observada. Por outro lado, não se deve esquecer de que $N_{m\acute{a}x}$ estabelece o número máximo de amostras a partir do qual é determinado o valor de lote mínimo.

Para dispersões altas, no caso de valores do Parâmetro de Forma abaixo de 4, a determinação de Lotes Mínimos, em função do erro relativo, ficou bastante prejudicada. Isto pode ser explicado pelos valores de Beta menores do que 3,6; onde as distribuições já começam a perder a condição de serem representadas pela Curva Normal. Ressalte-se que a relação entre m ou Beta e o Coeficiente de Variação é inversamente proporcional, pois ambos podem ser entendidos como estimadores da homogeneidade do material, sendo que a literatura normalmente reporta o valor de Beta para os materiais cerâmicos, próximo de 10, podendo variar entre os extremos de 5 a 20 (Berezowski, 2006). Quanto maior é o valor do parâmetro de forma β maior é acurácia, ou seja, a dispersão tende a ser menor, facilitando para que a curva da Distribuição de Weibull tenha a forma de pico.

Por outro lado, já identificado os melhores e piores métodos para a determinação de Lotes Mínimos em relação ao Método Normal, é importante que também se verifique a exequibilidade do método desenvolvido nesta Tese de Doutorado, frente aos valores de Beta (Parâmetro de Forma) e dos Coeficientes de Variação calculados em relação ao erro relativo. Sendo assim, foi admitida a seguinte divisão de valores de Beta e erro relativo.

Tabela 5.21: Dimensionamento para Erro Relativo e Beta (Parâmetro de Forma)

Critério de Tamanho de Erro Relativo e Beta		
Dimensionamento	Erro Relativo	Beta
Alto	0,07 a 0,1	acima de 10
Médio	0,04 a 0,06	entre 6 e 9
Baixo	0,02 a 0,03	entre 5 e 3
Muito Baixo	0,01	abaixo de 3

Nas Tabelas 5.22 e 5.23, verifica-se a aplicabilidade, ou seja, a qualidade do Método com o Dimensionamento do Erro Relativo e Beta apresentado na Tabela 5.21. Para melhor entendimento desta aplicabilidade, foram criados quatro critérios de uso do método, que são apresentados na Tabela 5.23 e os Critérios de Qualidade na Tabela 5.22.

Tabela 5.22: Critérios de Qualidade de Aplicação do Método em Função de Erro Relativo

Padrão de Qualidade	Critério
Ótimo	Consegue LM para 100 % dos valores de $N_{m\acute{a}x}$ do intervalo
Bom	Consegue LM para mais de 85% a 99% dos valores de $N_{m\acute{a}x}$ do intervalo
Regular	Consegue LM para até a 84% dos valores de $N_{m\acute{a}x}$ do intervalo
Não Aplicável	Não se consegue LM para nenhum dos valores de $N_{m\acute{a}x}$ do intervalo

Tabela 5.23: Dimensionamento para Erro Relativo e Beta (Parâmetro de Forma)

Aplicação Método de erro relativo função de Beta e CV					
Beta/Weibull	CV	r muito baixo	r baixo	r médio	r alto
Alto	0,1	Não Aplicável	Bom	Ótimo	Regular
Médio	0,2	Não Aplicável	Regular	Ótimo	Ótimo
Baixo	0,3	Não Aplicável	Não Aplicável	Bom	Ótimo
Muito Baixo	0,4	Não Aplicável	Não Aplicável	Regular	Regular

5.2 Aplicação Prática do Método para Validação

Todo método experimental necessita ser testado em casos práticos para que seja verificada a sua respectiva aplicabilidade e repetibilidade, dentro de uma

abordagem cartesiana, de modo que seja possível a sua validação para a Ciência. Com este fim, foram selecionadas, dentro da disponibilidade existente, dois lotes de materiais de cerâmica vermelha constantes em trabalhos desenvolvidos dentro da própria UENF. Dentro da classificação de materiais, Callister (2000) inclui materiais cerâmicos como uma grande área de Engenharia de Materiais e que apresentam comportamento mecânico específico frágil, devido à alta tenacidade, e muito quebradiços.

Hespanhol (2009) apresentou um Lote composto por 71 corpos de prova de material cerâmico (cerâmica vermelha), que foram submetidos a ensaio de flexão de quatro pontos, em máquina universal de ensaios. Os resultados obtidos de Tensão de Ruptura (σ_{rup}) são apresentados na Tabela 5.24.

Como rotina para a aplicação do método desenvolvido nesta Tese de Doutorado, três importantes etapas devem ser seguidas:

- a) Cálculo de Beta e Teta.
- b) Cálculo do Coeficiente de Variação (relação entre o desvio-padrão e a média).
- c) Adimensionalização dos valores da tabela e identificação de qual tabela utilizar.

Tabela 5.24: Valores Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos em MPa, extraídos de Hespanhol (2009)

Ran k	σ_{rup}	Ran k	σ_{rup}	Ran k	σ_{rup}	Ran k	σ_{rup}	Ran k	σ_{rup}	Ran k	σ_{rup}
1	5.7 7	13	7.3 9	25	9.0 2	37	9.95	49	11.1 1	61	13.2 5
2	5.8 6	14	7.5 8	26	9.0 9	38	10.0 3	50	11.1 6	62	13.5 1
3	6.3 5	15	7.9 5	27	9.1 1	39	10.2	51	11.2 4	63	13.7 0
4	6.4 7	16	7.9 5	28	9.1 8	40	10.2 8	52	11.3 4	64	14.0 5
5	6.7 2	17	7.9 6	29	9.2	41	10.3 4	53	11.4 5	65	14.3 8
6	6.8 3	18	8.0 1	30	9.3 5	42	10.5 1	54	11.6 2	66	14.5 7
7	6.8 4	19	8.1 0	31	9.4 2	43	10.6 1	55	11.6 7	67	15.7 1
8	6.8 4	20	8.2 6	32	9.4 6	44	10.6 2	56	11.7 2	68	15.8 4

9	7.0 9	21	8.3 8	33	9.4 8	45	10.7 0	57	11.7 7	69	16.7 1
10	7.1 0	22	8.3 9	34	9.5 1	46	10.7 6	58	12.4 6	70	16.8 2
11	7.1 6	23	8.4 8	35	9.5 4	47	10.8	59	12.4 7	71	16.8 5
12	7.2 8	24	8.6 9	36	9.8 8	48	11.0 9	60	12.9 8		

Para o cálculo de Beta, Teta e Coeficiente de Variação desta Distribuição foi utilizado o mesmo software aplicado para a Determinação dos Parâmetros de Weibull das Distribuições de Números Aleatórios. Os resultados são apresentados na Tabela 5.25.

Tabela 5.25: Valores de Weibull Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos, extraídos de Hespanhol (2009)

Método	Valor Beta	Valor Teta	Desvio Padrão	Média	CV
MLE	4	11.21	2.911	10.15	0.3
PP	4	11.14	2.566	10.17	0.2
HP	4	11.10	2.598	10.12	0.3

Para a etapa de adimensionalização, é necessário que todos os valores da distribuição sejam divididos pelo maior valor existente, simulando a dispersão existente na distribuição. Neste caso, o valor de 16,85 (rank = 71) será usado como denominador para o adimensionalização. Os resultados são apresentados na Tabela 5.26.

Tabela 5.26: Adimensionalização dos Valores Obtidos de Tensão de Ruptura em MPa de Corpos Cerâmicos, extraídos de Hespanhol (2009)

Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}
1	0.34	13	0.44	25	0.54	37	0.57	49	0.50	61	0.42
2	0.35	14	0.45	26	0.54	38	0.56	50	0.50	62	0.42
3	0.38	15	0.47	27	0.54	39	0.56	51	0.50	63	0.42
4	0.38	16	0.47	28	0.54	40	0.56	52	0.49	64	0.41
5	0.40	17	0.47	29	0.55	41	0.56	53	0.48	65	0.41
6	0.41	18	0.48	30	0.55	42	0.55	54	0.48	66	0.41
7	0.41	19	0.48	31	0.56	43	0.55	55	0.47	67	0.40
8	0.41	20	0.49	32	0.56	44	0.54	56	0.47	68	0.38

9	0.42	21	0.50	33	0.56	45	0.54	57	0.47	69	0.38
10	0.42	22	0.50	34	0.56	46	0.54	58	0.45	70	0.35
11	0.42	23	0.50	35	0.57	47	0.54	59	0.44	71	0.34
12	0.43	24	0.52	36	0.59	48	0.52	60	0.43		

Para a etapa de escolha da Tabela a ser utilizada, calcula-se a amplitude dos números adimensionalizados, ou seja, a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo. Neste caso, o valor máximo será 1,00 e o valor mínimo será 0,34. A diferença entre os dois é 0,66. Deste modo, a tabela a ser escolhida é a que apresenta a faixa de 0 a 0,75.

Em resumo, a tabela a ser escolhida para a determinação de lote mínimo em função do erro relativo deve ser a da Faixa de 0 a 0,75 e Coeficiente de Variação de 0,3 para MLE e HP (Tabela 4.91). Para o Método PP, o CV adotado é 0,2 (Tabela 4.90). Além disto, deve ser, também, considerado o valor do Parâmetro de Forma Beta na seleção da Tabela.

Verifica-se que os valores de lotes máximos ($N_{\text{máx}}$) existentes para o surgimento do Lote Mínimo (LM) são maiores do que 71, o que não permite a aplicabilidade nestas condições para os métodos MLE e PP. No caso de HP, tem-se o limite para $r=0,08$; um valor de $N_{\text{máx}}$ de 60, para um lote mínimo de 22 amostras.

Como opção para os métodos MLE e PP pode-se utilizar o valor de CV para 0,2, já que o valor de Beta da distribuição está em 4 e, aplicando-se o critério de amplitude +1 ou -1 para a determinação de Lote Mínimo, o valor de Beta pode ser considerado como 5. No caso de MLE, tem-se o limite para $r=0,1$; um valor de $N_{\text{máx}}$ de 60, para um lote mínimo de 16 amostras. No caso do método PP, tem-se o limite para $r=0,09$; um valor de $N_{\text{máx}}$ de 50, para um lote mínimo de 17 amostras.

O segundo lote verificado paea esta Tese é retirado de Tamy (2009), que apresentou um lote composto por 30 corpos de prova material cerâmico (cerâmica vermelha) que também foram submetidos a um ensaio de flexão de quatro pontos, em máquina universal de ensaios. Os resultados de Tensão de Ruptura (σ_{rup}) são apresentados na Tabela 5.27.

Tabela 5.27: Valores Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009)

Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}
1	42.3	11	38.6	21	37.8
2	37.3	12	37.5	22	37.7
3	40.3	13	38.6	23	37.7
4	39.3	14	38.2	24	37.6
5	36.9	15	42.8	25	37.5
6	39.1	16	42,0	26	37.5
7	43.5	17	37.5	27	37.3
8	38.3	18	41.3	28	37.3
9	41.1	19	37.8	29	36.9
10	34.9	20	37.6	30	36.6

Para o cálculo de Beta, Teta e Coeficiente de Variação desta Distribuição foi utilizado o mesmo software inicialmente para a Determinação dos Parâmetros de Weibull. Os resultados são apresentados na Tabela 5.28.

Tabela 5.28: Valores de Weibull Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos extraídos de Tamy (2009)

Método	Valor Beta	Valor Teta	Desvio Padrão	Média	CV
MLE	18	40	2.629	39.05	0.1
PP	20	40	2.402	39.17	0.1
HP	19	40	2.477	39.06	0.1

Para a etapa de adimensionalização, é necessário que todos os valores da distribuição sejam divididos pelo maior valor existente, simulando a dispersão existente nesta distribuição. Neste caso, o valor de 43,5 (rank = 7) é usado como denominador para o adimensionalização. Os resultados são apresentados na Tabela 5.29.

Tabela 5.29: Adimensionalização dos Valores Obtidos de Tensão de Ruptura de Corpos Cerâmicos, extraídos de Tamy (2009)

Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}	Rank	σ_{rup}
------	----------------	------	----------------	------	----------------

1	0.97	11	0.89	21	0.87
2	0.86	12	0.86	22	0.87
3	0.93	13	0.89	23	0.87
4	0.90	14	0.88	24	0.86
5	0.85	15	0.98	25	0.86
6	0.90	16	0.97	26	0.86
7	1.00	17	0.86	27	0.86
8	0.88	18	0.95	28	0.86
9	0.94	19	0.87	29	0.85
10	0.80	20	0.86	30	0.84

Para a etapa de escolha da Tabela a ser utilizada, calcula-se, novamente, a amplitude dos números adimensionalizados, ou seja, a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo. Neste caso, o valor máximo será 1,00 (rank 7) e o valor mínimo será 0,80 (rank 10). A diferença verificada entre os dois é 0,20. Deste modo, a tabela a ser escolhida é a que apresenta a faixa de 0 a 0,25.

Em resumo, a tabela a ser escolhida para a determinação de lote mínimo em função do erro relativo deve ser a Faixa de 0 a 0,25 e Coeficiente de Variação de 0,1 (Tabela 4.97) para os três métodos de Weibull. Além disto, deve ser considerado o valor do Parâmetro de Forma Beta.

Verifica-se que os valores de lotes máximos ($N_{\text{máx}}$) existentes para o surgimento do Lote Mínimo (LM) para o Método MLE, limita-se a $r=0,08$ com um valor de $N_{\text{máx}}$ de 25 e lote mínimo de 8 (existindo a possibilidade de interpolação para um erro relativo de 0,075). No caso de PP, temos o limite para $r=0,07$; um valor de $N_{\text{máx}}$ de 25, para um lote mínimo de 8 amostras (existindo a possibilidade de interpolação para um erro relativo de 0,065). No caso de HP, o método somente pode ser aplicado para um mínimo de lotes de 70 amostras.

CAPÍTULO 6

6 - CONCLUSÕES

Este Tese de Doutorado apresentou um novo método para determinação de Lotes Mínimos para Distribuições de Weibull. Tendo-se como referência uma ferramenta até então somente dedicada para um padrão Gaussiano, foi adaptada

para fácil aplicação para a determinação de Lotes Mínimos para Distribuição de Weibull, a partir de valores calculados para o Parâmetro de Forma e Parâmetro de Escala por três métodos diferentes (Método Gráfico de Probabilidade – PP, Método Gráfico de Risco – HP e Método de Máxima Verossimilhança – MLE), em função do erro relativo na faixa de 1 a 10%, conforme apresentado por Cochran.

Verifica-se que o modelo mais eficiente para a determinação dos Parâmetros de Weibull, que melhor se adequou a este novo método de determinação de Lote Mínimo, apresentado na Tese, é o Método de Verossimilhança, principalmente para CVs maiores (0,3 e 0,4). Por outro lado, para CVs menores, onde é menor a dispersão, também apresentaram boa aderência, os Métodos de Gráfico (PP) de Probabilidade e Método de Risco (HP).

De um modo geral, foram encontrados Lotes Mínimos com $N_{máx}$ elevados para utilização de erro relativos baixos (0,02 e 0,03), fazendo com que seja necessário um número maior do que o esperado de amostras para a determinação de lotes mínimos. Isto pode ter ocorrido devido à aleatoriedade inicial dos números e a respectiva dispersão nas faixas e seus CVs gerados. Estes Coeficientes de Variação não se mantiveram fixos pelo software nos valores requeridos, pois precisaram ser alterados para que se gerasse uma condição gaussiana. Outro fator que pode ter contribuído, seria a premissa de amplitude máxima igual a 2, talvez pequena demais, para a convergência de um dado valor de Lote Mínimo.

Para os valores de erro relativo “muito baixos” e “baixos” (0,01 a 0,03), em diversas faixas de dispersão e para os 4 CVs não foi verificada a possibilidade de identificar um lote mínimo. Isto pode limitar a aplicação do método, pois já se parte de um erro relativo obrigatório a ser assumido. Por um outro lado, para lotes com propriedades muito dispersivas, pode ser necessário que sejam empregados lotes ainda maiores do que $N=300$ para a correta caracterização do Lote Mínimo em função do erro relativo.

Os valores de Coeficiente de Variação entre 0,1 a 0,4 apresentaram-se coerentes para o desenvolvimento do método, pois, para um CV de 0,5, ocorre uma dispersão ainda maior, o que tende a demonstrar um valor de Beta menor e, por conseguinte, o método tenderia a não ser aplicável. Isto pode ser explicado pelo fator de forma β ser o parâmetro que determina e quantifica a dispersão para a propriedade do material e quanto menor este mesmo fator de forma, maior é a dispersão encontrada. Assim, o método desenvolvido se adéqua a cerâmicas

vermelhas preparadas em laboratório com reduzido controle de temperatura, que apresentaram alta dispersão por uma microestrutura heterogênea. Muito provavelmente, este método também terá boa aplicabilidade para cerâmicas avançadas, de estruturas mais complexas, que possuem um controle mais rígido em seu processo de fabricação.

Para dispersões baixas, como no caso do Parâmetro de Forma maior do que 6, o método apresentou boa aplicabilidade ao método apresentado, conseguindo, em grande parte, realizar a identificação de Lotes Mínimos em função do erro relativo conforme tabela 5.22. Contudo, para erros relativos altos (0,08 a 0,01) apresentaram lotes mínimos muito baixos. Assim, o método desenvolvido parece não ser muito eficiente. Deste modo, sugere-se o suporte de um outro método quantitativo para a determinação do lote mínimo.

Comparando-se os valores obtidos através do procedimento empírico para os Lotes Mínimos em função do Erro Relativo através da Distribuição Normal e as Distribuições de Weibull, verifica-se que as Tabelas são apresentadas de modo didático, sendo de rápida e fácil aplicação. Contudo, é necessário que seja tenha o uso criterioso, verificando-se, em conjunto, $N_{m\acute{a}x}$ e Lotes Mínimos.

Por outro lado, verifica-se que este novo método possui as seguintes limitações:

- 1) A apresentação dos números aleatórios pelo software não fornece a distribuição gaussiana com o exato valor do Coeficiente de Variação requerido. As diferenças existentes foram amplificadas para todos os valores de faixa analisados.
- 2) Os valores de CV calculados pela Média e Desvio-Padrão de Weibull, em geral, foram acima dos valores do CV obtidos pelo software de geração de números aleatórios.
- 3) O valor de Teta (θ) é pouco considerado nas tabelas de Lotes Mínimos e $N_{m\acute{a}x}$ já que os valores encontrados foram bastante baixos, indicando pouca interferência no método desenvolvido nesta Tese de Doutorado.
- 4) Somente foram apresentadas nesta Tese de Doutorado amostras aleatórias completas, ou, seja sem repetição ou substituição.

Sugestões de trabalhos futuros:

- a) Verificação do Método apresentado para Lotes com dispersões entre 1 a 0; 1 a 0,75; 1 a 0,5 e 1 a 0,25.

- b) O Parâmetro de Localização δ foi considerado igual a zero no método. Novos arquivos aleatórios poderiam ser gerados para a verificação do novo comportamento de beta e teta para novos Lotes Mínimos.
- c) A utilização de outros Estimadores de Rank para a determinação de Lotes Mínimos em função do erro relativo, já que os modelos de rank influenciam diretamente o parâmetro de forma.

Referências Bibliográficas

- ABERNETHY, R. (2010) *The New Weibull Handbook. Reliability and Statistical Analysis for Predicting Life, Safety, Survivability, Risk Cost and Warranty Claims*. 5th Edition North Palm Beach, Florida, Robert Abernethy Editor.
- AL-FAWZAN, M.A. (2000). Methods for Estimating the Parameters of the Weibull Distribution. *King Abdul-Aziz City for Science and Technology*.
- ASKELAND, D.R.; PHULÉ, P.P. (2005) *The Science of Engineering of Materials*, 5th Ed. Thomson Engineering. 380p.
- BARTLET II, J. E.; KOTRLIK, J.W.; HIGINS, C.C. (2001) Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, Vol. 19, N1, Spring.
- BEREZOWSKI, L.R.; MOURA NETO, C.; MELO, F.C.L. (2006) *Avaliação da Resistência Mecânica de Cerâmicas à Base de Carbetto de Silício*. Artigo. Disponível em:
<http://www.bibl.ita.br/viiiencita/Avaliacao%20da%20resistencia%20meccnica%20de%20ceramicas%20a%20base%20de%20carbeto%20de%20silicio.pdf>. Acesso em 23/08/2012.

- BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. (2006) *Estatística Básica*. 5ª Ed. Editora Saraiva. São Paulo. 521p.
- CALLISTER Jr, W.D. (2000) *Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução*. 5ª Ed. Editora LTC, 590pp.
- CARVALHO, E.A. (2007) Avaliação da Influência do Fator de Localização e Rank Mediano no Valor do Módulo de Weibull em Materiais Frágeis. *62º Congresso Anual da ABM*. 23 a 27 de julho, Vitória (ES).
- CARVALHO, E. A. and DUARTE, E. T. V. (2001), Stress Concentration Use for Controlled Brittle Failure in Mechanical Properties Testing, *2001 SEM Annual Conference & Exposition on Experimental and Applied Mechanics*, Portland, ON, 04-06 June Vol. 1, pp. 269-271.
- CHANG, T.P. (2011) Performance Comparison of Six Numerical Methods in Estimating Weibull Parameters for Wind Energy Application. *Applied Energy*. 88:272-282.
- CHANG, W.R.; CHANG, C.C.; MATZ, S.; LESCH, MA.F. (2008) A methodology to quantify the stochastic distribution of friction coefficient required for level walking. *Applied Ergonomics*. [Volume 39, Issue 6](#), November, p. 766–771.
- COCHRAN, W.G. (1977). The estimation of sample size. In: COCHRAN, W.G. *Sampling techniques*. 3.ed. New York: John Willey. p. 72-90.
- DE SOUZA JR, D.I; ROCHA, R.; AZEVEDO, P. V. (2011) Aplicação do Estimador Maximum Likelihood a um Teste de Vida Sequencial Truncado Utilizando-se uma Distribuição Weibull Invertida de Três parâmetros como Modelo de Amostragem. *VIII Congresso Regional de ENDE*. Campana – Agosto.
- DODSON, B. (2006) *The Weibull Analysis Handbook*. 2nd Ed. ASQ Quality Press.
- DUARTE, M.N. (2000) *Análise Estatística e Metrológica de Propriedades Mecânicas em Materiais Frágeis*. Dissertação de Mestrado (Engenharia e Ciências de Materiais) – Campos dos Goitacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte-Fluminense – UENF. 110pp.
- FREIRE, M.N. (2007) *Uso de Matéria-Primas Argilosas do Estado do Rio de Janeiro em Massas Cerâmicas para Porcelanato: Formulação, propriedades físicas e microestrutura*. Tese de Doutorado (Engenharia e Ciências de Materiais) – Campos dos Goitacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte-Fluminense – UENF. 150pp.
- HAAR, M. *Random Decimal Fraction Generator*. Disponível em <http://www.random.org/>. Acesso em 29/08/2012.

- HESPANHOL, D. C. F. (2009) *Influência da Dispersão na Avaliação de Lotes Mínimos para a Determinação de Fatores de Weibull*. Monografia de Graduação (Engenharia de Materiais) – Campos dos Goitacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 37p.
- ISRAEL, G. D. (2012). *Determining Sample Size*. Disponível em <http://edis.ifas.ufl.edu/pd006>. Acesso em 17/09/2012.
- JIANG, R.; MURTHY, D.N.P. (2011) A Study of Weibull Shape Parameter: Properties and Significance. *Reliability Engineering and System Safety*, 96 pp1619-1626.
- KAPUR, K.C., LAMBERSON (1977) *Reliability in Engineering Design*. John Wiley & Sons, pag.22: 301. 2ª Ed.
- KIRTAY, S.; DISPINAR, D. (2012) Effect of Ranking Selection on the Weibull Modulus Estimation. *Gazi University Journal of Science*, GU J Sci 25(1):pp175-187.
- LAFRAIA, J. R. B. (2001) *Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade* – Rio de Janeiro. Ed. Qualitymark. Petrobras. 388p.
- LINO, F. (2008) *Caracterização da Distribuição de Weibull em Ambientes Indoor*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Elétrica) – Campinas – SP. Pontifícia Universidade Católica – PUC. 79pp.
- LUCIO, A.D.; SOUZA, M.F.; HELDWEIN; A.B.; CARPES, R.H.; CARVALHO, M.P. Tamanho da Amostra e Método de Amostragem para Avaliação de Características de Pimentão em Estufa Plástica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, p. 180-184, abril/junho 2003.
- MENEGAZZO, A.P.M.; PASCHOAL, J.O.A.; ANDRADE, A.A.M.; CARVALHO, J.C.; GOUVÊA, D. (2002) Avaliação da Resistência Mecânica e Módulo de Weibull de Produtos Tipo Grés Porcelanato e Granito. *Revista Cerâmica Industrial* 7 (1) Janeiro/Fevereiro, 2002.
- PERES, P.I.S; DUARTE, E.T.V.; CARVALHO, E.A. (2003) A Influência da Escolha do Rank Mediano e Lote mínimo no Valor do Módulo de Weibull. *Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, 1-8 jun.
- ROCHA, P.A.C; De SOUZA, R.C.; De ANDRADE, C. F. e Da SILVA, M.E.V. (2012) Comparison of seven numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy in northeast region of Brazil. *Applied Energy*. v.89 pp 395-400.

START (2003) – Selected Topics in Assurance Related Technologies Publication. Kolmogorov-Smirnov: *A Goodness of Fit Test for Small Samples*. START 2003-6 K-S Test. Available at <http://rac.alionscience.com/rac/jsp/start/startsheet.jsp>

STEVENSON, W. (1981) *Estatística Aplicada à Administração*. Ed. Harbra Ltda. 495pp.

TAMY, V. (2009) *Influência dos Estimadores de Rank e do Tamanho do Lote nos Fatores de Weibull*. Monografia de Graduação (Engenharia de Materiais) – Campos dos Goitacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 37p.

WEIBULL, W. A. A (1951) Statistical Distribution Functions of Wide Applicability. *Journal of Applied Mechanics* 18p 293-302.

VIEIRA, M.C.O. (2010) Ensaio Destrutivos de Tubos Poliméricos Reforçados Internamente com Aço. Dissertação de Mestrado (Ciências Mecânicas) – Brasília,DF. Universidade de Brasília – UNB, 36p.

YAHAYA, A.S; YEE, C.S; RAMLI, N.A. and AHMAD, F. (2012) Determination of Best Probability Plotting Position for Predicting Parameters of Weibull Distribution. *International Journal of Applied Science and Technology*. Vol.2 N3. March.

ANEXO I

Tabela I: Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ para Faixa 0 a 1.

Faixa Numérica	Método	Erro Relativo (r)	Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ (Descarte a partir de / Inclusive)			
			CV 0,1	CV 0,2	CV 0,3	CV 0,4
0 a 1	Normal	0.01	10	25	45	50
		0.02	5	15	20	30
		0.03	5	10	15	20
		0.04	NA	5	10	15
		0.05	NA	5	10	10
		0.06	NA	5	5	10
		0.07	NA	5	5	10
		0.08	NA	5	5	10
		0.09	NA	5	5	NA
		0.10	NA	5	5	NA
	Weibull MLE	0.01	10	25	45	50
		0.02	5	15	20	30
		0.03	5	10	10	20
		0.04	5	5	10	15
		0.05	NA	5	55	10
		0.06	NA	5	5	NA
		0.07	NA	5	5	NA
		0.08	NA	5	5	NA
		0.09	NA	5	5	NA
		0.10	NA	5	5	NA
	Weibull PP	0.01	10	25	50	55
		0.02	5	15	20	30
		0.03	5	10	15	20
		0.04	5	5	15	20
		0.05	NA	5	10	15
		0.06	NA	5	10	15
		0.07	NA	5	10	10
		0.08	NA	5	5	10
		0.09	NA	5	5	10
		0.10	NA	5	5	10
	Weibull HP	0.01	10	25	50	60
		0.02	5	15	25	35
		0.03	5	10	15	35
		0.04	5	5	15	20
		0.05	NA	5	10	15
		0.06	NA	5	10	15
		0.07	NA	5	10	10
		0.08	NA	5	5	10
		0.09	NA	5	5	10
		0.10	NA	5	5	10

Tabela II: Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ para Faixa 0 a 0,75

Faixa Numérica	Método	Erro Relativo (r)	Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ (Descarte a partir de / Inclusive)
----------------	--------	-------------------	---

			CV 0,1	CV 0,2	CV 0,3	CV 0,4
0 a 0,75	Normal	0.01	10	25	50	55
		0.02	5	15	25	20
		0.03	NA	10	20	15
		0.04	NA	5	15	10
		0.05	NA	5	10	10
		0.06	NA	5	10	5
		0.07	NA	5	10	5
		0.08	NA	5	5	5
		0.09	NA	5	5	5
		0.10	NA	5	5	5
	MLE	0.01	10	30	50	55
		0.02	5	15	25	20
		0.03	5	10	20	15
		0.04	NA	5	15	10
		0.05	NA	5	10	10
		0.06	NA	5	10	55
		0.07	NA	5	10	5
		0.08	NA	5	5	5
		0.09	NA	5	5	5
		0.10	NA	5	5	5
	PP	0.01	10	25	60	70
		0.02	5	15	35	30
		0.03	5	10	25	15
		0.04	5	5	20	10
		0.05	NA	5	15	10
		0.06	NA	5	15	10
		0.07	NA	5	10	10
		0.08	NA	5	10	10
		0.09	NA	5	10	10
		0.10	NA	5	10	5
	HP	0.01	10	25	60	70
		0.02	5	15	35	30
		0.03	5	10	25	15
		0.04	5	5	20	15
		0.05	NA	5	15	10
		0.06	NA	5	15	10
		0.07	NA	5	15	10
		0.08	NA	5	10	5
		0.09	NA	5	10	5
		0.10	NA	5	10	5

Tabela III: Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ para Faixa 0 a 0,5

Faixa Numérica	Método	Erro Relativo (r)	Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ (Descarte a partir de / Inclusive)
----------------	--------	-------------------	---

			CV 0,1	CV 0,2	CV 0,3	CV 0,4
0 a 0,5	Normal	0.01	10	20	45	55
		0.02	NA	5	25	20
		0.03	NA	5	15	10
		0.04	NA	NA	10	5
		0.05	NA	NA	5	5
		0.06	NA	NA	5	5
		0.07	NA	NA	5	5
		0.08	NA	NA	5	5
		0.09	NA	NA	5	5
		0.10	NA	NA	5	5
	MLE	0.01	15	15	45	55
		0.02	5	5	25	20
		0.03	5	5	15	10
		0.04	NA	5	10	5
		0.05	NA	NA	5	5
		0.06	NA	NA	5	5
		0.07	NA	NA	5	5
		0.08	NA	NA	5	5
		0.09	NA	NA	5	5
		0.10	NA	NA	5	5
	PP	0.01	15	25	45	75
		0.02	5	10	25	40
		0.03	NA	5	15	20
		0.04	NA	5	10	15
		0.05	NA	5	10	5
		0.06	NA	5	10	5
		0.07	NA	5	5	5
		0.08	NA	NA	5	5
		0.09	NA	NA	5	5
		0.10	NA	NA	5	5
	HP	0.01	15	25	45	80
		0.02	5	10	25	45
		0.03	NA	5	15	20
		0.04	NA	5	15	10
		0.05	NA	5	10	5
		0.06	NA	5	5	5
		0.07	NA	5	5	5
		0.08	NA	NA	5	5
		0.09	NA	NA	5	5
		0.10	NA	NA	5	5

Tabela IV: Aplicação do Oitavo Critério: Seleção do uso do Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ para Faixa 0 a 0,25

Faixa Numérica	Método	Erro Relativo (r)	Lote Mínimo $> nf - 1$ ou $n_0 - 1$ (Descarte a partir de / Inclusive)
----------------	--------	-------------------	---

			CV 0,1	CV 0,2	CV 0,3	CV 0,4
0 a 0,25	Normal	0.01	10	20	45	65
		0.02	5	5	20	35
		0.03	5	5	15	20
		0.04	5	5	10	15
		0.05	5	5	10	10
		0.06	NA	5	5	10
		0.07	NA	5	5	5
		0.08	NA	NA	5	5
		0.09	NA	NA	5	5
		0.10	NA	NA	5	5
	MLE	0.01	10	20	45	65
		0.02	5	10	20	35
		0.03	5	10	15	25
		0.04	5	5	10	20
		0.05	5	5	5	10
		0.06	NA	5	5	10
		0.07	NA	5	5	5
		0.08	NA	NA	5	5
		0.09	NA	NA	5	5
		0.10	NA	NA	5	5
	PP	0.01	15	25	45	90
		0.02	5	10	25	60
		0.03	5	10	15	35
		0.04	5	5	15	30
		0.05	5	5	10	25
		0.06	5	5	10	20
		0.07	NA	5	5	20
		0.08	NA	5	5	10
		0.09	NA	5	5	10
		0.10	NA	5	5	10
	HP	0.01	15	25	45	95
		0.02	5	15	25	55
		0.03	5	10	15	40
		0.04	5	10	15	30
		0.05	5	5	10	25
		0.06	5	5	10	20
		0.07	NA	5	5	20
		0.08	NA	5	5	20
		0.09	NA	5	5	10
		0.10	NA	5	5	10