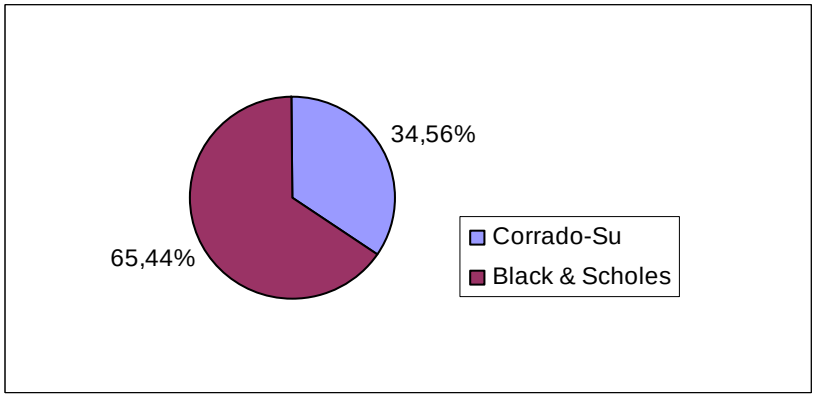
4
Resultados

Primeiramente, levou-se em consideração a assimetria e curtose históricas de 22 dias úteis para o cálculo da volatilidade implícita extraída do modelo Corrado-Su (1996), *VI-CS*. A utilização deste tamanho de janela tem como objetivo analisar se os momentos estatísticos presentes na expansão proposta por Corrado-Su (1996) traz informação sobre a volatilidade futura. Não foi considerado o critério de *moneyness* já descrito, justamente para se ter noção do impacto da participação daquelas opções distantes do dinheiro. O modelo Corrado-Su (1996) se mostrou superior em termos de volatilidade implícita apenas em 34,56% dos casos. Isso significa dizer que, através do cálculo do erro quadrático, a sua volatilidade implícita distanciou-se menos da volatilidade realizada neste nível.

Gráfico 4 - Corrado-Su (1996) e Black-Scholes (1973): percentual de menos distância em relação a volatilidade realizada



Fonte:Própria

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

Em seguida, foi aplicado o critério de *moneyness* e os resultados foram bastante semelhantes aos anteriores. Para *moneyness*, foi utilizado um intervalo de 0,90 a 1,10 (por abranger aquelas opções mais próximas ao dinheiro), onde o modelo Black-Scholes (1973) teve melhor performance em 65,57% das observações. Esse número, em comparação com o gráfico anterior, demonstra que o padrão, ou relação, se manteve mesmo para aquelas opções mais distantes do dinheiro.

4.1. Vale

Mantendo o critério de *moneyness* aplicado anteriormente, foram analisadas as opções sobre as ações de Petrobras PN (PETR4) e Vale PNA (VALE5) separadamente. Começando pelas opções de Vale PNA, primeiro foi feita a divisão dos períodos P_1 (janeiro de 2005 até setembro de 2008) e P_2 (outubro de 2008 até julho de 2009).

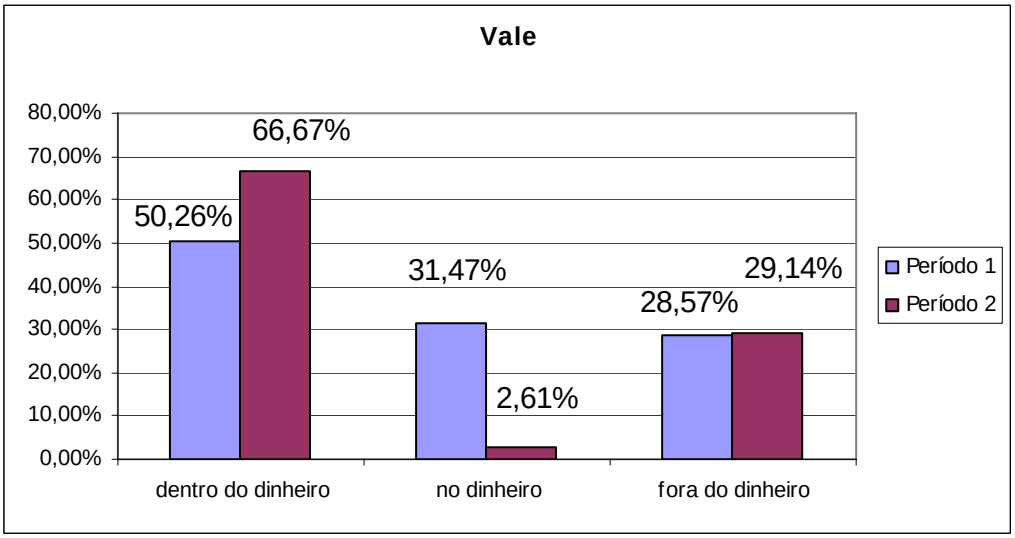
No primeiro período, as volatilidades implícitas do modelo Corrado-Su se distanciaram menos da volatilidade realizada em 39,34% dos casos, segundo o critério do erro quadrático.

Já no segundo período, esse percentual aumenta para 47,06%. Este modelo de apreçamento, ainda que superado pelo Black-Scholes (1973), apresentou para as opções sobre Vale PNA um desempenho melhor do que no primeiro período, onde o cenário econômico, e conseqüentemente a volatilidade, eram mais estáveis. No consolidado dos dois períodos, o modelo Corrado-Su (1996) teve um resultado de 41,03% de casos favoráveis.

Para os dois períodos, ainda analisando o ativo VALE5, também foram avaliadas as opções dentro, fora e no dinheiro. De janeiro de 2005 a julho de 2009, os melhores resultados da *VI-CS* foram para as opções dentro do dinheiro (53,85%), seguidas pelas opções fora do dinheiro (28,84%) e no dinheiro (18,27%). O gráfico abaixo apresenta o desempenho da *VI-CS* de forma mais detalhada, dividindo as opções nas três classificações e nos dois períodos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

Gráfico 5 - Percentual em que Corrado-Su (1996) mais se aproximou da volatilidade realizada para Vale



Fonte:Própria

Em ambos os períodos o melhor desempenho de *VI-CS* concentrou-se nas opções dentro do dinheiro. De fato, o modelo Corrado-Su (1996) se aproximou mais a volatilidade realizada do que o modelo Black-Scholes (1973). Já para as opções fora do dinheiro os valores encontrados foram muito próximos e a maior diferença calculada foi para as opções no dinheiro. É interessante chamar atenção para os caminhos opostos, em termos de desempenho da *VI-CS*, que seguiram os resultados antes e após o auge da crise financeira para as opções dentro e no dinheiro. Houve variação entre períodos para as opções fora do dinheiro também, porém bem menores.

Tabela 1- Estatísticas Descritivas de Vale (22 dias úteis)

Vol. Black-Scholes		*Vol Realizada*		*Vol. Corrado-Su*	
Média	0,350245102	Média	0,399009103	Média	1,690780464
Erro padrão	0,014755853	Erro padrão	0,019369207	Erro padrão	0,179669562
Mediana	0,310080675	Mediana	0,35843812	Mediana	0,591025755
Coeficiente de variação	0,042130077	Coeficiente de variaçã	0,04854327	Coeficiente de variação	0,106264276
Desvio padrão	0,130320167	Desvio padrão	0,1710642	Desvio padrão	1,586798603
Variância da amostra	0,016983346	Variância da amostra	0,029262961	Variância da amostra	2,517929807
Curtose	1,429738601	Curtose	4,868372134	Curtose	-1,830869196
Assimetria	1,378260276	Assimetria	2,025767543	Assimetria	0,392318744
Intervalo	0,59973434	Intervalo	0,792301884	Intervalo	3,847005816
Mínimo	0,181897926	Mínimo	0,22643694	Mínimo	0,193279369
Máximo	0,781632267	Máximo	1,018738824	Máximo	4,040285186
Soma	27,31911797	Soma	31,12271002	Soma	131,8808762
Maior(1)	0,781632267	Maior(1)	1,018738824	Maior(1)	4,040285186
Menor(1)	0,181897926	Menor(1)	0,22643694	Menor(1)	0,193279369
Nível de confiança(95,0%)	0,029382657	Nível de confiança(95	0,038569017	Nível de confiança(95,0%)	0,357767799

Fonte:Própria

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

Pelas estatísticas descritivas, é possível inferir através do coeficiente de variação da *VI-CS* que esta possui maior dispersão em comparação a *VI-BS* e a *VR*. Além disso, é fácil notar a elevada média da *VI-CS*, em função dos altos níveis de volatilidade implícita que o modelo Corrado-Su (1996) teve em determinadas situações, ultrapassando 100%.

De fato, as estatísticas descritivas da *VI-BS*, com exceção do menor valor, estão muito mais próximas das estatísticas descritivas do padrão que efetivamente existiu, em comparação com *VI-CS*. A curtose desta foi negativa, indicando que a distribuição é relativamente plana, ou seja, sem picos claramente definidos.

Ao contrário, a curtose positiva dos demais parâmetros caracteriza uma distribuição em cume, com picos bem definidos. A assimetria de *VR* e *VI-BS* são maiores que 1. Isso indica que suas distribuições são substancialmente assimétricas. Por ter uma assimetria menor, a distribuição de *VI-CS*, a despeito de uma maior dispersão e valores considerados *outliers*, é mais equilibrada.

A maior concentração desses valores extremos que causam viés na média foi observada de abril a novembro de 2005, período em que a volatilidade das ações de Vale PNA foi, de fato, superior. No auge da crise financeira, foi evidenciado apenas um valor extremo de *VI-CS*. Mesmo assim, o modelo Black-Scholes (1973) teve melhor desempenho de previsão, com exceção para aquelas opções dentro do dinheiro, conforme o gráfico anterior.

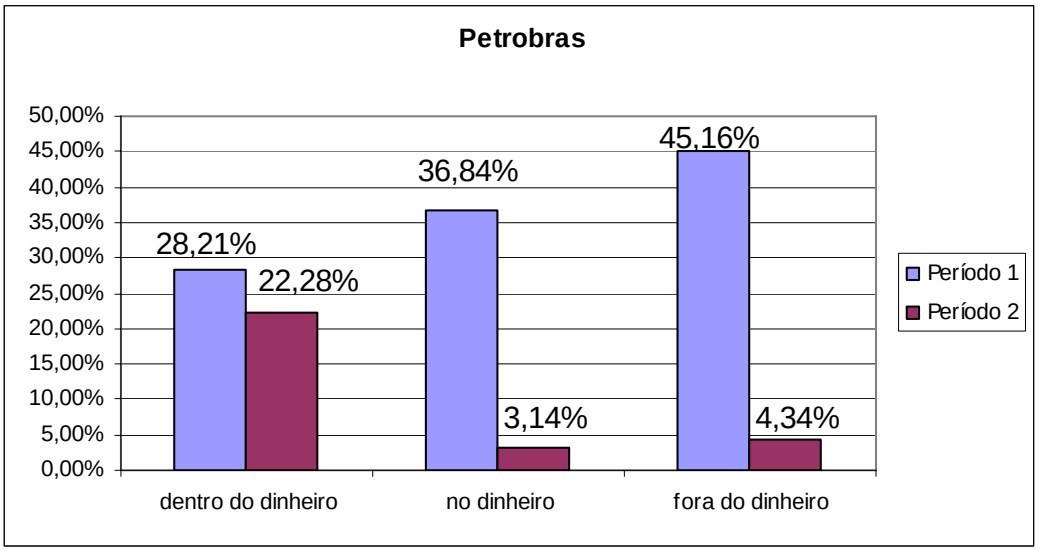
4.2. Petrobrás

Para as opções de Petrobrás, os resultados não são muito divergentes. No primeiro período, as volatilidades implícitas do modelo Corrado-Su (1996) se distanciaram menos da volatilidade realizada em 32,89% dos casos. No segundo período, esse percentual diminuiu para 14,29% e, em todo o período analisado, o resultado foi de 30,02%. Aplicando em seguida o critério de *moneyness*, os resultados para o período 1, período 2 e o consolidado foram, respectivamente, 32,58%, 12,50% e 29,52%. É possível verificar que após a aplicação do critério de *moneyness*, o modelo Corrado-Su (1996) teve um desempenho pior tanto no primeiro como no segundo período. Ainda assim, o modelo de Black-Scholes (1973) teve melhor previsão para a volatilidade futura com e sem o critério de *moneyness*.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

De janeiro de 2005 a julho de 2009, a *VI-CS* distanciou-se menos da volatilidade realizada para as opções fora do dinheiro (38,89%), seguidas pelas opções no dinheiro (35,12%) e dentro do dinheiro (26,53%). O gráfico a seguir resume os resultados da *VI-CS* para os dois períodos e as três classificações segundo a proximidade do dinheiro.

Gráfico 6 - Percentual em que Corrado-Su (1996) mais se aproximou da volatilidade realizada para Petrobrás



Fonte:Própria

Os valores encontrados para Petrobrás concluem que houve variações maiores entre os dois períodos para as opções no dinheiro e fora do dinheiro, mesmo considerando que as volatilidades implícitas das opções fora do dinheiro se distanciaram menos da volatilidade realizada no consolidado do período.

Tabela 2- Estatísticas Descritivas de Petrobrás (22 dias úteis)

Vol. Black-Scholes		*Vol Realizada*		*Vol. Corrado-Su*	
Média	0,31209424	Média	0,494846034	Média	1,70005672
Erro padrão	0,011340797	Erro padrão	0,086095653	Erro padrão	0,158785815
Mediana	0,271905106	Mediana	0,302937702	Mediana	0,491573926
Coeficiente de variação	0,036337734	Coeficiente de variação	0,173984728	Coeficiente de variação	0,093400304
Desvio padrão	0,116208592	Desvio padrão	0,882217913	Desvio padrão	1,627070424
Variância da amostra	0,013504437	Variância da amostra	0,778308445	Variância da amostra	2,647358163
Curtose	2,452323485	Curtose	28,83459574	Curtose	-1,806809568
Assimetria	1,441423444	Assimetria	5,392896115	Assimetria	0,40634388
Intervalo	0,556815591	Intervalo	5,451969918	Intervalo	3,808951005
Mínimo	0,139046315	Mínimo	0,137167894	Mínimo	0,182466885
Máximo	0,695861906	Máximo	5,589137812	Máximo	3,99141789
Soma	32,7698952	Soma	51,95883358	Soma	178,5059556
Contagem	105	Contagem	105	Contagem	105
Maior(1)	0,695861906	Maior(1)	5,589137812	Maior(1)	3,99141789
Menor(1)	0,139046315	Menor(1)	0,137167894	Menor(1)	0,182466885
Nível de confiança(95,0%)	0,022489226	Nível de confiança(95,0%)	0,170730905	Nível de confiança(95,0%)	0,31487822

Fonte: Própria

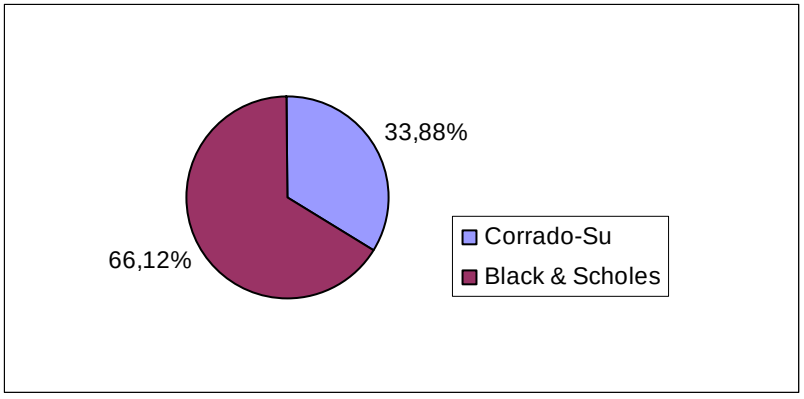
PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

As estatísticas descritivas mais uma vez demonstraram que o modelo Corrado-Su (1996) teve maior dispersão. A *VI-CS* se distanciou mais da volatilidade realizada, em comparação a *VI-BS*.

4.3.
Vale e Petrobras: resultados utilizando janelas de assimetria e curtose históricas de 44 dias úteis

4.3.1.
Vale

Gráfico 7 - Percentual em que Corrado-Su (1996) mais se aproximou da volatilidade realizada utilizando uma janela de 44 dias úteis de assimetria e curtose históricas e o critério de *moneyness*.

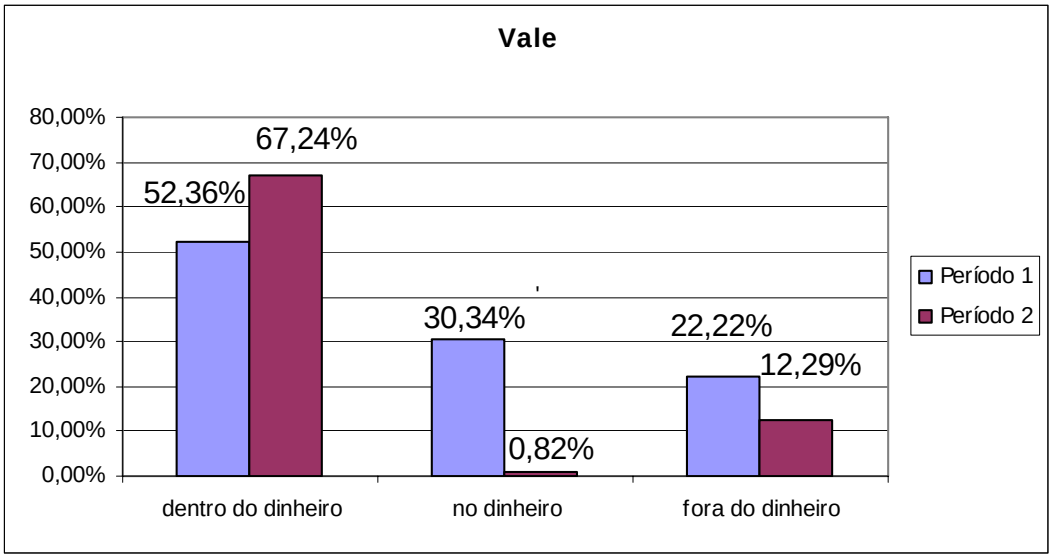


Fonte:Própria

O resultado foi inferior em relação aos valores encontrados com uma janela de 22 dias úteis. O modelo Corrado-Su (1996) se distanciou mais da volatilidade realizada do que o modelo de Black-Scholes (1973).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

Gráfico 8 - Percentual em que Corrado-Su (1996) mais se aproximou da volatilidade realizada utilizando uma janela de 44 dias úteis de assimetria e curtose históricas e o critério de *moneyness* para Vale



Fonte:Própria

As opções dentro do dinheiro apresentaram volatilidade implícita de Corrado-Su (1996) mais próximas a volatilidade realizada. Além disso, o nível de acerto utilizando a janela de 44 dias úteis para assimetria e curtose foi superior aos números encontrados através da utilização de uma janela de 22 dias úteis. Contudo, tanto as opções no dinheiro como fora do dinheiro tiveram *VI-CS* com poder de previsão para a volatilidade futura inferior a análise rodada com assimetria e curtose históricas para 22 dias úteis e, conseqüentemente, ao modelo de Black-Scholes (1973).

Tabela 3 - Estatísticas descritivas de Vale (44 dias úteis)

Vol. Black-Scholes		*Vol Realizada*		*Vol. Corrado-Su*	
Média	0,350245102	Média	0,399009103	Média	1,690780464
Erro padrão	0,014755853	Erro padrão	0,019369207	Erro padrão	0,179669562
Mediana	0,310080675	Mediana	0,35843812	Mediana	0,591025755
Coeficiente de variação	0,042130077	Coeficiente de variação	0,04854327	Coeficiente de variação	0,106264276
Desvio padrão	0,130320167	Desvio padrão	0,1710642	Desvio padrão	1,586798603
Variância da amostra	0,016983346	Variância da amostra	0,029262961	Variância da amostra	2,517929807
Curtose	1,429738601	Curtose	4,868372134	Curtose	-1,830869196
Assimetria	1,378260276	Assimetria	2,025767543	Assimetria	0,392318744
Intervalo	0,59973434	Intervalo	0,792301884	Intervalo	3,847005816
Mínimo	0,181897926	Mínimo	0,22643694	Mínimo	0,193279369
Máximo	0,781632267	Máximo	1,018738824	Máximo	4,040285186
Soma	27,31911797	Soma	31,12271002	Soma	131,8808762
Maior(1)	0,781632267	Maior(1)	1,018738824	Maior(1)	4,040285186
Menor(1)	0,181897926	Menor(1)	0,22643694	Menor(1)	0,193279369
Nível de confiança(95,0%)	0,029382657	Nível de confiança(95,0%)	0,038569017	Nível de confiança(95,0%)	0,357767799

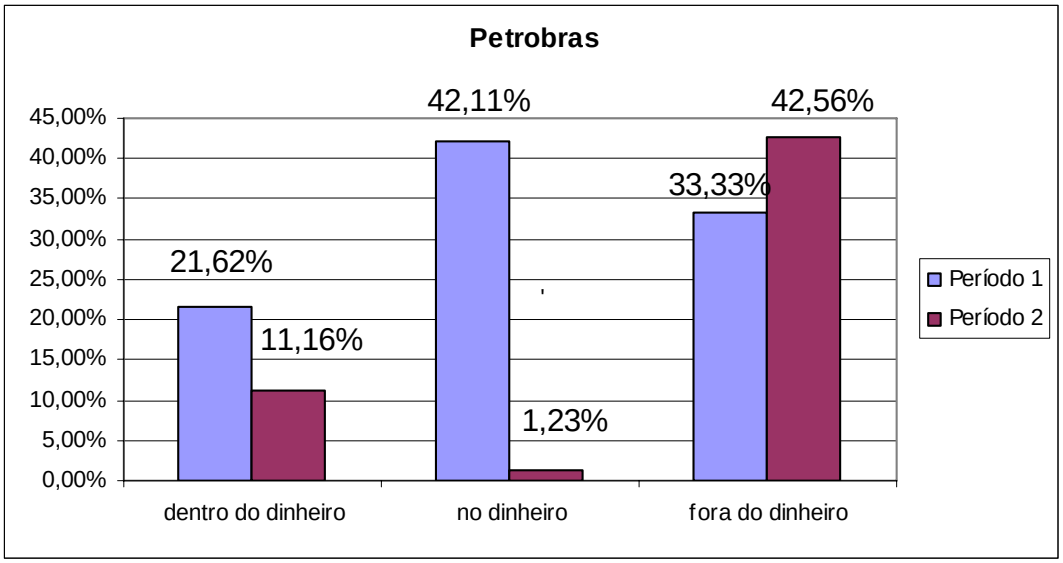
Fonte:Própria

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

As estatísticas descritivas seguem o mesmo padrão de dispersão daquelas já analisadas para uma janela de 22 dias úteis de assimetria e curtose históricas.

4.3.2.
Petrobras

Gráfico 9 - Percentual em que Corrado-Su (1996) mais se aproximou da volatilidade realizada utilizando uma janela de 44 dias úteis de assimetria e curtose históricas e o critério de *moneyness* para Petrobras



Fonte:Própria

Com a janela de assimetria e curtose históricas de 44 dias úteis, a *VI-CS* teve performance pior do que quando utilizada a janela de 22 dias úteis para os mesmos parâmetros. Já para as opções no dinheiro, o modelo Corrado-Su (1996) apresentou volatilidade implícita, no primeiro períod,o menos distante da volatilidade realizada do que para o mesmo período considerando uma janela de 22 dias úteis. Para o período 2, entretanto, a relação é inversa. O aumento da janela fez com que o modelo Corrado-Su (1996) se distanciasse mais da volatilidade realizada. Finalmente, para as opções fora do dinheiro, o percentual de casos favoráveis foi inferior no período um e superior no período 2, em comparação a janela de 22 dias úteis, e também em comparação com o modelo de Black-Scholes (1973).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA

Tabela 4 - Estatísticas descritivas de Petrobras (44 dias úteis)

Vol. Black-Scholes		*Vol Realizada*		*Vol. Corrado-Su*	
Média	0,31209424	Média	0,494846034	Média	1,719520522
Erro padrão	0,011340797	Erro padrão	0,086095653	Erro padrão	0,157996757
Mediana	0,271905106	Mediana	0,302937702	Mediana	0,527688932
Coeficiente de variação	0,036337734	Coeficiente de variação	0,173984728	Coeficiente de variação	0,091884194
Desvio padrão	0,116208592	Desvio padrão	0,882217913	Desvio padrão	1,618984986
Variância da amostra	0,013504437	Variância da amostra	0,778308445	Variância da amostra	2,621112384
Curtose	2,452323485	Curtose	28,83459574	Curtose	-1,792104727
Assimetria	1,441423444	Assimetria	5,392896115	Assimetria	0,396592467
Intervalo	0,556815591	Intervalo	5,451969918	Intervalo	3,867676206
Mínimo	0,139046315	Mínimo	0,137167894	Mínimo	0,122576547
Máximo	0,695861906	Máximo	5,589137812	Máximo	3,990252754
Soma	32,7698952	Soma	51,95883358	Soma	180,5496549
Contagem	105	Contagem	105	Contagem	105
Maior(1)	0,695861906	Maior(1)	5,589137812	Maior(1)	3,990252754
Menor(1)	0,139046315	Menor(1)	0,137167894	Menor(1)	0,122576547
Nível de confiança(95,0%)	0,022489226	Nível de confiança(95,0%)	0,170730905	Nível de confiança(95,0%)	0,313313489

Fonte:Própria

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913114/CA