6
Descrição e Análise Exploratória dos Dados

O presente capítulo objetiva entender o comportamento das séries de retorno financeiras para as carteiras de investimento elaboradas no capítulo anterior. Tal análise contribuirá para o entendimento do método utilizado para o cálculo do valor em risco (VaR).

6.1. Considerações gerais

Para dispor das séries financeiras para as carteiras de investimento é necessário ampliar o número de intervalos (reveja a Tabela 2). Mantendo a mesma idéia, os sub-períodos continuaram tendo duração de 1,5 anos. Logo, apresentamos abaixo uma tabela onde foi adicionado novos sub-períodos.

Intervalo	Sub-período
1	06/07/94 - 05/01/96
2	08/01/96 - 07/07/97
3	08/07/97 - 07/01/99
4	08/01/99 - 07/07/00
5	10/07/00 - 09/01/02
6	10/01/02 - 09/07/03
7	10/07/03 - 07/01/05
8	10/01/05 - 07/07/06

Tabela 5 – Aumento do número de intervalos.

Para as carteiras geradas em um determinado intervalo, de um a cinco, o seu desempenho foi avaliado a posteriori. De forma mais explícita, as carteiras do intervalo 1 foram avaliadas entre os intervalos 2 e 5. As carteiras do intervalo 2 foram avaliadas entre os intervalos 3 e 5. As carteiras do intervalo 3 foram avaliadas entre os intervalos 4 e 6. As carteiras do intervalo 4 foram avaliadas entre os intervalos 5 e 7. Por fim, as carteiras do intervalo 5 foram avaliadas entre os intervalos 6 e 8.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

O retorno de uma determinada carteira de investimentos é dada pela seguinte equação:

$$R_{p,t} = \sum_{i=1}^{m} w_i * R_{i,t} \tag{53}$$

onde:

$R_{p,t}$: Retorno da carteira p no tempo t.

w_i : peso da ação i na carteira.

$R_{i,t}$: retorno da ação i no tempo t.

m : quantidade de ações que compõem a carteira.

Neste capítulo são apresentadas as seguintes estatísticas: Histograma, Correlograma dos retornos e Correlograma dos retornos ao quadrado. Estas foram realizadas para cada uma das 14 carteiras de investimento.

A elaboração do histograma nos permite visualizar o formato da distribuição de probabilidade empírica do retorno da carteira de investimentos. Além disso, o software Eviews fornece estatísticas descritivas e o teste de Jarque-Bera.

Quanto ao correlograma dos retornos, ele nos certifica se os retornos são independentes ou dependentes entre si. O teste Box-Ljung (coluna Q-Stat) investiga a autocorrelação existente entre tais retornos.

O mesmo é válido para o correlograma dos retornos ao quadrado sendo que, para este caso, os dados fornecidos ao software são os retornos da carteira elevados ao quadrado.

6.2. Histogramas

O objetivo principal de plotar os histogramas é a verificação de normalidade para as séries de retornos das carteiras de investimento. Sob normalidade, teoricamente, a assimetria (skewness) e a curtose (kurtosis) deveriam ser, respectivamente, 0 e 3.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Para uma verificação formal utiliza-se o teste de Jarque-Bera (JB). O teste avalia a hipótese de que determinada variável tem distribuição normal com média e variância especificada, contra a hipótese alternativa de que não tem distribuição normal. Para tal, calcula-se a assimetria e a curtose. A estatística de Jarque-Bera é:

$$JB = n\left[\frac{A^2}{6} + \frac{(C-3)^2}{24}\right]$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - E(R))^3}{\frac{n}{\sigma^3}}$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - E(R))^4}{\frac{n}{\sigma^4}}$$

onde:

n: tamanho da amostra;

A: assimetria dos retornos;

C: curtose dos retornos.

Assintoticamente essa estatística segue distribuição qui-quadrado com 2 graus de liberdade.

A probabilidade de Jarque-Bera é a probabilidade de que a estatística JB exceda o valor observado se a hipótese nula de normalidade for verdadeira. Portanto, um valor de probabilidade de JB próxima de zero significa que a hipótese de normalidade deve ser rejeitada.

Estão apresentados, a seguir, os histogramas dos retornos das carteiras de investimento.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 1

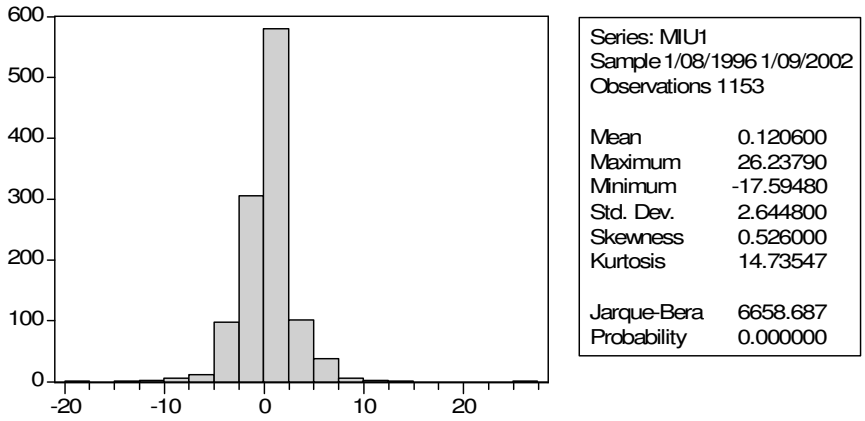


Figura 4 – Histograma da carteira selecionada pelo M.I.U.

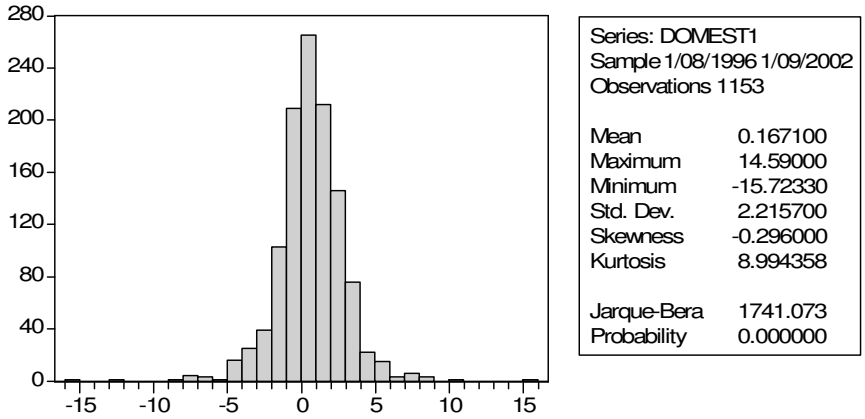


Figura 5 – Histograma da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

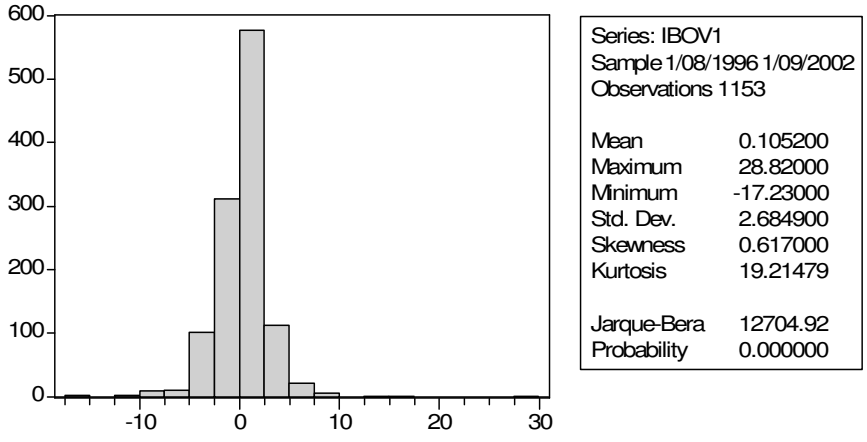


Figura 6 – Histograma da carteira do IBOVESPA.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Nas figuras 4, 5 e 6 encontram-se os histogramas e as estatísticas descritivas das séries em questão. Podemos concluir que as hipóteses de simetria e excesso de curtose nulo devem ser rejeitadas; o teste de Jarque-Bera rejeita a hipótese de normalidade.

• Intervalo 2

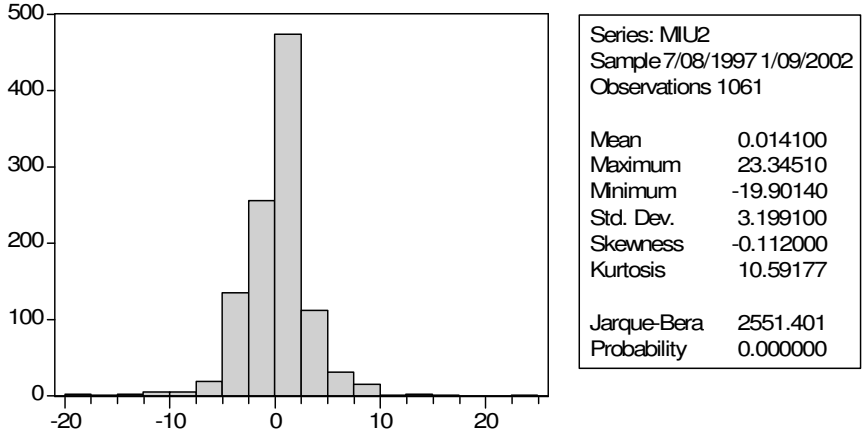


Figura 7 – Histograma da carteira selecionada pelo M.I.U.

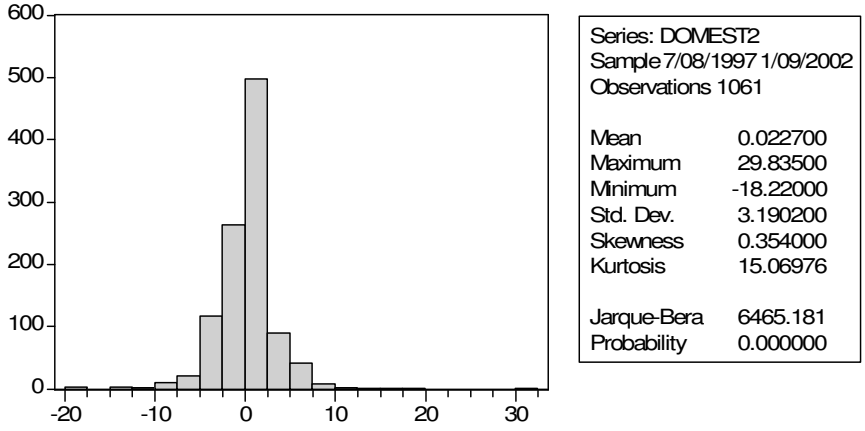


Figura 8 – Histograma da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

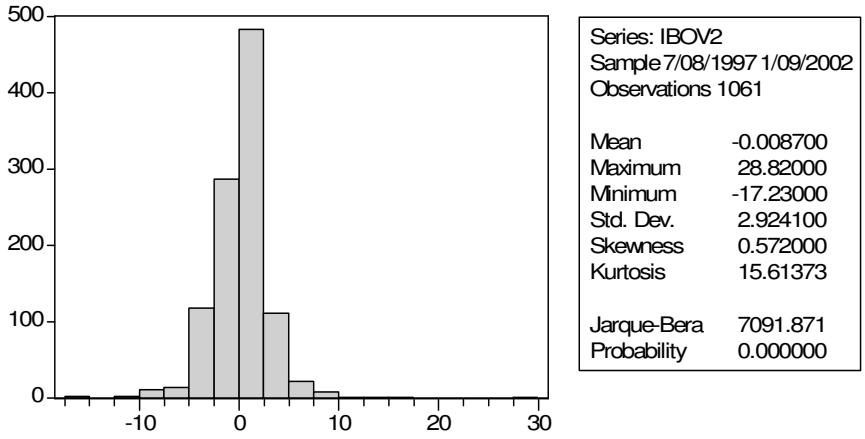


Figura 9 – Histograma da carteira do IBOVESPA.

Observando as figuras 7, 8 e 9 percebemos que as hipóteses de simetria e de excesso de curtose igual a zero são rejeitadas. Note também que o teste de Jarque-Bera rejeita a hipótese de normalidade.

• Intervalo 3

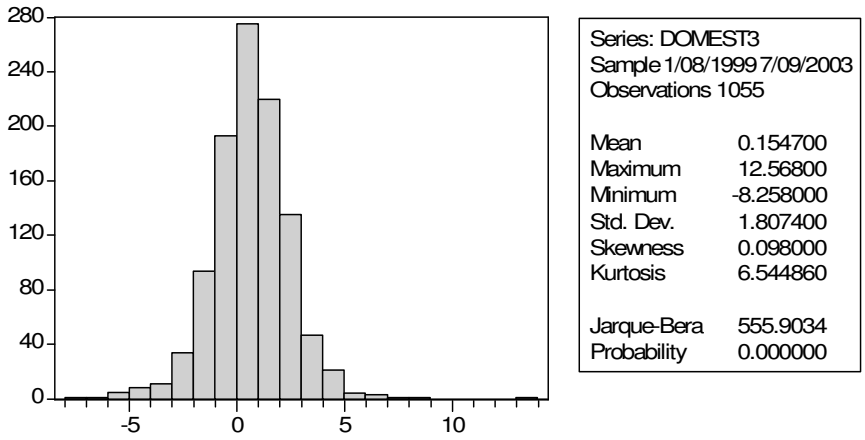


Figura 10 – Histograma da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

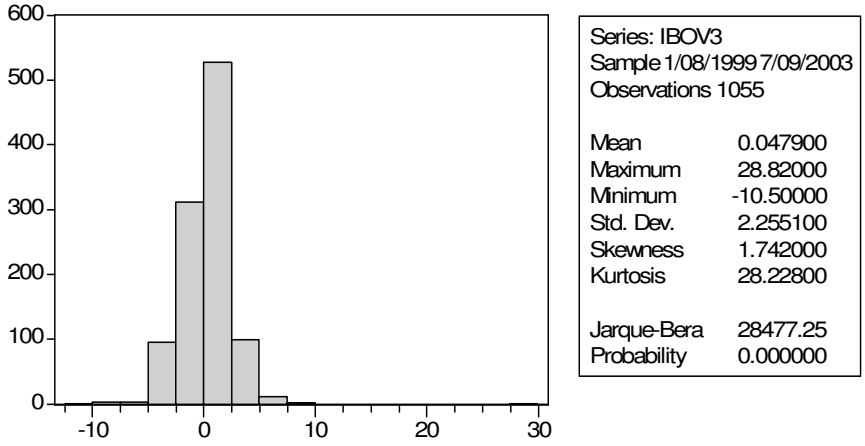


Figura 11 – Histograma da carteira do IBOVESPA.

Na série da figura 10 a hipótese de excesso de curtose nulo é rejeitada, mas a assimetria da série é consideravelmente menor. A hipótese de normalidade é rejeitada pelo teste de Jarque-Bera. Para a série da figura 11 também se verifica a não normalidade dos retornos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 4

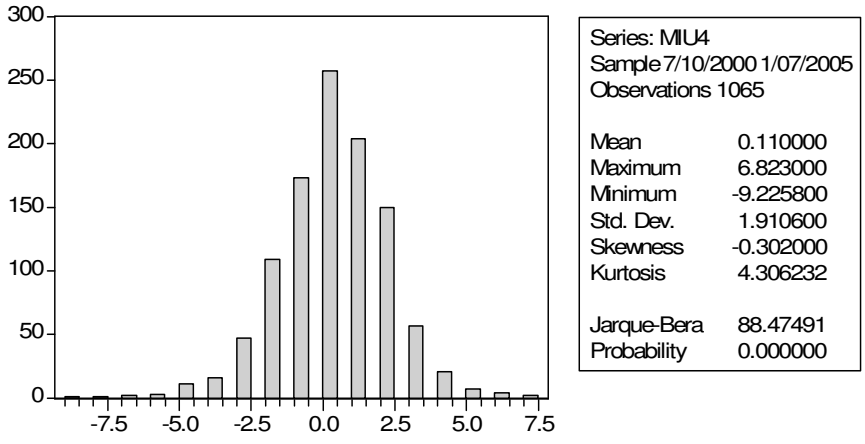


Figura 12 – Histograma da carteira selecionada pelo M.I.U.

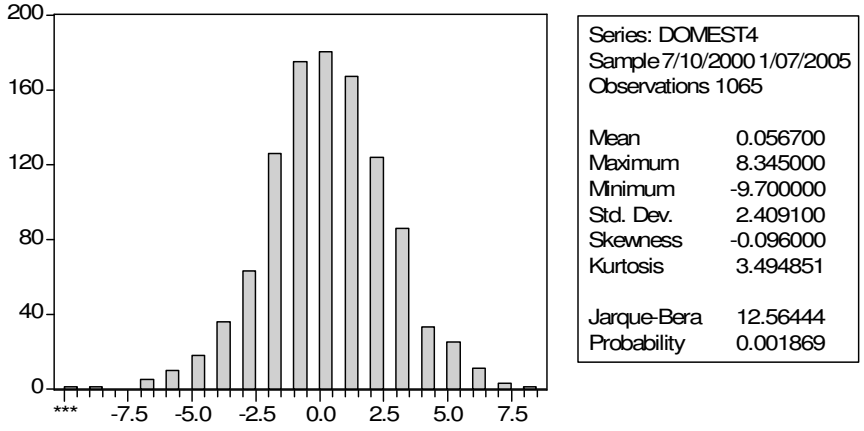


Figura 13 – Histograma da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

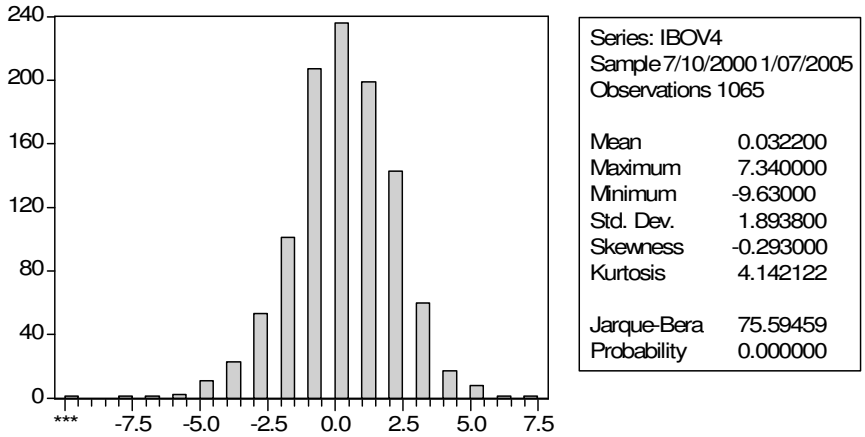


Figura 14 – Histograma da carteira do IBOVESPA.

Observando as figuras 12, 13 e 14, percebemos que estas apresentam as mesmas características dos histogramas anteriores, ou seja, curtose excessiva e assimetria não nula. A hipótese de normalidade também é rejeitada pelo teste de Jarque-Bera.

• Intervalo 5

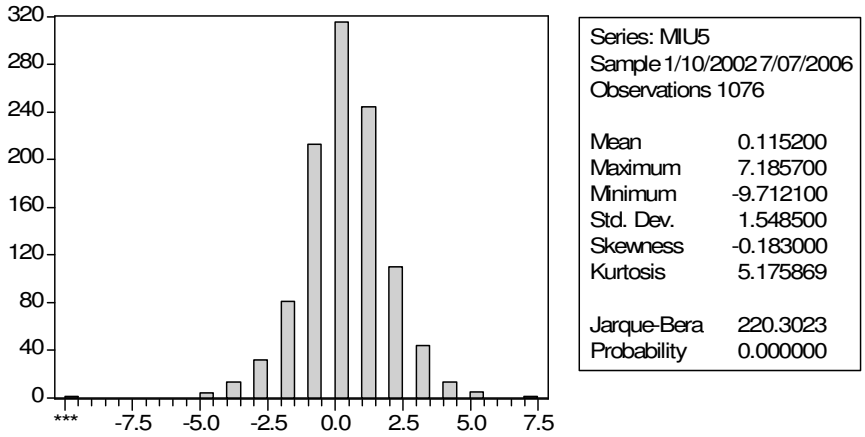


Figura 15 – Histograma da carteira selecionada pelo M.I.U.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

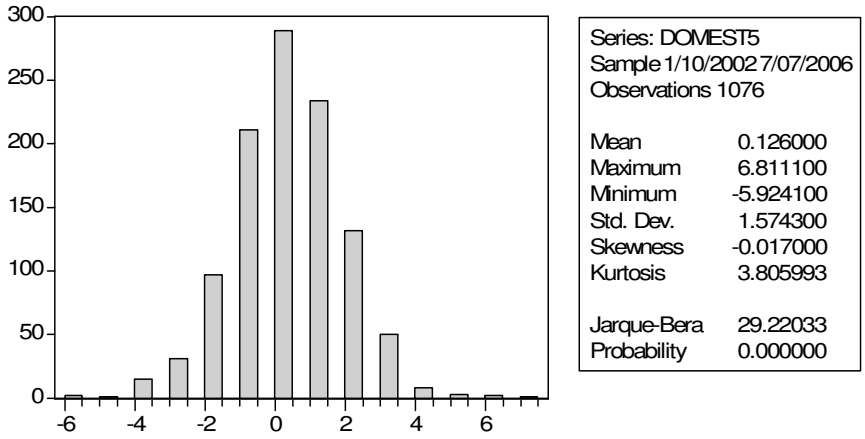


Figura 16 – Histograma da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

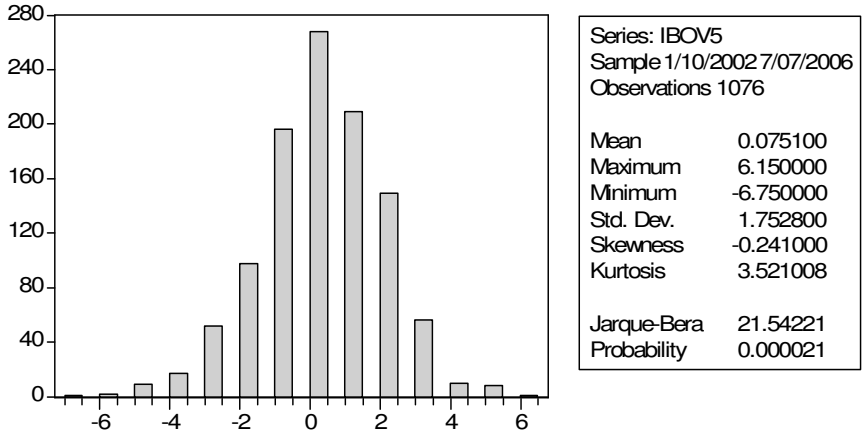


Figura 17 – Histograma da carteira do IBOVESPA.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Observando as figuras 15, 16 e 17 percebemos que as hipóteses de simetria e de excesso de curtose igual a zero são rejeitadas. O teste de Jarque-Bera também rejeita a hipótese de normalidade dos retornos.

Como esperado, as distribuições das séries dos retornos financeiros das carteiras de investimento são não normais. Elas apresentam leptocurtose, ou seja, excesso de curtose.

6.3. Correlograma dos retornos

O objetivo principal de plotar os correlogramas é investigar a presença de autocorrelação entre os retornos das carteiras de investimento. Na primeira coluna encontram-se os valores da função de autocorrelação (FAC), na segunda coluna os

valores da função de autocorrelação parcial e na terceira e quarta colunas os valores da estatística Q de Box-Ljung para o lag(k) e o seu p-valor, respectivamente.

O teste de Box-Ljung possui as seguintes hipóteses:

Hipótese nula: os retornos são aleatórios.
Hipótese alternativa: os retornos não são aleatórios.

A estatística de teste é:

$$Q - Stat = n(n+2)\sum_{j=1}^{k}\frac{r^2(j)}{n-j}$$

onde:

n : tamanho da amostra;

$r^2(j)$: autocorrelação em lag (j);

k : número de defasamentos a ser testado.

A hipótese nula é rejeitada se:

$$Q - Stat > \chi^2_{1-\alpha,k}$$

onde:

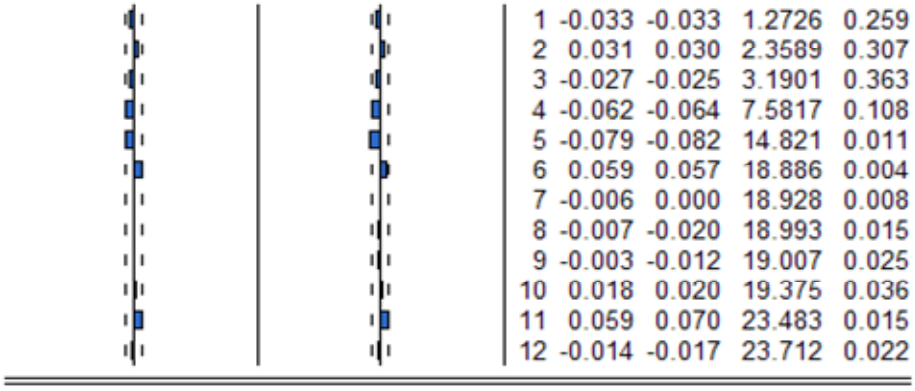
α : nível de significância.

Estão apresentados, a seguir, os correlogramas dos retornos das carteiras de investimento.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 1

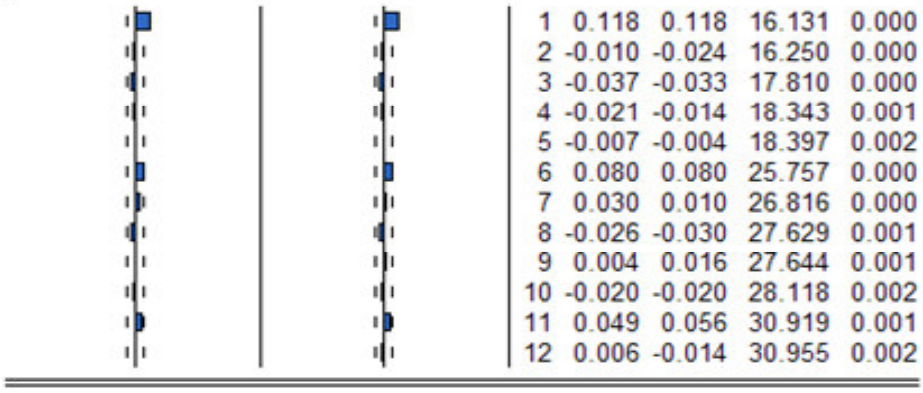
Date: 10/23/07 Time: 17:40
Sample: 1/08/1996 1/09/2002
Included observations: 1153



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.033	-0.033	1.2726	0.259
		2	0.031	0.030	2.3589	0.307
		3	-0.027	-0.025	3.1901	0.363
		4	-0.062	-0.064	7.5817	0.108
		5	-0.079	-0.082	14.821	0.011
		6	0.059	0.057	18.886	0.004
		7	-0.006	0.000	18.928	0.008
		8	-0.007	-0.020	18.993	0.015
		9	-0.003	-0.012	19.007	0.025
		10	0.018	0.020	19.375	0.036
		11	0.059	0.070	23.483	0.015
		12	-0.014	-0.017	23.712	0.022

Figura 18 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

Date: 10/23/07 Time: 17:46
Sample: 1/08/1996 1/09/2002
Included observations: 1153



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.118	0.118	16.131	0.000
		2	-0.010	-0.024	16.250	0.000
		3	-0.037	-0.033	17.810	0.000
		4	-0.021	-0.014	18.343	0.001
		5	-0.007	-0.004	18.397	0.002
		6	0.080	0.080	25.757	0.000
		7	0.030	0.010	26.816	0.000
		8	-0.026	-0.030	27.629	0.001
		9	0.004	0.016	27.644	0.001
		10	-0.020	-0.020	28.118	0.002
		11	0.049	0.056	30.919	0.001
		12	0.006	-0.014	30.955	0.002

Figura 19 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Date: 10/23/07 Time: 17:56
Sample: 1/08/1996 1/09/2002
Included observations: 1153

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.008	0.008	0.0754	0.784
		2	-0.011	-0.011	0.2202	0.896
		3	-0.088	-0.088	9.2532	0.026
		4	-0.014	-0.013	9.4943	0.050
		5	-0.024	-0.026	10.158	0.071
		6	0.068	0.060	15.477	0.017
		7	0.003	-0.001	15.485	0.030
		8	-0.048	-0.051	18.110	0.020
		9	0.002	0.014	18.116	0.034
		10	-0.014	-0.014	18.334	0.050
		11	0.077	0.074	25.266	0.008
		12	-0.036	-0.043	26.812	0.008

Figura 20 – Correlograma dos retornos da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 18, 19 e 20 permitem rejeitar a hipótese nula com significância estatística, porém a magnitude dos coeficientes das funções é sem relevância.

• Intervalo 2

Date: 10/23/07 Time: 18:15
Sample: 7/08/1997 1/09/2002
Included observations: 1061

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.096	0.096	9.7298	0.002
		2	-0.034	-0.044	10.974	0.004
		3	-0.028	-0.021	11.838	0.008
		4	-0.046	-0.043	14.060	0.007
		5	-0.029	-0.023	14.974	0.010
		6	-0.004	-0.003	14.991	0.020
		7	0.055	0.052	18.178	0.011
		8	0.049	0.036	20.704	0.008
		9	0.009	0.002	20.784	0.014
		10	0.033	0.037	21.920	0.016
		11	0.002	0.002	21.924	0.025
		12	-0.061	-0.054	25.946	0.011

Figura 21 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Date: 10/23/07 Time: 18:23
Sample: 7/08/1997 1/09/2002
Included observations: 1061

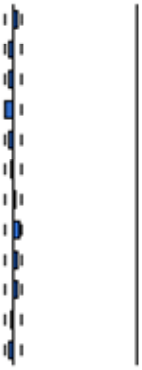
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.032	0.032	1.0856	0.297
		2	-0.025	-0.026	1.7690	0.413
		3	-0.030	-0.029	2.7518	0.431
		4	-0.058	-0.057	6.3932	0.172
		5	-0.026	-0.024	7.1359	0.211
		6	-0.023	-0.025	7.6847	0.262
		7	0.019	0.016	8.0740	0.326
		8	0.044	0.037	10.177	0.253
		9	0.028	0.023	11.029	0.274
		10	0.025	0.024	11.725	0.304
		11	-0.010	-0.007	11.827	0.377
		12	-0.034	-0.026	13.052	0.365

Figura 22 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Date: 10/23/07 Time: 18:29
Sample: 7/08/1997 1/09/2002
Included observations: 1061

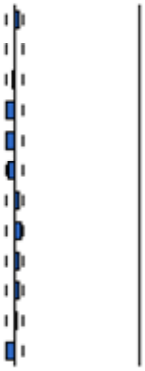
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.029	0.029	0.8860	0.347
		2	-0.008	-0.009	0.9562	0.620
		3	-0.023	-0.022	1.4999	0.682
		4	-0.065	-0.064	5.9860	0.200
		5	-0.069	-0.066	11.009	0.051
		6	-0.041	-0.040	12.833	0.046
		7	0.029	0.027	13.717	0.056
		8	0.053	0.044	16.675	0.034
		9	0.030	0.018	17.629	0.040
		10	0.030	0.022	18.599	0.046
		11	0.022	0.022	19.142	0.059
		12	-0.067	-0.059	23.904	0.021

Figura 23 – Correlograma dos retornos da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 21 e 23 permitem rejeitar a hipótese nula com significância estatística, porém a magnitude dos coeficientes das funções é sem relevância. No entanto, o correlograma da figura 22 não permite rejeitar a hipótese nula de independência dos retornos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 3

Date: 10/23/07 Time: 18:52
Sample: 1/08/1999 7/09/2003
Included observations: 1055

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.078	0.078	6.4227	0.011
		2	-0.005	-0.011	6.4487	0.040
		3	-0.033	-0.032	7.5960	0.055
		4	-0.061	-0.057	11.568	0.021
		5	-0.047	-0.039	13.898	0.016
		6	0.016	0.021	14.169	0.028
		7	-0.060	-0.068	18.038	0.012
		8	-0.031	-0.027	19.039	0.015
		9	-0.023	-0.024	19.614	0.020
		10	0.013	0.012	19.783	0.031
		11	0.017	0.007	20.089	0.044
		12	-0.017	-0.030	20.406	0.060

Figura 24 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Date: 10/23/07 Time: 18:57
Sample: 1/08/1999 7/09/2003
Included observations: 1055

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.028	0.028	0.8313	0.362
		2	-0.023	-0.024	1.4053	0.495
		3	-0.017	-0.016	1.7198	0.633
		4	-0.092	-0.092	10.761	0.029
		5	-0.053	-0.050	13.783	0.017
		6	0.012	0.010	13.945	0.030
		7	0.000	-0.006	13.945	0.052
		8	0.016	0.007	14.227	0.076
		9	0.050	0.041	16.895	0.050
		10	-0.033	-0.035	18.026	0.055
		11	0.026	0.031	18.729	0.066
		12	0.004	0.004	18.749	0.095

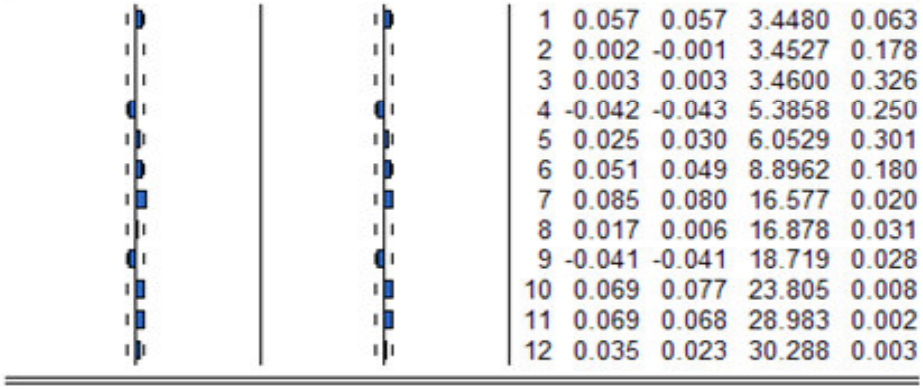
Figura 25 – Correlograma dos retornos da carteira do IBOVESPA.

Tanto o correlograma da figura 24 quanto o da figura 25 rejeitam a hipótese nula de independência dos retornos. No entanto, apenas o correlograma da figura 24 apresenta significância estatística. Mas, para tal correlograma, os coeficientes são sem relevância.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 4

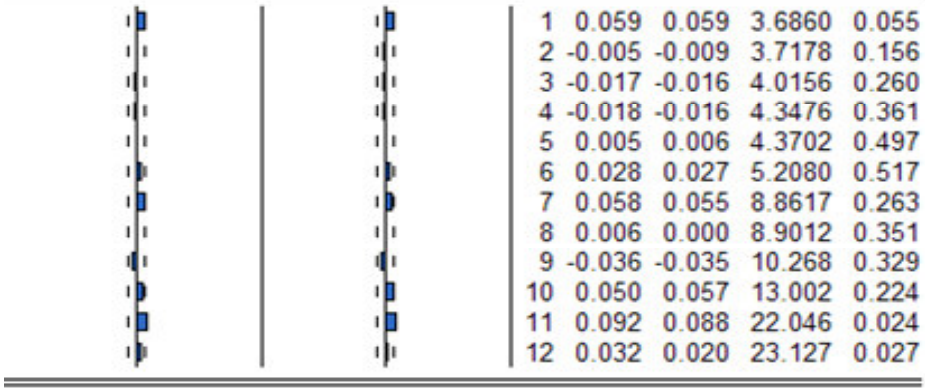
Date: 10/23/07 Time: 19:13
Sample: 7/10/2000 1/07/2005
Included observations: 1065



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.057	0.057	3.4480	0.063
		2	0.002	-0.001	3.4527	0.178
		3	0.003	0.003	3.4600	0.326
		4	-0.042	-0.043	5.3858	0.250
		5	0.025	0.030	6.0529	0.301
		6	0.051	0.049	8.8962	0.180
		7	0.085	0.080	16.577	0.020
		8	0.017	0.006	16.878	0.031
		9	-0.041	-0.041	18.719	0.028
		10	0.069	0.077	23.805	0.008
		11	0.069	0.068	28.983	0.002
		12	0.035	0.023	30.288	0.003

Figura 26 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

Date: 10/23/07 Time: 19:18
Sample: 7/10/2000 1/07/2005
Included observations: 1065

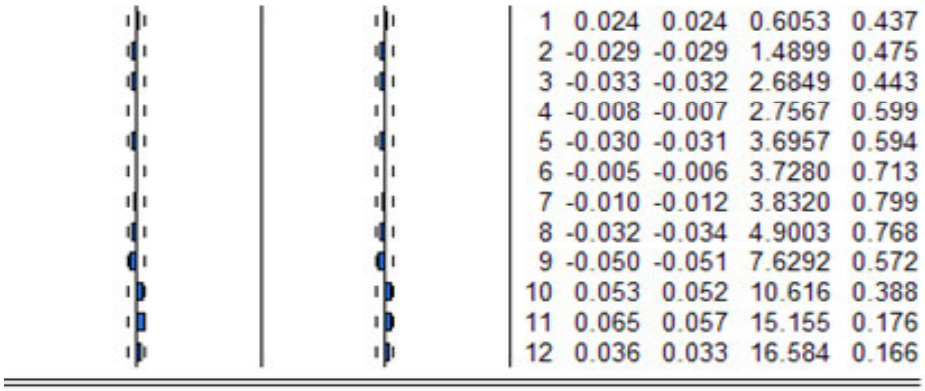


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.059	0.059	3.6860	0.055
		2	-0.005	-0.009	3.7178	0.156
		3	-0.017	-0.016	4.0156	0.260
		4	-0.018	-0.016	4.3476	0.361
		5	0.005	0.006	4.3702	0.497
		6	0.028	0.027	5.2080	0.517
		7	0.058	0.055	8.8617	0.263
		8	0.006	0.000	8.9012	0.351
		9	-0.036	-0.035	10.268	0.329
		10	0.050	0.057	13.002	0.224
		11	0.092	0.088	22.046	0.024
		12	0.032	0.020	23.127	0.027

Figura 27 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Date: 10/23/07 Time: 19:25
Sample: 7/10/2000 1/07/2005
Included observations: 1065



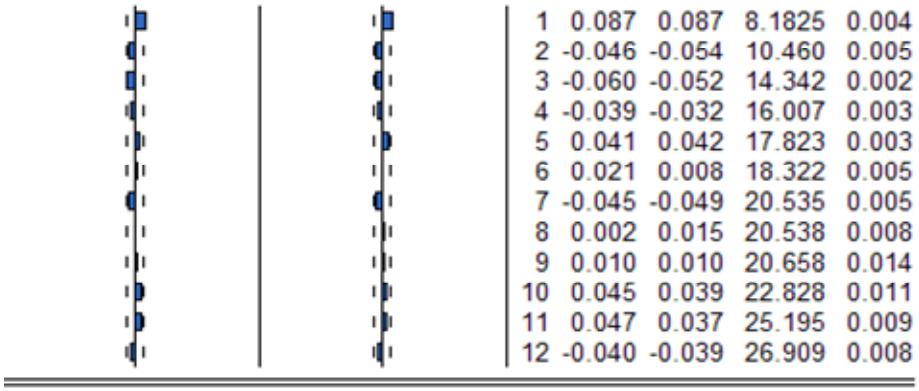
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.024	0.024	0.6053	0.437
		2	-0.029	-0.029	1.4899	0.475
		3	-0.033	-0.032	2.6849	0.443
		4	-0.008	-0.007	2.7567	0.599
		5	-0.030	-0.031	3.6957	0.594
		6	-0.005	-0.006	3.7280	0.713
		7	-0.010	-0.012	3.8320	0.799
		8	-0.032	-0.034	4.9003	0.768
		9	-0.050	-0.051	7.6292	0.572
		10	0.053	0.052	10.616	0.388
		11	0.065	0.057	15.155	0.176
		12	0.036	0.033	16.584	0.166

Figura 28 – Correlograma dos retornos da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas da figuras 26, 27 e 28 rejeitam a hipótese de independência dos retornos. Dentre estes, os correlogramas das figuras 26 e 27 apresentam significância estatística. Porém nenhum destes possui magnitude dos coeficientes das funções relevantes.

• Intervalo 5

Date: 10/23/07 Time: 19:39
Sample: 1/10/2002 7/07/2006
Included observations: 1076

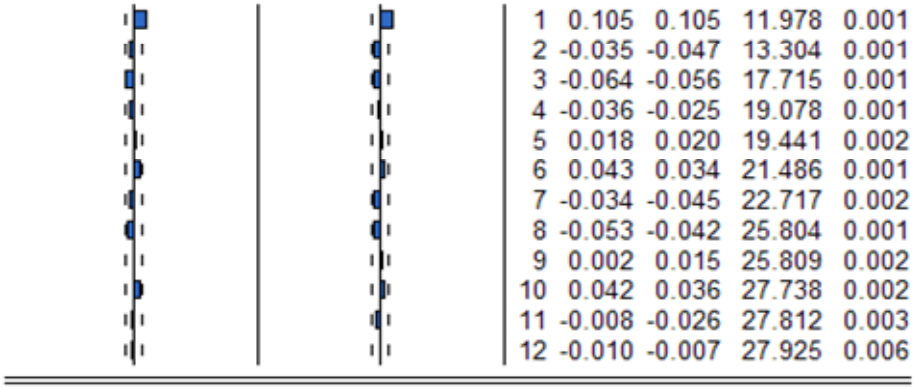


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.087	0.087	8.1825	0.004
		2	-0.046	-0.054	10.460	0.005
		3	-0.060	-0.052	14.342	0.002
		4	-0.039	-0.032	16.007	0.003
		5	0.041	0.042	17.823	0.003
		6	0.021	0.008	18.322	0.005
		7	-0.045	-0.049	20.535	0.005
		8	0.002	0.015	20.538	0.008
		9	0.010	0.010	20.658	0.014
		10	0.045	0.039	22.828	0.011
		11	0.047	0.037	25.195	0.009
		12	-0.040	-0.039	26.909	0.008

Figura 29 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

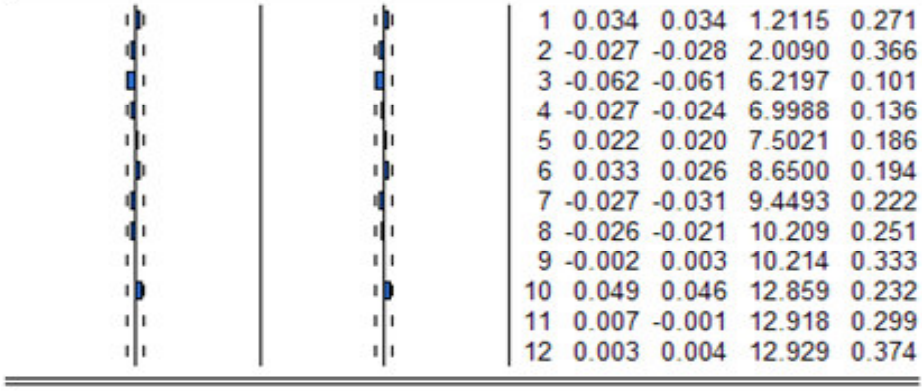
Date: 10/23/07 Time: 19:43
Sample: 1/10/2002 7/07/2006
Included observations: 1076



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.105	0.105	11.978	0.001
		2	-0.035	-0.047	13.304	0.001
		3	-0.064	-0.056	17.715	0.001
		4	-0.036	-0.025	19.078	0.001
		5	0.018	0.020	19.441	0.002
		6	0.043	0.034	21.486	0.001
		7	-0.034	-0.045	22.717	0.002
		8	-0.053	-0.042	25.804	0.001
		9	0.002	0.015	25.809	0.002
		10	0.042	0.036	27.738	0.002
		11	-0.008	-0.026	27.812	0.003
		12	-0.010	-0.007	27.925	0.006

Figura 30 – Correlograma dos retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Date: 10/23/07 Time: 19:47
Sample: 1/10/2002 7/07/2006
Included observations: 1076



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.034	0.034	1.2115	0.271
		2	-0.027	-0.028	2.0090	0.366
		3	-0.062	-0.061	6.2197	0.101
		4	-0.027	-0.024	6.9988	0.136
		5	0.022	0.020	7.5021	0.186
		6	0.033	0.026	8.6500	0.194
		7	-0.027	-0.031	9.4493	0.222
		8	-0.026	-0.021	10.209	0.251
		9	-0.002	0.003	10.214	0.333
		10	0.049	0.046	12.859	0.232
		11	0.007	-0.001	12.918	0.299
		12	0.003	0.004	12.929	0.374

Figura 31 – Correlograma dos retornos da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 29 e 30 rejeitam a hipótese nula de independência dos retornos. Estes também possuem significância estatística, mas a magnitude dos coeficientes das funções é irrelevante.

O correlograma da figura 31 não rejeita a hipótese de independência dos retornos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

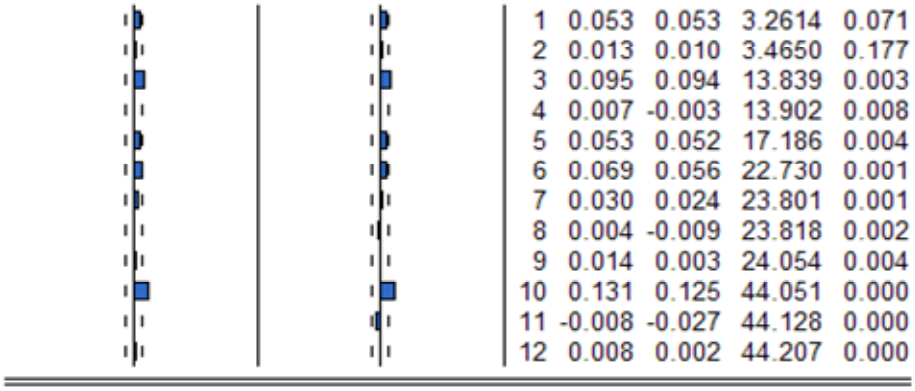
Portanto, as séries de retornos financeiros das carteiras de investimento estudadas apresentam independência ou, mais frequentemente, dependência linear desprezível entre as suas observações.

6.4. Correlograma dos retornos ao quadrado

O principal objetivo de plotar estes correlogramas é investigar a presença de dependência não-linear entre os retornos. Tal como na seção anterior, o teste de Box-Ljung será utilizado.

• Intervalo 1

Date: 10/23/07 Time: 17:34
Sample: 1/08/1996 1/09/2002
Included observations: 1153

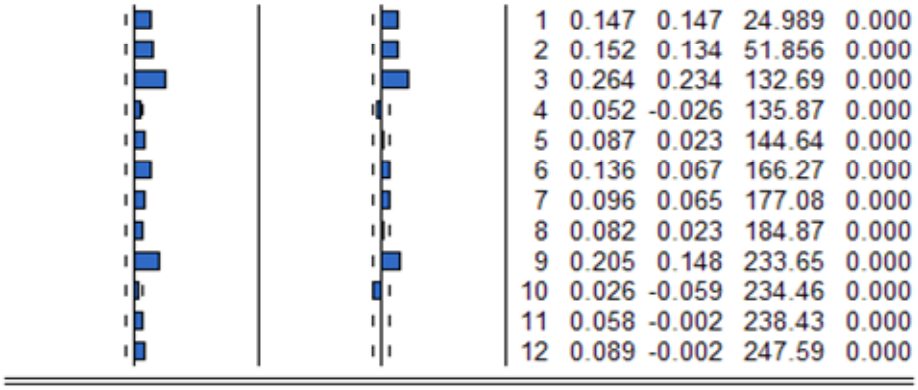


Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.053	0.053	3.2614	0.071
		2	0.013	0.010	3.4650	0.177
		3	0.095	0.094	13.839	0.003
		4	0.007	-0.003	13.902	0.008
		5	0.053	0.052	17.186	0.004
		6	0.069	0.056	22.730	0.001
		7	0.030	0.024	23.801	0.001
		8	0.004	-0.009	23.818	0.002
		9	0.014	0.003	24.054	0.004
		10	0.131	0.125	44.051	0.000
		11	-0.008	-0.027	44.128	0.000
		12	0.008	0.002	44.207	0.000

Figura 32 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pelo M.I.U.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

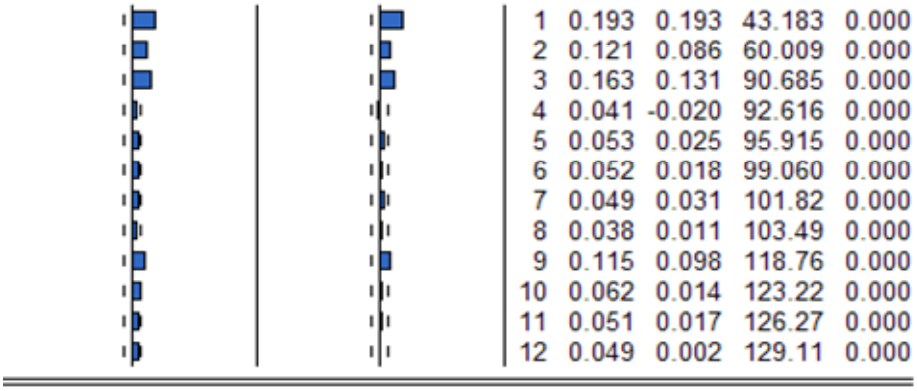
Date: 10/23/07 Time: 17:51
Sample: 1/08/1996 1/09/2002
Included observations: 1153



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.147	0.147	24.989	0.000
		2	0.152	0.134	51.856	0.000
		3	0.264	0.234	132.69	0.000
		4	0.052	-0.026	135.87	0.000
		5	0.087	0.023	144.64	0.000
		6	0.136	0.067	166.27	0.000
		7	0.096	0.065	177.08	0.000
		8	0.082	0.023	184.87	0.000
		9	0.205	0.148	233.65	0.000
		10	0.026	-0.059	234.46	0.000
		11	0.058	-0.002	238.43	0.000
		12	0.089	-0.002	247.59	0.000

Figura 33 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Date: 10/23/07 Time: 17:59
Sample: 1/08/1996 1/09/2002
Included observations: 1153



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.193	0.193	43.183	0.000
		2	0.121	0.086	60.009	0.000
		3	0.163	0.131	90.685	0.000
		4	0.041	-0.020	92.616	0.000
		5	0.053	0.025	95.915	0.000
		6	0.052	0.018	99.060	0.000
		7	0.049	0.031	101.82	0.000
		8	0.038	0.011	103.49	0.000
		9	0.115	0.098	118.76	0.000
		10	0.062	0.014	123.22	0.000
		11	0.051	0.017	126.27	0.000
		12	0.049	0.002	129.11	0.000

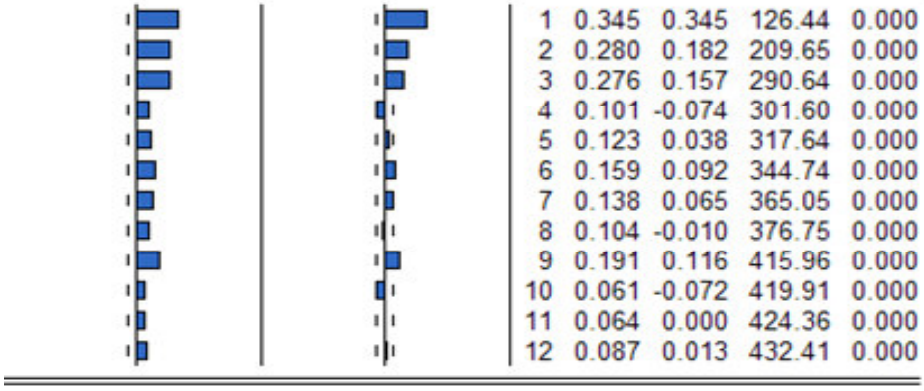
Figura 34 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 32, 33 e 34 rejeitam a hipótese nula de independência dos retornos quadrados. Além disso, estes correlogramas apresentam significância estatística e relevância na magnitude dos coeficientes das funções.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 2

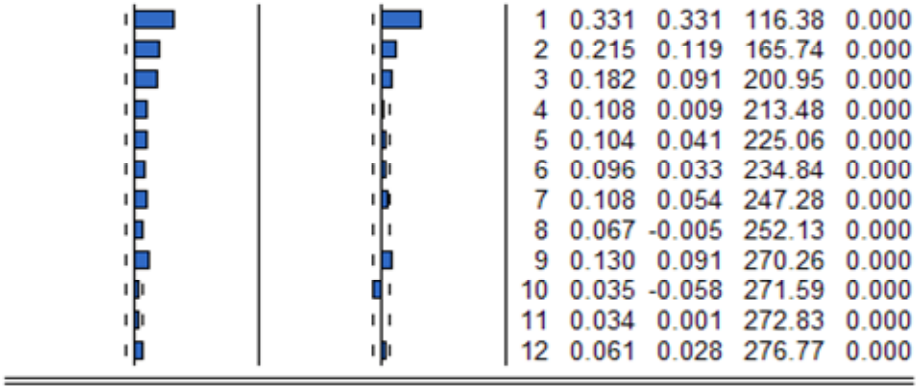
Date: 10/23/07 Time: 18:18
Sample: 7/08/1997 1/09/2002
Included observations: 1061



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.345	0.345	126.44	0.000
		2	0.280	0.182	209.65	0.000
		3	0.276	0.157	290.64	0.000
		4	0.101	-0.074	301.60	0.000
		5	0.123	0.038	317.64	0.000
		6	0.159	0.092	344.74	0.000
		7	0.138	0.065	365.05	0.000
		8	0.104	-0.010	376.75	0.000
		9	0.191	0.116	415.96	0.000
		10	0.061	-0.072	419.91	0.000
		11	0.064	0.000	424.36	0.000
		12	0.087	0.013	432.41	0.000

Figura 35 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pelo M.I.U.

Date: 10/23/07 Time: 18:26
Sample: 7/08/1997 1/09/2002
Included observations: 1061



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.331	0.331	116.38	0.000
		2	0.215	0.119	165.74	0.000
		3	0.182	0.091	200.95	0.000
		4	0.108	0.009	213.48	0.000
		5	0.104	0.041	225.06	0.000
		6	0.096	0.033	234.84	0.000
		7	0.108	0.054	247.28	0.000
		8	0.067	-0.005	252.13	0.000
		9	0.130	0.091	270.26	0.000
		10	0.035	-0.058	271.59	0.000
		11	0.034	0.001	272.83	0.000
		12	0.061	0.028	276.77	0.000

Figura 36 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Date: 10/23/07 Time: 18:31
Sample: 7/08/1997 1/09/2002
Included observations: 1061

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.191	0.191	38.917	0.000
		2	0.145	0.113	61.345	0.000
		3	0.202	0.163	104.69	0.000
		4	0.066	-0.009	109.29	0.000
		5	0.061	0.012	113.20	0.000
		6	0.109	0.065	125.86	0.000
		7	0.064	0.025	130.27	0.000
		8	0.032	-0.010	131.35	0.000
		9	0.122	0.089	147.36	0.000
		10	0.021	-0.031	147.84	0.000
		11	0.019	-0.007	148.22	0.000
		12	0.069	0.031	153.34	0.000

Figura 37 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 35, 36 e 37 rejeitam a hipótese nula de independência dos retornos quadrados. Observe, por exemplo, que as primeiras duas autocorrelações possuem a magnitude dos coeficientes das funções relevantes e estatisticamente significantes.

• Intervalo 3

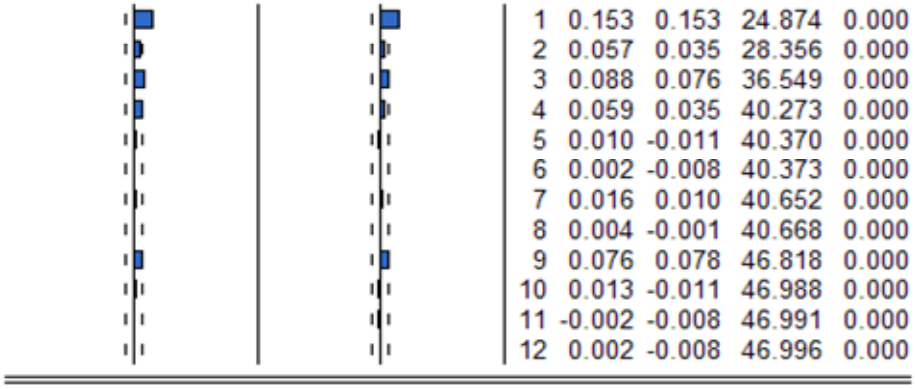
Date: 10/23/07 Time: 18:54
Sample: 1/08/1999 7/09/2003
Included observations: 1055

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.201	0.201	42.703	0.000
		2	0.154	0.118	67.827	0.000
		3	0.242	0.201	129.68	0.000
		4	0.139	0.054	150.33	0.000
		5	0.100	0.023	160.92	0.000
		6	0.078	-0.005	167.41	0.000
		7	0.072	0.014	172.99	0.000
		8	0.034	-0.017	174.21	0.000
		9	0.047	0.017	176.53	0.000
		10	0.100	0.075	187.22	0.000
		11	0.098	0.066	197.39	0.000
		12	0.062	0.013	201.53	0.000

Figura 38 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Date: 10/23/07 Time: 19:00
Sample: 1/08/1999 7/09/2003
Included observations: 1055



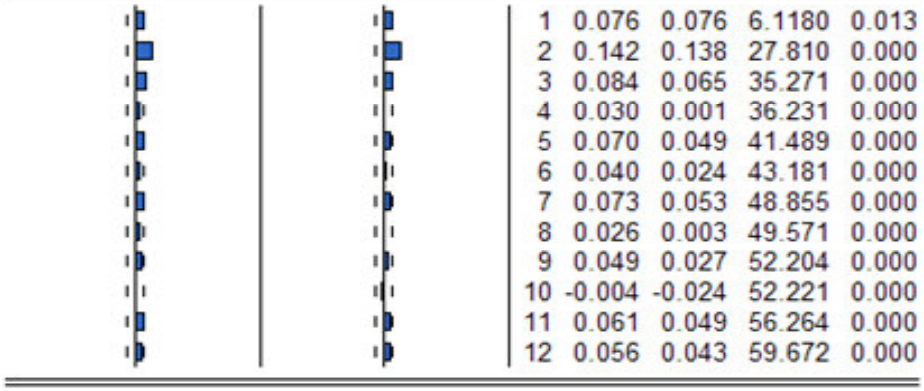
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.153	0.153	24.874	0.000
		2	0.057	0.035	28.356	0.000
		3	0.088	0.076	36.549	0.000
		4	0.059	0.035	40.273	0.000
		5	0.010	-0.011	40.370	0.000
		6	0.002	-0.008	40.373	0.000
		7	0.016	0.010	40.652	0.000
		8	0.004	-0.001	40.668	0.000
		9	0.076	0.078	46.818	0.000
		10	0.013	-0.011	46.988	0.000
		11	-0.002	-0.008	46.991	0.000
		12	0.002	-0.008	46.996	0.000

Figura 39 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 38 e 39 rejeitam a hipótese nula de independência dos retornos quadrados. Ambos apresentam significância estatística e relevância na magnitude dos coeficientes das funções.

• Intervalo 4

Date: 10/23/07 Time: 19:16
Sample: 7/10/2000 1/07/2005
Included observations: 1065



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.076	0.076	6.1180	0.013
		2	0.142	0.138	27.810	0.000
		3	0.084	0.065	35.271	0.000
		4	0.030	0.001	36.231	0.000
		5	0.070	0.049	41.489	0.000
		6	0.040	0.024	43.181	0.000
		7	0.073	0.053	48.855	0.000
		8	0.026	0.003	49.571	0.000
		9	0.049	0.027	52.204	0.000
		10	-0.004	-0.024	52.221	0.000
		11	0.061	0.049	56.264	0.000
		12	0.056	0.043	59.672	0.000

Figura 40 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pelo M.I.U.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Date: 10/23/07 Time: 19:21
Sample: 7/10/2000 1/07/2005
Included observations: 1065

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.007	0.007	12.053	0.817
		2	0.108	0.109	15.415	0.005
		3	0.085	0.044	16.705	0.008
		4	0.005	-0.004	16.923	0.027
		5	0.087	0.080	18.961	0.002
		6	0.009	0.006	19.050	0.004
		7	0.063	0.048	23.251	0.002
		8	-0.015	-0.024	23.489	0.003
		9	0.042	0.033	25.432	0.003
		10	-0.007	-0.016	25.492	0.004
		11	0.042	0.037	27.399	0.004
		12	0.065	0.055	31.911	0.001

Figura 41 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Date: 10/23/07 Time: 19:27
Sample: 7/10/2000 1/07/2005
Included observations: 1065

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.049	0.049	2.6107	0.106
		2	0.180	0.178	37.176	0.000
		3	0.087	0.074	45.363	0.000
		4	0.098	0.063	55.596	0.000
		5	0.025	-0.008	56.248	0.000
		6	0.041	0.007	58.027	0.000
		7	0.051	0.037	60.856	0.000
		8	0.012	-0.005	61.008	0.000
		9	0.059	0.042	64.765	0.000
		10	0.056	0.045	68.152	0.000
		11	0.037	0.013	69.655	0.000
		12	0.055	0.031	72.910	0.000

Figura 42 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 40, 41 e 42 rejeitam a hipótese nula de independência dos retornos quadrados. Observe como, para todas estas figuras, o lag(2) apresenta significância estatística e magnitude dos coeficientes das funções relevantes.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 5

Date: 10/23/07 Time: 19:41
Sample: 1/10/2002 7/07/2006
Included observations: 1076

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.122	0.122	16.188	0.000
		2	0.103	0.089	27.660	0.000
		3	0.085	0.064	35.542	0.000
		4	0.094	0.070	45.030	0.000
		5	0.093	0.065	54.429	0.000
		6	0.076	0.043	60.739	0.000
		7	0.023	-0.013	61.301	0.000
		8	0.088	0.065	69.791	0.000
		9	0.045	0.012	71.986	0.000
		10	0.170	0.145	103.43	0.000
		11	0.042	-0.009	105.33	0.000
		12	0.022	-0.020	105.86	0.000

Figura 43 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pelo M.I.U.

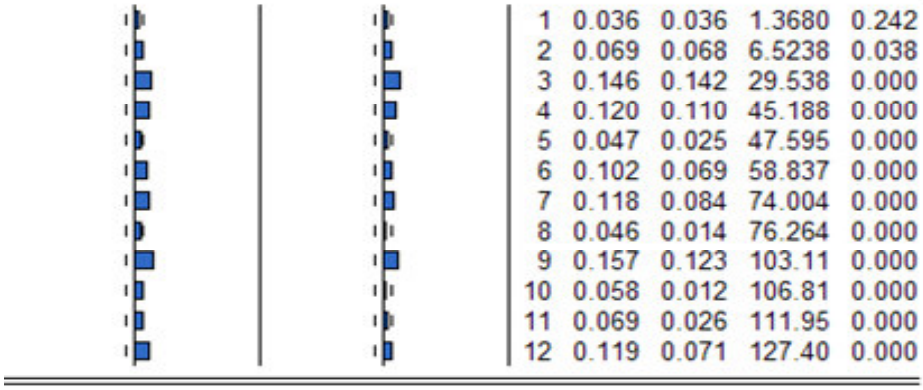
Date: 10/23/07 Time: 19:45
Sample: 1/10/2002 7/07/2006
Included observations: 1076

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.048	0.048	2.4697	0.116
		2	0.081	0.079	9.5718	0.008
		3	0.165	0.159	39.081	0.000
		4	0.176	0.163	72.527	0.000
		5	0.041	0.010	74.352	0.000
		6	0.134	0.090	93.922	0.000
		7	0.091	0.036	102.97	0.000
		8	0.052	0.004	105.95	0.000
		9	0.150	0.110	130.40	0.000
		10	0.083	0.028	137.96	0.000
		11	0.019	-0.026	138.38	0.000
		12	0.147	0.094	161.90	0.000

Figura 44 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

Date: 10/23/07 Time: 19:50
Sample: 1/10/2002 7/07/2006
Included observations: 1076



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.036	0.036	1.3680	0.242
		2	0.069	0.068	6.5238	0.038
		3	0.146	0.142	29.538	0.000
		4	0.120	0.110	45.188	0.000
		5	0.047	0.025	47.595	0.000
		6	0.102	0.069	58.837	0.000
		7	0.118	0.084	74.004	0.000
		8	0.046	0.014	76.264	0.000
		9	0.157	0.123	103.11	0.000
		10	0.058	0.012	106.81	0.000
		11	0.069	0.026	111.95	0.000
		12	0.119	0.071	127.40	0.000

Figura 45 – Correlograma dos retornos quadrados da carteira do IBOVESPA.

Os correlogramas das figuras 43, 44 e 45 rejeitam a hipótese nula dos retornos quadrados serem descorrelacionados. Todas estas figuras possuem significância estatística e magnitude dos coeficientes das funções relevantes.

Portanto, as séries dos retornos financeiros das carteiras de investimento analisadas apresentam um tipo de dependência não-linear, a qual é responsável pelos padrões alternantes de alta e baixa volatilidade observados nos gráficos da série de retornos.

É conveniente, neste momento, destacar os principais fatos estilizados observados:

- As séries são assimétricas;
- As séries apresentam curtose excessiva, o que significa que a probabilidade de ocorrência de valores extremos é mais alta do que a considerada pela distribuição de probabilidade Normal;
- Os retornos não são independentes, apresentando forte dependência no segundo momento. Tal característica é responsável pelos padrões alternantes de alta e baixa volatilidade observados nas séries de retornos.

Logo a hipótese de normalidade não deve ser assumida para séries de retornos financeiros, o que sugere que metodologias que levem em conta a

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

ocorrência de retornos extremos devem ser utilizadas no cálculo do VaR, principalmente quando o interesse está em baixas probabilidades.

6.5. Análise dos valores extremos

Os retornos extremos não apresentam as mesmas propriedades empíricas da série como um todo.

Sendo assim, faremos aqui uma breve análise dos extremos observados nas séries descritas acima, dado que são esses os retornos que carregam as informações necessárias para a estimação do VaR quando estamos interessados em baixas probabilidades.

Destacamos nos gráficos abaixo os 1% piores retornos ocorridos em cada série das carteiras de investimento, seguidos de tabelas com o número de dias de negociação entre suas ocorrências.

• Intervalo 1

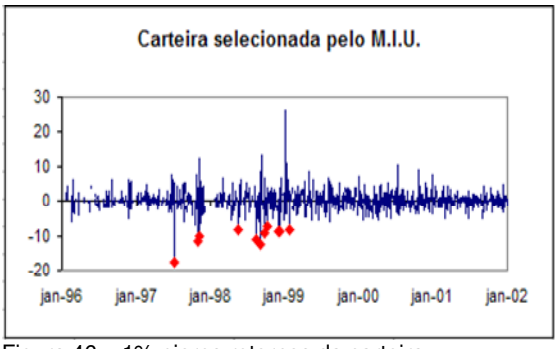


Figura 46 – 1% piores retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

Data	MIU1	Dias úteis
15/07/97	-17,59	-
07/11/97	-11,51	83
12/11/97	-10,33	3
26/05/98	-8,33	139
21/08/98	-11,13	63
10/09/98	-12,61	14
30/09/98	-9,04	14
14/10/98	-7,31	10
11/12/98	-8,58	42
14/12/98	-8,92	1
02/02/99	-8,46	36

Tabela 6 – Dias úteis entre retornos extremos usando M.I.U.

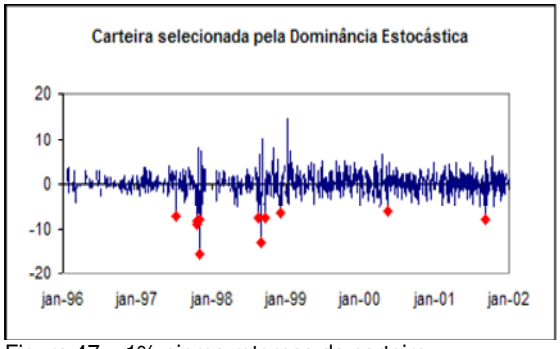


Figura 47 – 1% piores retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Data	Dom_est1	Dias úteis
15/07/97	-7,10	-
27/10/97	-8,46	74
30/10/97	-9,17	3
07/11/97	-8,14	6
12/11/97	-15,72	3
27/08/98	-7,46	206
10/09/98	-13,24	10
01/10/98	-7,57	15
14/12/98	-6,53	52
22/05/00	-6,10	375
13/09/01	-7,83	343

Tabela 7 – Dias úteis entre retornos extremos usando D.E.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

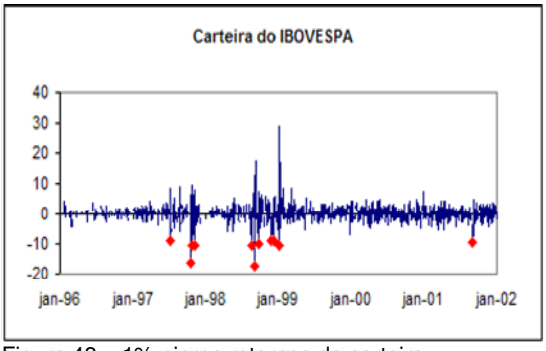


Figura 48 – 1% piores retornos da carteira do IBOVESPA.

Data	IBOVESPA1	Dias úteis
15/07/97	-8,90	-
27/10/97	-16,22	74
30/10/97	-10,33	3
12/11/97	-10,75	9
27/08/98	-10,48	206
10/09/98	-17,23	10
01/10/98	-10,09	15
03/12/98	-9,19	45
14/12/98	-8,89	7
14/01/99	-10,50	23
11/09/01	-9,63	693

Tabela 8 – Dias úteis entre retornos extremos do IBOVESPA.

• Intervalo 2

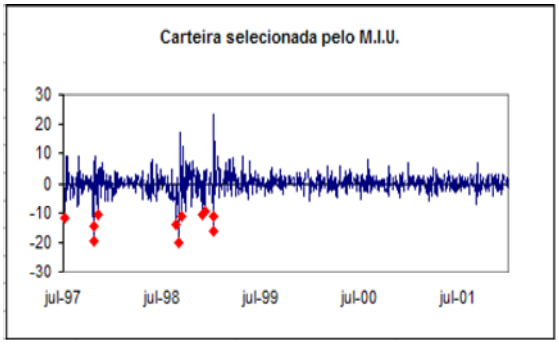


Figura 49 – 1% piores retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

Data	MIU2	Dias úteis
15/07/97	-11,70	-
27/10/97	-19,28	74
30/10/97	-14,60	3
12/11/97	-10,67	9
27/08/98	-14,08	206
10/09/98	-19,90	10
17/09/98	-11,44	5
03/12/98	-10,77	55
14/12/98	-9,53	7
13/01/99	-11,43	22
14/01/99	-16,27	1

Tabela 9 – Dias úteis entre retornos extremos usando M.I.U.

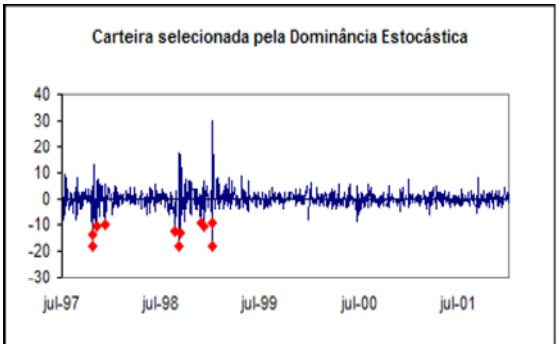


Figura 50 – 1% piores retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Data	Dom_est2	Dias úteis
27/10/97	-18,03	-
30/10/97	-13,64	3
12/11/97	-10,94	9
11/12/97	-9,91	21
27/08/98	-12,57	185
10/09/98	-18,02	10
17/09/98	-12,83	5
03/12/98	-9,43	55
14/12/98	-10,64	7
13/01/99	-9,47	22
14/01/99	-18,22	1

Tabela 10 – Dias úteis entre retornos extremos usando D.E.

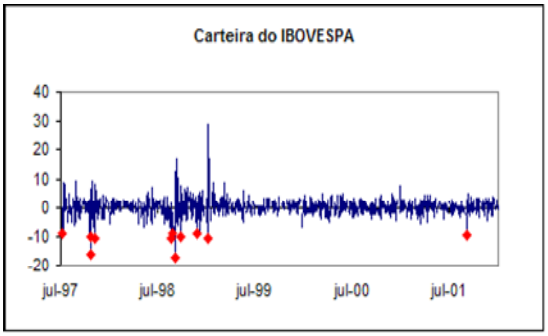


Figura 51 – 1% piores retornos da carteira do IBOVESPA.

Data	IBOVESPA2	Dias úteis
15/07/97	-8,90	-
27/10/97	-16,22	74
30/10/97	-10,33	3
12/11/97	-10,75	9
27/08/98	-10,48	206
03/09/98	-9,01	5
10/09/98	-17,23	5
01/10/98	-10,09	15
03/12/98	-9,19	45
14/01/99	-10,50	30
11/09/01	-9,63	693

Tabela 11 – Dias úteis entre retornos extremos do IBOVESPA.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

• Intervalo 3

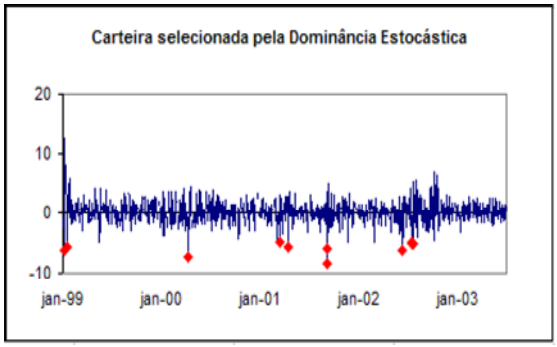


Figura 52 – 1% piores retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Data	Dom_est3	Dias úteis
14/01/99	-6,10	-
22/01/99	-5,54	6
14/04/00	-7,32	320
22/03/01	-4,78	244
20/04/01	-5,63	21
11/09/01	-8,26	102
13/09/01	-5,84	2
20/06/02	-6,31	200
25/07/02	-4,89	25
26/07/02	-5,21	1
30/07/02	-5,03	2

Tabela 12 – Dias úteis entre retornos extremos usando D.E.

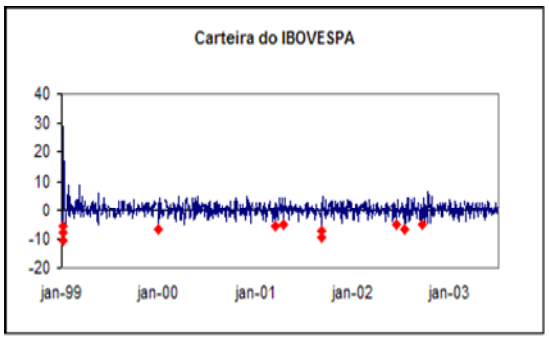


Figura 53 – 1% piores retornos da carteira do IBOVESPA.

Data	IBOVESPA3	Dias úteis
11/01/99	-5,74	-
12/01/99	-7,93	1
14/01/99	-10,50	2
04/01/00	-6,59	253
22/03/01	-5,43	317
20/04/01	-5,23	21
11/09/01	-9,63	102
13/09/01	-7,54	2
20/06/02	-5,22	200
22/07/02	-6,75	22
27/09/02	-5,40	49

Tabela 13 – Dias úteis entre retornos extremos do IBOVESPA.

• Intervalo 4

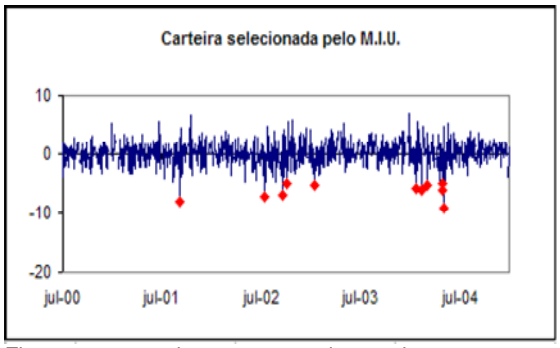


Figura 54 – 1% piores retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

Data	MIU4	Dias úteis
13/09/01	-8,00	-
22/07/02	-7,32	222
27/09/02	-6,91	49
14/10/02	-5,02	11
21/01/03	-5,27	71
29/01/04	-5,76	267
19/02/04	-5,99	15
10/03/04	-5,32	14
06/05/04	-6,12	41
07/05/04	-4,90	1
10/05/04	-9,23	1

Tabela 14 – Dias úteis entre retornos extremos usando M.I.U.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

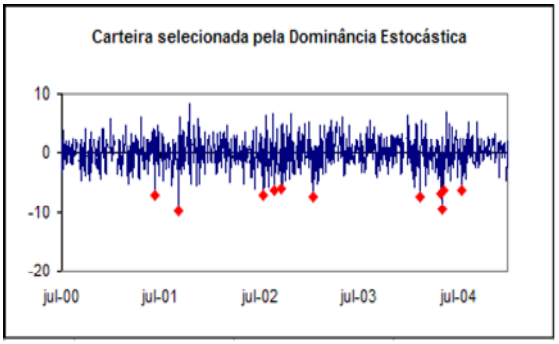


Figura 55 – 1% piores retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Data	Dom_est4	Dias úteis
18/06/01	-7,10	-
13/09/01	-9,70	63
22/07/02	-7,14	222
03/09/02	-6,22	31
27/09/02	-5,96	18
21/01/03	-7,30	82
19/02/04	-7,23	282
06/05/04	-6,67	55
10/05/04	-9,47	2
17/05/04	-6,14	5
23/07/04	-6,17	49

Tabela 15 – Dias úteis entre retornos extremos usando D.E.

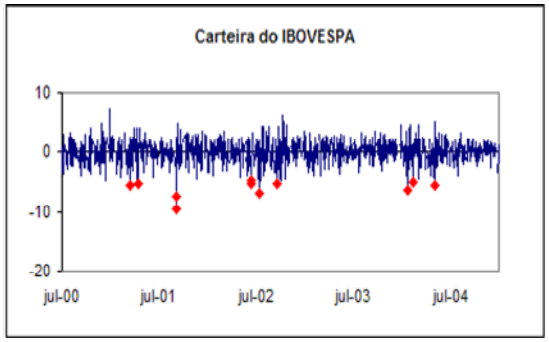


Figura 56 – 1% piores retornos da carteira do IBOVESPA.

Data	IBOVESPA4	Dias úteis
22/03/01	-5,43	-
20/04/01	-5,23	21
11/09/01	-9,63	102
13/09/01	-7,54	2
20/06/02	-5,22	200
21/06/02	-4,80	1
22/07/02	-6,75	21
27/09/02	-5,40	49
29/01/04	-6,34	349
19/02/04	-4,89	15
10/05/04	-5,61	57

Tabela 16 – Dias úteis entre retornos extremos do IBOVESPA.

• Intervalo 5

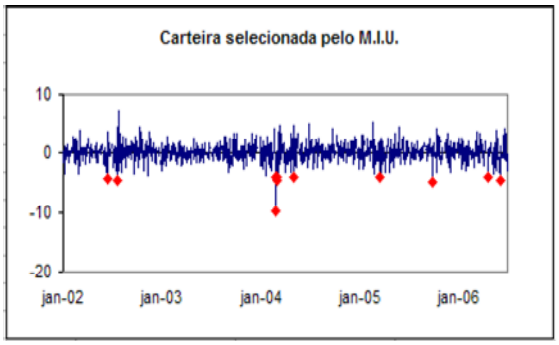


Figura 57 – 1% piores retornos da carteira selecionada pelo M.I.U.

Data	MIU5	Dias úteis
20/06/02	-4,26	-
26/07/02	-4,64	26
02/03/04	-4,07	417
03/03/04	-9,71	1
09/03/04	-4,56	4
10/03/04	-4,07	1
10/05/04	-4,17	43
23/03/05	-3,98	227
05/10/05	-4,86	140
27/04/06	-4,01	146
13/06/06	-4,51	33

Tabela 17 – Dias úteis entre retornos extremos usando M.I.U.

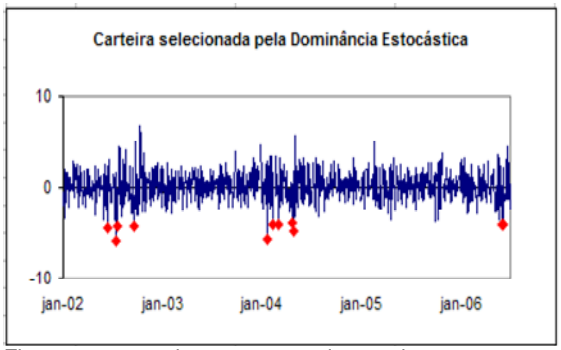


Figura 58 – 1% piores retornos da carteira selecionada pela Dominância Estocástica.

Data	Dom_est5	Dias úteis
20/06/02	-4,45	-
22/07/02	-5,92	22
26/07/02	-4,34	4
27/09/02	-4,29	45
29/01/04	-5,80	349
19/02/04	-4,04	15
10/03/04	-4,14	14
28/04/04	-3,87	35
06/05/04	-4,85	6
07/06/06	-4,08	544
12/06/06	-4,09	3

Tabela 18 – Dias úteis entre retornos extremos usando D.E.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA

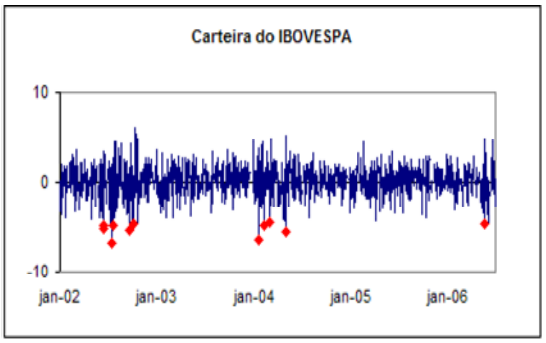


Figura 59 – 1% piores retornos da carteira do IBOVESPA.

Data	IBOVESPA5	Dias úteis
20/06/02	-5,22	-
21/06/02	-4,80	1
22/07/02	-6,75	21
26/07/02	-4,75	4
27/09/02	-5,40	45
14/10/02	-4,67	11
29/01/04	-6,34	338
19/02/04	-4,89	15
10/03/04	-4,52	14
10/05/04	-5,61	43
30/05/06	-4,65	536

Tabela 19 – Dias úteis entre retornos extremos do IBOVESPA.

Observando as figuras de 46 a 59, podemos notar que os extremos não se apresentam uniformemente distribuídos nas séries, mas sim formam aglomerados, o que indica que estes não devem ser considerados independentes. A ocorrência de um retorno extremo aumenta a probabilidade de que outro retorno extremo ocorra nos períodos subseqüentes.

Quando se aplica a Teoria dos Valores Extremos, tal problema pode ser grave para os métodos da regressão e máxima verossimilhança, onde a amostra é dividida em sub-amostras. A possibilidade de perda de valores extremos para estes casos fica evidente. Quando se usa o estimador de Hill, a interdependência dos valores extremos parece não ser tão grave, já que este avalia os extremos de toda a amostra. Um outro agravante na utilização dos métodos da regressão e de máxima verossimilhança é que, por a amostra ser curta, cria-se uma dificuldade extra na escolha do tamanho das sub-amostras, já que se pode ter sub-períodos muito curtos (os valores extremos ficam pouco consistentes) ou número reduzido de sub-amostras (acarretando pouca quantidade de valores extremos).

As tabelas entre 6 e 19 confirmam a hipótese de que a ocorrência de um retorno extremo aumenta a probabilidade de ocorrência de outro retorno extremo em dias subseqüentes. Não devemos, portanto, considerar os retornos extremos independentes para as séries das carteiras de investimento analisadas.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611752/CA