

5

Análise de Desempenho do Esquema VSI EWMA para Não-Conformidades

Neste capítulo, é realizada a análise de desempenho do esquema VSI EWMA para não-conformidades proposto, e a comparação do desempenho desse esquema com os desempenhos dos seguintes esquemas para não-conformidades: os esquemas adaptativos V_p (no qual todos os parâmetros variam entre dois valores) e VSI (no qual somente o intervalo de tempo entre amostras varia entre dois valores), o esquema EWMA e o esquema CUSUM (denominado Poisson CUSUM por Lucas (1985)). O esquema EWMA para não-conformidades foi descrito no *Capítulo 3 (Seção 3.1)*; os demais esquemas, no *Capítulo 2 (Seção 2.2)*. A comparação de desempenho dos esquemas é feita através dos valores de TES para detectar aumentos em c (número médio de não-conformidades), sob as condições de iguais tamanhos de amostra (no caso do esquema V_p , tamanho médio de amostra) e de que a frequência de alarmes falsos do gráfico VSI EWMA não seja superior à dos esquemas em comparação.

5.1.

Escolha dos Casos

Para analisar o desempenho do esquema VSI EWMA para não-conformidades proposto na detecção de aumentos no número médio de não-conformidades na amostra, era necessário escolher alguns casos. Decidiu-se, portanto, analisar o desempenho do esquema para alguns valores de c_0 e de $c_1 = \gamma c_0$, onde γ é o fator de aumento do número médio de não-conformidades c . Para cada caso analisado, procurou-se otimizar o TES para detecção da alteração de c para um valor específico $c_1^* = \gamma^* c_0$; em outras palavras, γ^* é o fator de aumento de c para o qual o TES foi minimizado. Seguiu-se, portanto, o procedimento de análise de desempenho usado por Epprecht, Costa & Mendes (2003) para o esquema V_p para não-conformidades.

Como mostrado no *Capítulo 4*, o valor do intervalo médio de tempo entre amostras (\bar{h}) é restrição para o projeto do gráfico proposto, e adotou-se neste trabalho $\bar{h} = 1$, sem perda de generalidade. Além disso, para o projeto, o valor do intervalo mais curto de tempo entre amostras (h_S) é fornecido, e, portanto, o valor do intervalo mais longo de tempo entre amostras (h_L) pode ser determinado em função de h_S , como o valor que satisfaz a restrição $\bar{h} = 1$, através da expressão (4.22). Da mesma maneira que em Epprecht, Costa & Mendes (2003), com o propósito de mostrar como o valor de TES varia em função de h_S , foram usados diferentes valores para este parâmetro.

Os valores escolhidos para c_0 , h_S , γ e γ^* , para análise, foram:

- para c_0 : 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 e 4,0;
- para h_S : 0,10; 0,25 e 0,50;
- para γ : 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 e 5,0;
- para $\gamma^* = 1,5; 2,0$ e 3,0.

O desempenho do esquema VSI EWMA proposto é, então, comparado aos desempenhos dos esquemas V_p , EWMA, VSI e CUSUM, todos para não-conformidades (este último denominado Poisson CUSUM, como sugerido na literatura) para todas as combinações destes valores de c_0 , h_S , γ e γ^* . O desempenho do esquema VSI EWMA proposto é comparado com o melhor projeto de cada esquema. Para os esquemas EWMA e Poisson CUSUM, o valor de h_S não varia, pois são esquemas de parâmetros fixos, e, desse modo, $h_S = h_L = \bar{h} = 1$. Os esquemas VSI EWMA e EWMA ainda apresentam um outro parâmetro: o coeficiente de amortecimento λ ; assim, para mostrar como a medida de desempenho TES varia em função deste parâmetro, os casos escolhidos para análise de desempenho destes esquemas também incluem diversos valores de λ : 0,10, 0,20, 0,30, ..., 0,90.

5.2.

Obtenção dos Projetos Ótimos e das Medidas de Desempenho do Esquema Vp para Não-Conformidades

Epprecht, Costa & Mendes (2003) verificaram que, na faixa de valores acima mencionada para c_0 e γ , o esquema totalmente adaptativo Vp aplicado a gráficos de Shewhart por atributos é em geral mais eficiente que os gráficos de parâmetros fixos e que os gráficos adaptativos com menor número de parâmetros variáveis; ou seja, o gráfico Vp mostrou-se o mais eficiente esquema precedente na literatura, para gráficos de Shewhart por atributos.

Como descrito no *Capítulo 2*, o esquema Vp apresentado por Epprecht, Costa & Mendes (2003) utiliza dois conjuntos de parâmetros. O primeiro conjunto é formado por um tamanho menor de amostra em unidades de inspeção (m_S), um intervalo mais longo de tempo entre amostras (h_L), e os limites superiores de controle LSC_1 e de advertência LSA_1 ; e o segundo conjunto é formado por um tamanho maior de amostra em unidades de inspeção (m_L), um intervalo mais curto de tempo entre amostras (h_S), e os limites superiores de controle LSC_2 e de advertência LSA_2 . Para esquemas nos quais o tamanho de amostra é um parâmetro variável (como no caso de esquemas Vp), não faz sentido utilizar c (que varia com o tamanho de amostra) como medida de qualidade do processo; a medida de qualidade que não varia com o tamanho de amostra é u , o número médio de não-conformidades por unidade de inspeção. Temos, então, u_0 (número médio de não-conformidades por unidade de inspeção com o processo em controle) e u_1 (número médio de não-conformidades por unidade de inspeção com o processo fora de controle). O melhor projeto de esquema Vp (ou seja, o projeto ótimo) seria, então, composto pelos valores dos parâmetros que minimizam o TES para detecção da alteração do número médio de não-conformidades por unidade de inspeção para $u_1^* = \gamma^* u_0$. Com o processo em controle, o valor de u_0 coincide com o c_0 do gráfico de parâmetros fixos de referência, onde, por definição e sem perda de generalidade, $m = 1$. Assim, quando é feita qualquer menção a um c_0 para o esquema Vp, estamos na verdade nos referindo ao c_0 do esquema de parâmetros fixos de referência.

Para obtenção dos projetos ótimos de esquemas Vp utilizando os valores de c_0 , h_S , γ e γ^* fornecidos na *Seção 5.1*, foi desenvolvido um programa em linguagem C, utilizando o modelo matemático de Epprecht, Costa & Mendes

(2003), descrito no *Capítulo 2*. O programa encontra-se no *Apêndice A*. Dados c_0 , γ^* e h_s , o programa determina o projeto de esquema V_p que minimiza o TES para $u_1^* = \gamma^* u_0$, sujeito às restrições $\bar{m} = 1$ e $\bar{h} = 1$, e que o TMAF seja maior ou igual ao TMAF do gráfico de parâmetros fixos de referência (com $m = 1$ e com o LSC que minimiza o TES para $u_1^* = \gamma^* u_0$, sujeito à restrição $\text{TMAF} \geq 200$). O programa obtém a solução por busca exaustiva, variando m_s e m_L em incrementos de 0,01, e os limites em incrementos de 1 unidade. O intervalo h_L é determinado diretamente, para cada combinação dos demais parâmetros, como o valor que satisfaz a restrição $\bar{h} = 1$. Com relação aos tamanhos de amostra, foram feitas algumas restrições de modo a acatar limitações de ordem prática: $0,1 \leq m_s \leq 0,9$ e $1,05 \leq m_L \leq 5,00$. Tendo como entradas c_0 , γ^* e h_s , o programa fornece como saídas, além dos parâmetros do esquema (h_L , m_s , m_L , LSC_1 , LSC_2 , LSA_1 , LSA_2), os valores de TES para o γ^* de entrada, e o TMAF do esquema ótimo.

Utilizando o programa, foram obtidos os projetos ótimos de esquemas V_p para os valores de c_0 , h_s , γ e γ^* descritos na *Seção 5.1*. A *Tabela 4* apresenta os projetos ótimos e os valores da medida de desempenho TMAF de esquemas V_p em cada caso analisado.

Os valores da medida de desempenho TES para detectar as outras alterações do número médio de não-conformidades, ou seja, para os outros valores de γ , diferentes do valor γ^* para o qual o projeto é ótimo, são obtidos posteriormente, em uma planilha de cálculo para esquemas V_p semelhante à apresentada em Cesar (2000), usando os valores dos parâmetros de projeto obtidos pelo programa, em cada caso analisado.

Todos os valores de TES obtidos pelo esquema V_p , em cada caso analisado, serão apresentados na *Seção 5.7* em tabelas que mostram os TES de todos os esquemas que estão sendo comparados com o esquema VSI EWMA nesta pesquisa, para maior facilidade de comparação de valores, de modo a permitir a rápida identificação do esquema com melhor desempenho em cada situação.

Esquemas Vp										
c_0	gama*	h_s	h_L	m_s	m_L	LSC_1	LSA_1	LSC_2	LSA_2	TMAF
0,5	1,5	0,10	1,204	0,160	4,600	3,5	0,5	6,5	1,5	576,6
0,5	2,0	0,10	1,183	0,260	4,630	3,5	0,5	6,5	2,5	608,9
0,5	3,0	0,10	1,216	0,400	3,480	4,5	0,5	5,5	2,5	579,1
0,5	1,5	0,25	1,170	0,160	4,600	3,5	0,5	6,5	1,5	576,6
0,5	2,0	0,25	1,152	0,260	4,630	3,5	0,5	6,5	2,5	608,9
0,5	3,0	0,25	1,180	0,400	3,480	4,5	0,5	5,5	2,5	579,1
0,5	1,5	0,50	1,114	0,160	4,600	3,5	0,5	6,5	1,5	576,6
0,5	2,0	0,50	1,102	0,260	4,630	3,5	0,5	6,5	2,5	608,9
0,5	3,0	0,50	1,092	0,320	4,640	3,5	0,5	6,5	3,5	649,3
1,0	1,5	0,10	1,287	0,510	2,530	5,5	1,5	6,5	1,5	274,2
1,0	2,0	0,10	1,321	0,260	3,070	4,5	0,5	7,5	3,5	281,4
1,0	3,0	0,10	1,224	0,740	2,030	5,5	1,5	5,5	2,5	276,6
1,0	1,5	0,25	1,239	0,510	2,530	5,5	1,5	6,5	1,5	274,2
1,0	2,0	0,25	1,268	0,260	3,070	4,5	0,5	7,5	3,5	281,4
1,0	3,0	0,25	1,150	0,690	2,550	4,5	1,5	6,5	3,5	311,0
1,0	1,5	0,50	1,169	0,110	3,620	2,5	0,5	8,5	2,5	313,0
1,0	2,0	0,50	1,178	0,260	3,070	4,5	0,5	7,5	3,5	281,4
1,0	3,0	0,50	1,100	0,690	2,550	4,5	1,5	6,5	3,5	311,0
1,5	1,5	0,10	1,273	0,370	3,010	4,5	1,5	9,5	3,5	234,1
1,5	2,0	0,10	1,259	0,530	2,620	6,5	1,5	8,5	4,5	230,3
1,5	3,0	0,10	1,248	0,620	2,370	4,5	1,5	8,5	5,5	224,6
1,5	1,5	0,25	1,227	0,370	3,010	4,5	1,5	9,5	3,5	234,1
1,5	2,0	0,25	1,216	0,530	2,620	6,5	1,5	8,5	4,5	230,3
1,5	3,0	0,25	1,206	0,620	2,370	4,5	1,5	8,5	5,5	224,6
1,5	1,5	0,50	1,152	0,370	3,010	4,5	1,5	9,5	3,5	234,1
1,5	2,0	0,50	1,121	0,500	3,010	4,5	1,5	9,5	5,5	235,3
1,5	3,0	0,50	1,138	0,620	2,370	4,5	1,5	8,5	5,5	224,6
2,0	1,5	0,10	1,257	0,340	3,310	5,5	1,5	12,5	6,5	243,0
2,0	2,0	0,10	1,293	0,470	2,610	6,5	1,5	10,5	6,5	222,1
2,0	3,0	0,10	1,196	0,750	2,140	5,5	2,5	10,5	6,5	222,5
2,0	1,5	0,25	1,214	0,340	3,310	5,5	1,5	12,5	6,5	243,0
2,0	2,0	0,25	1,210	0,430	3,000	6,5	1,5	11,5	7,5	226,1
2,0	3,0	0,25	1,162	0,740	2,200	5,5	2,5	10,5	6,5	224,9
2,0	1,5	0,50	1,143	0,340	3,310	5,5	1,5	12,5	6,5	243,0
2,0	2,0	0,50	1,140	0,430	3,000	6,5	1,5	11,5	7,5	226,1
2,0	3,0	0,50	1,106	0,720	2,320	5,5	2,5	10,5	6,5	223,8
3,0	1,5	0,10	1,186	0,430	3,750	7,5	2,5	18,5	12,5	266,2
3,0	2,0	0,10	1,330	0,590	2,100	7,5	2,5	12,5	7,5	263,8
3,0	3,0	0,10	1,138	0,900	1,650	8,5	4,5	10,5	7,5	297,4
3,0	1,5	0,25	1,155	0,430	3,750	7,5	2,5	18,5	12,5	266,2
3,0	2,0	0,25	1,216	0,530	2,630	7,5	2,5	14,5	9,5	273,6
3,0	3,0	0,25	1,114	0,890	1,720	8,5	4,5	10,5	7,5	265,9
3,0	1,5	0,50	1,103	0,430	3,750	7,5	2,5	18,5	12,5	266,2
3,0	2,0	0,50	1,123	0,520	2,930	7,5	2,5	15,5	11,5	264,6
3,0	3,0	0,50	1,113	0,790	1,920	7,5	3,5	12,5	9,5	269,2
4,0	1,5	0,10	1,242	0,350	3,410	7,5	2,5	22,5	14,5	358,2
4,0	2,0	0,10	1,287	0,620	2,180	8,5	3,5	16,5	10,5	352,2
4,0	3,0	0,10	1,123	0,860	2,020	9,5	5,5	17,5	13,5	357,3
4,0	1,5	0,25	1,127	0,470	4,120	8,5	3,5	25,5	18,5	361,4
4,0	2,0	0,25	1,190	0,590	2,610	8,5	3,5	18,5	13,5	355,3
4,0	3,0	0,25	1,103	0,860	2,020	9,5	5,5	17,5	13,5	357,3
4,0	1,5	0,50	1,091	0,320	4,700	7,5	2,5	28,5	21,5	367,0
4,0	2,0	0,50	1,117	0,570	2,830	8,5	3,5	19,5	14,5	354,7
4,0	3,0	0,50	1,068	0,860	2,020	9,5	5,5	17,5	13,5	357,3

Tabela 4 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas Vp para não-conformidades.

5.3.

Obtenção dos Projetos Ótimos e das Medidas de Desempenho do Esquema VSI EWMA para Não-Conformidades Proposto

O modelo matemático apresentado no *Capítulo 4* foi implementado em planilha Excel para calcular as medidas de desempenho TMAF e TES do esquema VSI EWMA para não-conformidades proposto.

Os dados de entrada na planilha são os valores de c_0 , c_1 , λ , K_C , K_A e h_S ; para os cálculos do modelo, foram utilizados $N = 50$ estados transientes. O valor de h_L é obtido de forma a se ter um intervalo médio de tempo entre amostras (\bar{h}) igual a 1, conforme apresentado no *Capítulo 4*, expressão (4.22). Como dados de saída, temos os valores de NMAF, TMAF, TES_f e TES.

Para avaliar a precisão da inversão das matrizes 50×50 utilizadas no Excel, bastava analisar a precisão das inversões das matrizes $(\mathbf{I} - \mathbf{Q}_0)$ e $(\mathbf{I} - \mathbf{Q}_1)$. Para tanto, inicialmente foi verificado o caso de o processo estar em controle, e, desta maneira, o produto da matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{Q}_0)$ com sua inversa $(\mathbf{I} - \mathbf{Q}_0)^{-1}$ deveria ser igual à matriz identidade \mathbf{I} ; foram analisados os casos $c_0 = 0,50$ e $4,00$ e $\lambda = 0,10$ e $0,90$, totalizando 4 situações, com os valores extremos de $(c_0; \lambda)$: $(0,50; 0,10)$, $(0,50; 0,90)$, $(4,00; 0,10)$ e $(4,00; 0,90)$. Depois, foi verificado o caso de o processo estar fora de controle, e, desta maneira, o produto da matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{Q}_1)$ com sua inversa $(\mathbf{I} - \mathbf{Q}_1)^{-1}$ deveria ser igual à matriz identidade \mathbf{I} ; foram analisados os casos $c_0 = 0,50$ e $4,00$; $\gamma = 1,5$ e $5,0$ e $\lambda = 0,10$ e $0,90$, totalizando 8 situações, com os valores extremos de $(c_0; \gamma; \lambda)$: $(0,50; 1,5; 0,10)$, $(0,50; 5,0; 0,10)$, $(0,50; 1,5; 0,90)$, $(0,50; 5,0; 0,90)$, $(4,00; 1,5; 0,10)$, $(4,00; 5,0; 0,10)$, $(4,00; 1,5; 0,90)$, $(4,00; 5,0; 0,90)$. Em todas as situações verificadas, a inversão de matrizes no Excel mostrou uma precisão de (no mínimo) 12 casas decimais, sendo considerada, portanto, bastante satisfatória.

Para validar o modelo e a planilha, e verificar a precisão da discretização do processo por uma cadeia de Markov com 50 estados transientes, foram usados os valores de NMAF fornecidos por Borrór, Champ & Rigdon (1998), para vários valores dos parâmetros c_0 , λ e K_C para esquemas EWMA para não-conformidades. Esses valores são fornecidos graficamente, para alguns valores de c_0 , na forma de curvas de NMAF versus K_C , parametrizadas pelo valor de λ . Como dados de entrada na planilha, foram utilizados os valores de c_0 , λ e K_C

fornecidos por uma das curvas do artigo citado, e $h_s = 1,00$ (e quaisquer valores para K_A e c_1 , que não influenciam no cálculo de NMAF), para obter o NMAF em tal situação; os valores de NMAF (calculado pela planilha e fornecido pela figura do artigo) mostraram-se bastante similares (ainda mais considerando a resolução dos gráficos), o que valida a implementação do modelo. O esquema abaixo mostra algumas das situações avaliadas:

c_0	λ	K_C	NMAF (artigo)	NMAF (planilha)
4,00	0,40	3,20	500	504,76
5,00	0,30	3,06	500	493,17
6,00	0,50	3,36	750	746,94
7,00	0,75	3,26	500	503,55
8,00	0,10	3,13	1250	1246,30
10,00	0,50	3,28	750	743,67
15,00	0,75	3,25	625	627,62
20,00	0,50	3,26	875	878,49

Para escolha dos dados de entrada na planilha, ou seja, das combinações dos parâmetros c_0 , c_1 , λ , K_C , K_A e h_s que minimizassem o TES para uma alteração $c_1^* = \gamma^*c_0$, precisava-se definir a restrição de TMAF. Dessa maneira, para efeito de comparação em igualdade de condições (ou sem desvantagem para os projetos ótimos do esquema V_p), adotou-se como restrição que os projetos dos esquemas VSI EWMA, em cada caso analisado, fornecessem TMAF's maiores ou iguais aos TMAF's calculados pelo programa para os esquemas V_p . Fixados os valores de c_0 , $c_1^* = \gamma^*c_0$, λ , e h_s , o valor de K_C de entrada na planilha foi variado manualmente (com incrementos de 0,01) até o valor que fornecesse o primeiro valor de TMAF maior ou igual ao TMAF do esquema V_p equivalente (pois TMAF aumenta monotonamente com K_C); acertado o valor de K_C , o valor de K_A foi variado (também manualmente com incrementos de 0,01) até obtenção do menor TES para detecção da alteração em questão. Note que, mantida a restrição $\bar{h} = 1$, o TMAF não depende de K_A . Para cada par (K_C, K_A) , h_L é determinado univocamente, diretamente em função da restrição $\bar{h} = 1$, pela equação (4.22) do *Capítulo 4*.

Dessa forma, foram obtidos os projetos ótimos de esquemas VSI EWMA para os valores de c_0 , h_s , γ^* e λ . Uma vez obtido o projeto do esquema VSI EWMA para otimizar a alteração $c_1^* = \gamma^*c_0$, em cada caso analisado, os valores

de TES para detecção das outras alterações $c_1 = \gamma c_0$ (isto é, para os outros valores de γ) são obtidos usando-se a mesma planilha, com os mesmos valores dos demais parâmetros em cada situação. As Tabelas 5 a 10, 11 a 16, e 17 a 22 apresentam os projetos ótimos e os respectivos TMAF's de esquemas VSI EWMA para cada combinação de valores de c_0 e λ considerada, para $\gamma^* = 1,5, 2,0$ e $3,0$, respectivamente. Cada uma destas tabelas exibe os resultados para um determinado c_0 . Nestas tabelas, podemos observar alguns comportamentos do modelo VSI EWMA: os projetos do esquema exibem maiores valores da constante K_C (e, portanto, dos limites de controle) quando o valor de λ aumenta, e maiores valores de h_s levam a menores valores de h_L , em todos os casos analisados.

Todos os valores de TES obtidos pelo esquema VSI EWMA, em cada caso analisado, serão apresentados nas tabelas comparativas da Seção 5.7.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 0,50$										
gama* = 1,5		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	583,05	696,89	576,69	582,94	590,43	588,90	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,00	3,47	3,70	3,88	4,02	4,17	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,08	0,11	0,03	0,06	0,03	0,07	0,01	0,02	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,60	1,87	2,14	2,43	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,51	0,53	0,51	0,52	0,51	0,53	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,651	1,558	1,673	1,605	1,674	1,660	1,618	1,586	1,581
0,25	TMAF	583,05	696,89	576,69	582,94	590,43	588,90	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,00	3,47	3,70	3,88	4,02	4,17	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,08	0,11	0,03	0,06	0,03	0,07	0,01	0,02	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,60	1,87	2,14	2,43	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,51	0,53	0,51	0,52	0,51	0,53	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,543	1,465	1,561	1,504	1,562	1,550	1,515	1,488	1,484
0,50	TMAF	583,05	696,89	576,69	582,94	590,43	588,90	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,00	3,47	3,70	3,88	4,02	4,17	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,08	0,11	0,03	0,06	0,03	0,07	0,01	0,02	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,60	1,87	2,14	2,43	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,51	0,53	0,51	0,52	0,51	0,53	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,362	1,310	1,374	1,336	1,375	1,366	1,343	1,326	1,323

Tabela 5 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 0,50$ e $\gamma^* = 1,5$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 1,00$										
gama* = 1,5		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	283,37	280,66	276,71	282,95	287,14	277,29	285,76	304,50	308,17
	K_C	2,51	2,85	3,08	3,23	3,33	3,43	3,51	3,69	3,88
	K_A	0,03	0,04	0,02	0,09	0,09	0,05	0,09	0,05	0,09
	LSC	1,58	1,95	2,29	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
	LSA	1,01	1,01	1,01	1,05	1,05	1,04	1,07	1,04	1,08
	h_L	1,633	1,653	1,709	1,610	1,613	1,617	1,544	1,528	1,500
0,25	TMAF	283,37	280,66	276,71	282,95	287,14	277,29	285,76	304,50	308,17
	K_C	2,51	2,85	3,08	3,23	3,33	3,43	3,51	3,69	3,88
	K_A	0,03	0,04	0,02	0,09	0,09	0,05	0,09	0,05	0,09
	LSC	1,58	1,95	2,29	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
	LSA	1,01	1,01	1,01	1,05	1,05	1,04	1,07	1,04	1,08
	h_L	1,528	1,545	1,591	1,508	1,511	1,514	1,453	1,440	1,416
0,50	TMAF	337,26	337,53	325,14	315,61	325,93	322,86	319,46	349,26	357,29
	K_C	2,56	2,93	3,15	3,29	3,40	3,49	3,57	3,73	3,89
	K_A	0,06	0,08	0,05	0,01	0,01	0,07	0,01	0,06	0,09
	LSC	1,59	1,98	2,32	2,65	2,96	3,28	3,62	4,05	4,52
	LSA	1,02	1,03	1,02	1,01	1,01	1,05	1,01	1,05	1,08
	h_L	1,319	1,347	1,388	1,398	1,399	1,336	1,354	1,287	1,267

Tabela 6 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 1,00$ e $\gamma^* = 1,5$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 1,50$										
gama* = 1,5		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	238,28	236,48	250,78	243,05	241,46	237,64	237,40	242,16	242,86
	K_C	2,35	2,71	2,89	3,02	3,12	3,19	3,28	3,35	3,53
	K_A	0,04	0,02	0,10	0,06	0,08	0,05	0,01	0,14	0,30
	LSC	2,16	2,61	2,99	3,35	3,71	4,06	4,45	4,85	5,41
	LSA	1,51	1,51	1,55	1,54	1,56	1,54	1,51	1,65	1,84
	h_L	1,661	1,728	1,607	1,703	1,627	1,657	1,731	1,626	1,558
0,25	TMAF	238,28	236,48	250,78	243,05	241,46	237,64	237,40	242,16	242,86
	K_C	2,35	2,71	2,89	3,02	3,12	3,19	3,28	3,35	3,53
	K_A	0,04	0,02	0,10	0,06	0,08	0,05	0,01	0,14	0,30
	LSC	2,16	2,61	2,99	3,35	3,71	4,06	4,45	4,85	5,41
	LSA	1,51	1,51	1,55	1,54	1,56	1,54	1,51	1,65	1,84
	h_L	1,550	1,607	1,506	1,586	1,523	1,548	1,609	1,521	1,465
0,50	TMAF	238,28	236,48	250,78	243,05	241,46	237,64	237,40	242,16	242,86
	K_C	2,35	2,71	2,89	3,02	3,12	3,19	3,28	3,35	3,53
	K_A	0,04	0,02	0,10	0,06	0,08	0,05	0,01	0,14	0,30
	LSC	2,16	2,61	2,99	3,35	3,71	4,06	4,45	4,85	5,41
	LSA	1,51	1,51	1,55	1,54	1,56	1,54	1,51	1,65	1,84
	h_L	1,367	1,405	1,337	1,390	1,349	1,365	1,406	1,348	1,310

Tabela 7 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 1,50$ e $\gamma^* = 1,5$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 2,00$										
gama* = 1,5		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	262,37	257,76	257,87	253,52	250,96	252,76	256,31	243,42	243,41
	K_C	2,35	2,72	2,87	2,98	3,08	3,16	3,22	3,28	3,39
	K_A	0,13	0,07	0,12	0,07	0,09	0,07	0,02	0,07	0,02
	LSC	2,76	3,28	3,71	4,11	4,51	4,93	5,34	5,79	6,34
	LSA	2,04	2,03	2,07	2,05	2,08	2,07	2,03	2,08	2,03
	h_L	1,587	1,678	1,637	1,700	1,632	1,663	1,687	1,621	1,617
0,25	TMAF	262,37	257,76	257,87	253,52	250,96	252,76	256,31	243,42	243,41
	K_C	2,35	2,72	2,87	2,98	3,08	3,16	3,22	3,28	3,39
	K_A	0,13	0,07	0,12	0,07	0,09	0,07	0,02	0,07	0,02
	LSC	2,76	3,28	3,71	4,11	4,51	4,93	5,34	5,79	6,34
	LSA	2,04	2,03	2,07	2,05	2,08	2,07	2,03	2,08	2,03
	h_L	1,490	1,565	1,531	1,583	1,527	1,552	1,573	1,517	1,515
0,50	TMAF	262,37	257,76	257,87	253,52	250,96	252,76	256,31	243,42	243,41
	K_C	2,35	2,72	2,87	2,98	3,08	3,16	3,22	3,28	3,39
	K_A	0,13	0,07	0,12	0,07	0,09	0,07	0,02	0,07	0,02
	LSC	2,76	3,28	3,71	4,11	4,51	4,93	5,34	5,79	6,34
	LSA	2,04	2,03	2,07	2,05	2,08	2,07	2,03	2,08	2,03
	h_L	1,326	1,377	1,354	1,389	1,351	1,368	1,382	1,345	1,343

Tabela 8 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 2,00$ e $\gamma^* = 1,5$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 3,00$										
gama* = 1,5		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	272,25	268,99
	K_C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,20	3,28
	K_A	0,17	0,15	0,05	0,01	0,01	0,11	0,06	0,11	0,05
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,53	8,14
	LSA	3,07	3,09	3,04	3,01	3,02	3,13	3,08	3,16	3,09
	h_L	1,526	1,540	1,728	1,782	1,763	1,624	1,699	1,623	1,612
0,25	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	272,25	268,99
	K_C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,20	3,28
	K_A	0,17	0,15	0,05	0,01	0,01	0,11	0,06	0,11	0,05
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,53	8,14
	LSA	3,07	3,09	3,04	3,01	3,02	3,13	3,08	3,16	3,09
	h_L	1,438	1,450	1,607	1,651	1,636	1,520	1,582	1,519	1,510
0,50	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	272,25	268,99
	K_C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,20	3,28
	K_A	0,17	0,15	0,05	0,01	0,01	0,11	0,06	0,11	0,05
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,53	8,14
	LSA	3,07	3,09	3,04	3,01	3,02	3,13	3,08	3,16	3,09
	h_L	1,292	1,300	1,405	1,434	1,424	1,347	1,388	1,346	1,340

Tabela 9 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 3,00$ e $\gamma^* = 1,5$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 4,00$										
gama* = 1,5		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	368,91	362,61	365,35	361,95
	K_C	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	3,20	3,22	3,27	3,33
	K_A	0,44	0,18	0,02	0,08	0,09	0,07	0,12	0,06	0,11
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,19	8,73	9,34	10,02
	LSA	4,21	4,12	4,02	4,09	4,11	4,09	4,19	4,11	4,21
	h_L	1,403	1,586	1,784	1,707	1,681	1,699	1,632	1,703	1,580
0,25	TMAF	376,34	421,42	367,62	369,87	369,74	368,91	362,61	365,35	361,95
	K_C	2,46	2,83	2,97	3,05	3,14	3,20	3,22	3,27	3,33
	K_A	0,44	0,18	0,03	0,08	0,10	0,07	0,12	0,06	0,11
	LSC	5,13	5,89	6,50	7,05	7,63	8,19	8,73	9,34	10,02
	LSA	4,21	4,12	4,03	4,09	4,12	4,09	4,19	4,11	4,21
	h_L	1,336	1,489	1,648	1,589	1,566	1,582	1,527	1,586	1,483
0,50	TMAF	376,34	421,42	367,62	369,87	369,74	368,91	367,76	374,63	370,61
	K_C	2,46	2,83	2,97	3,05	3,14	3,20	3,23	3,28	3,34
	K_A	0,22	0,18	0,03	0,08	0,10	0,07	0,01	0,07	0,12
	LSC	5,13	5,89	6,50	7,05	7,63	8,19	8,74	9,36	10,04
	LSA	4,10	4,12	4,03	4,09	4,12	4,09	4,02	4,12	4,22
	h_L	1,309	1,326	1,432	1,393	1,377	1,388	1,429	1,390	1,320

Tabela 10 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 4,00$ e $\gamma^* = 1,5$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 0,50$										
gama* = 2,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	627,89	696,89	639,39	629,67	638,72	652,93	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,03	3,47	3,74	3,91	4,07	4,22	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,09	0,11	0,05	0,07	0,04	0,08	0,01	0,02	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,61	1,88	2,16	2,45	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,52	0,53	0,52	0,53	0,52	0,54	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,630	1,558	1,634	1,605	1,664	1,658	1,618	1,586	1,581
0,25	TMAF	627,89	696,89	639,39	629,67	638,72	652,93	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,03	3,47	3,74	3,91	4,07	4,22	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,09	0,11	0,05	0,07	0,04	0,08	0,01	0,02	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,61	1,88	2,16	2,45	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,52	0,53	0,52	0,53	0,52	0,54	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,525	1,465	1,529	1,504	1,553	1,548	1,515	1,488	1,484
0,50	TMAF	627,89	696,89	639,39	629,67	638,72	652,93	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,03	3,47	3,74	3,91	4,07	4,22	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,09	0,11	0,05	0,07	0,04	0,08	0,01	0,02	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,61	1,88	2,16	2,45	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,52	0,53	0,52	0,53	0,52	0,54	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,350	1,310	1,352	1,336	1,369	1,366	1,343	1,326	1,323

Tabela 11 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 0,50$ e $\gamma^* = 2,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 1,00$										
gama* = 2,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	283,37	287,61	300,11	282,95	287,14	287,05	285,76	304,50	308,17
	K_C	2,51	2,86	3,10	3,23	3,33	3,44	3,51	3,69	3,88
	K_A	0,17	0,04	0,03	0,09	0,09	0,06	0,09	0,05	0,09
	LSC	1,58	1,95	2,30	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
	LSA	1,04	1,02	1,01	1,05	1,05	1,04	1,07	1,04	1,08
	h_L	1,511	1,654	1,703	1,610	1,613	1,618	1,544	1,528	1,500
0,25	TMAF	283,37	287,61	300,11	282,95	287,14	287,05	285,76	304,50	308,17
	K_C	2,51	2,86	3,10	3,23	3,33	3,44	3,51	3,69	3,88
	K_A	0,17	0,04	0,03	0,09	0,09	0,06	0,09	0,05	0,09
	LSC	1,58	1,95	2,30	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
	LSA	1,04	1,02	1,01	1,05	1,05	1,04	1,07	1,04	1,08
	h_L	1,426	1,545	1,586	1,508	1,511	1,515	1,453	1,440	1,416
0,50	TMAF	283,37	287,61	300,11	282,95	287,14	287,05	285,76	304,50	308,17
	K_C	2,51	2,86	3,10	3,23	3,33	3,44	3,51	3,69	3,88
	K_A	0,17	0,04	0,03	0,09	0,09	0,06	0,09	0,05	0,09
	LSC	1,58	1,95	2,30	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
	LSA	1,04	1,02	1,01	1,05	1,05	1,04	1,07	1,04	1,08
	h_L	1,284	1,364	1,391	1,339	1,341	1,343	1,302	1,293	1,278

Tabela 12 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 1,00$ e $\gamma^* = 2,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 1,50$										
gama* = 2,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	230,81	236,48	231,83	243,05	241,46	237,64	232,05	242,16	242,86
	K_C	2,33	2,71	2,86	3,02	3,12	3,19	3,27	3,35	3,53
	K_A	0,33	0,15	0,08	0,06	0,08	0,05	0,01	0,05	0,30
	LSC	2,15	2,61	2,97	3,35	3,71	4,06	4,44	4,85	5,41
	LSA	1,59	1,56	1,55	1,54	1,56	1,54	1,51	1,55	1,84
	h_L	1,388	1,570	1,624	1,703	1,627	1,657	1,732	1,719	1,558
0,25	TMAF	230,81	236,48	231,83	243,05	241,46	237,64	232,05	242,16	242,86
	K_C	2,33	2,71	2,86	3,02	3,12	3,19	3,27	3,35	3,53
	K_A	0,33	0,15	0,08	0,06	0,08	0,05	0,01	0,05	0,30
	LSC	2,15	2,61	2,97	3,35	3,71	4,06	4,44	4,85	5,41
	LSA	1,59	1,56	1,55	1,54	1,56	1,54	1,51	1,55	1,84
	h_L	1,323	1,475	1,520	1,586	1,523	1,548	1,610	1,599	1,465
0,50	TMAF	238,28	236,48	250,78	243,05	241,46	237,64	237,40	242,16	242,86
	K_C	2,35	2,71	2,89	3,02	3,12	3,19	3,28	3,35	3,53
	K_A	0,35	0,15	0,10	0,06	0,08	0,05	0,01	0,05	0,30
	LSC	2,16	2,61	2,99	3,35	3,71	4,06	4,45	4,85	5,41
	LSA	1,60	1,56	1,55	1,54	1,56	1,54	1,51	1,55	1,84
	h_L	1,212	1,317	1,337	1,390	1,349	1,365	1,406	1,400	1,310

Tabela 13 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 1,50$ e $\gamma^* = 2,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 2,00$										
gama* = 2,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	225,52	226,45	224,87	227,46	229,31
	K_C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,04	3,10	3,15	3,21	3,37
	K_A	0,12	0,32	0,22	0,17	0,07	0,04	0,10	0,04	0,01
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,48	4,87	5,27	5,71	6,31
	LSA	2,04	2,15	2,14	2,12	2,06	2,05	2,11	2,05	2,02
	h_L	1,585	1,426	1,523	1,559	1,638	1,683	1,635	1,635	1,640
0,25	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	230,05	226,45	238,88	227,46	229,31
	K_C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,06	3,10	3,18	3,21	3,37
	K_A	0,12	0,32	0,22	0,17	0,08	0,04	0,01	0,04	0,01
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,50	4,87	5,30	5,71	6,31
	LSA	2,04	2,15	2,14	2,12	2,07	2,05	2,01	2,05	2,02
	h_L	1,487	1,355	1,436	1,466	1,527	1,569	1,600	1,529	1,533
0,50	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	230,05	226,45	238,88	227,46	229,31
	K_C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,06	3,10	3,18	3,21	3,37
	K_A	0,12	0,32	0,22	0,17	0,08	0,04	0,01	0,04	0,01
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,50	4,87	5,30	5,71	6,31
	LSA	2,04	2,15	2,14	2,12	2,07	2,05	2,01	2,05	2,02
	h_L	1,325	1,236	1,290	1,311	1,352	1,380	1,400	1,353	1,355

Tabela 14 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 2,00$ e $\gamma^* = 2,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 3,00$										
gama* = 2,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	265,98	264,81
	K_C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,18	3,27
	K_A	0,37	0,47	0,19	0,40	0,25	0,11	0,17	0,10	0,05
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,50	8,12
	LSA	3,15	3,27	3,14	3,35	3,26	3,13	3,22	3,15	3,09
	h_L	1,390	1,321	1,569	1,435	1,519	1,624	1,580	1,627	1,620
0,25	TMAF	274,01	302,85	286,78	286,95	275,99	280,64	278,66	276,08	274,09
	K_C	2,37	2,68	2,87	2,98	3,05	3,11	3,16	3,21	3,32
	K_A	0,18	0,31	0,21	0,27	0,26	0,11	0,06	0,11	0,07
	LSC	3,94	4,55	5,09	5,58	6,05	6,53	7,02	7,54	8,20
	LSA	3,07	3,18	3,15	3,24	3,27	3,13	3,09	3,17	3,12
	h_L	1,437	1,346	1,464	1,452	1,433	1,520	1,582	1,519	1,485
0,50	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	265,98	264,81
	K_C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,18	3,27
	K_A	0,17	0,31	0,19	0,27	0,13	0,11	0,06	0,10	0,05
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,50	8,12
	LSA	3,07	3,18	3,14	3,24	3,14	3,13	3,08	3,15	3,09
	h_L	1,292	1,230	1,316	1,301	1,350	1,347	1,388	1,349	1,345

Tabela 15 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 3,00$ e $\gamma^* = 2,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 4,00$										
gama* = 2,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	376,34	421,42	353,02	352,47	358,66	355,76	362,61	357,17	352,41
	K_C	2,46	2,83	2,95	3,04	3,12	3,18	3,22	3,25	3,28
	K_A	0,67	0,53	0,48	0,50	0,48	0,31	0,24	0,28	0,09
	LSC	5,13	5,89	6,48	7,04	7,60	8,16	8,73	9,31	9,93
	LSA	4,31	4,36	4,41	4,51	4,56	4,41	4,36	4,47	4,17
	h_L	1,274	1,310	1,373	1,359	1,364	1,476	1,538	1,501	1,602
0,25	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	355,76	362,61	357,17	356,38
	K_C	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	3,18	3,22	3,25	3,30
	K_A	0,67	0,35	0,48	0,51	0,48	0,31	0,24	0,17	0,10
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,16	8,73	9,31	9,97
	LSA	4,31	4,24	4,41	4,51	4,56	4,41	4,36	4,28	4,19
	h_L	1,228	1,352	1,304	1,299	1,303	1,396	1,448	1,495	1,501
0,50	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	355,76	362,61	357,17	355,27
	K_C	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	3,18	3,22	3,25	3,29
	K_A	0,67	0,35	0,48	0,51	0,35	0,31	0,24	0,17	0,09
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,16	8,73	9,31	9,95
	LSA	4,31	4,24	4,41	4,51	4,41	4,41	4,36	4,28	4,18
	h_L	1,152	1,235	1,203	1,199	1,249	1,264	1,299	1,330	1,334

Tabela 16 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 4,00$ e $\gamma^* = 2,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 0,50$										
gama* = 3,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	583,05	696,89	603,27	582,94	590,43	588,90	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,00	3,47	3,71	3,88	4,02	4,17	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,32	0,22	0,04	0,06	0,03	0,07	0,01	0,01	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,60	1,87	2,14	2,43	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,55	0,55	0,51	0,52	0,51	0,53	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,475	1,492	1,674	1,605	1,674	1,660	1,618	1,586	1,581
0,25	TMAF	583,05	696,89	603,27	582,94	590,43	588,90	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,00	3,47	3,71	3,88	4,02	4,17	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,56	0,11	0,04	0,06	0,03	0,07	0,01	0,02	0,57
	LSC	0,99	1,32	1,60	1,87	2,14	2,43	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,59	0,53	0,51	0,52	0,51	0,53	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,263	1,465	1,561	1,504	1,562	1,550	1,515	1,488	1,484
0,50	TMAF	653,33	696,89	667,85	662,01	666,26	652,93	693,15	818,16	855,11
	K_C	3,07	3,47	3,77	3,94	4,08	4,22	4,45	4,69	4,86
	K_A	0,23	0,11	0,06	0,08	0,04	0,08	0,01	0,02	0,57
	LSC	1,00	1,32	1,62	1,89	2,17	2,45	2,81	3,21	3,61
	LSA	0,54	0,53	0,52	0,53	0,52	0,54	0,51	0,51	0,87
	h_L	1,292	1,310	1,352	1,336	1,369	1,366	1,343	1,326	1,323

Tabela 17 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 0,50$ e $\gamma^* = 3,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 1,00$										
gama* = 3,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	283,37	280,66	276,71	282,95	287,14	277,29	285,76	304,50	308,17
	K_C	2,51	2,85	3,08	3,23	3,33	3,43	3,51	3,69	3,88
	K_A	0,31	0,39	0,45	0,40	0,29	0,25	0,19	0,05	0,09
	LSC	1,58	1,95	2,29	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
	LSA	1,07	1,13	1,19	1,20	1,17	1,17	1,14	1,04	1,08
	h_L	1,440	1,389	1,359	1,376	1,447	1,478	1,469	1,528	1,500
0,25	TMAF	337,26	337,53	325,14	315,61	325,93	322,86	319,46	349,26	357,29
	K_C	2,56	2,93	3,15	3,29	3,40	3,49	3,57	3,73	3,89
	K_A	0,20	0,32	0,16	0,32	0,21	0,17	0,11	0,06	0,09
	LSC	1,59	1,98	2,32	2,65	2,96	3,28	3,62	4,05	4,52
	LSA	1,05	1,11	1,07	1,16	1,13	1,12	1,09	1,05	1,08
	h_L	1,411	1,365	1,471	1,376	1,437	1,437	1,440	1,431	1,401
0,50	TMAF	337,26	337,53	325,14	315,61	325,93	322,86	319,46	349,26	357,29
	K_C	2,56	2,93	3,15	3,29	3,40	3,49	3,57	3,73	3,89
	K_A	0,20	0,43	0,16	0,32	0,11	0,17	0,11	0,06	0,09
	LSC	1,59	1,98	2,32	2,65	2,96	3,28	3,62	4,05	4,52
	LSA	1,05	1,15	1,07	1,16	1,07	1,12	1,09	1,05	1,08
	h_L	1,274	1,201	1,314	1,250	1,341	1,291	1,293	1,287	1,267

Tabela 18 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 1,00$ e $\gamma^* = 3,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 1,50$										
gama* = 3,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	229,59	236,48	224,82	243,05	241,46	237,64	229,65	229,09	242,86
	K_C	2,32	2,71	2,85	3,02	3,12	3,19	3,26	3,33	3,53
	K_A	0,48	0,66	0,65	0,61	0,49	0,45	0,49	0,04	0,50
	LSC	2,15	2,61	2,97	3,35	3,71	4,06	4,43	4,83	5,41
	LSA	1,64	1,77	1,84	1,88	1,85	1,87	1,95	1,55	2,06
	h_L	1,301	1,250	1,259	1,282	1,330	1,351	1,322	1,719	1,275
0,25	TMAF	229,59	236,48	224,82	243,05	241,46	237,64	229,65	229,09	242,86
	K_C	2,32	2,71	2,85	3,02	3,12	3,19	3,26	3,33	3,53
	K_A	0,48	0,53	0,31	0,61	0,49	0,45	0,40	0,04	0,40
	LSC	2,15	2,61	2,97	3,35	3,71	4,06	4,43	4,83	5,41
	LSA	1,64	1,72	1,66	1,88	1,85	1,87	1,86	1,55	1,95
	h_L	1,251	1,209	1,370	1,235	1,275	1,293	1,325	1,599	1,317
0,50	TMAF	229,59	236,48	224,82	243,05	241,46	237,64	229,65	229,09	242,86
	K_C	2,32	2,71	2,85	3,02	3,12	3,19	3,26	3,33	3,53
	K_A	0,48	0,53	0,65	0,50	0,39	0,45	0,30	0,04	0,40
	LSC	2,15	2,61	2,97	3,35	3,71	4,06	4,43	4,83	5,41
	LSA	1,64	1,72	1,84	1,81	1,78	1,87	1,77	1,55	1,95
	h_L	1,167	1,175	1,144	1,190	1,215	1,195	1,249	1,399	1,211

Tabela 19 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 1,50$ e $\gamma^* = 3,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 2,00$										
gama* = 3,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	225,52	226,45	224,87	227,46	229,31
	K_C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,04	3,10	3,15	3,21	3,37
	K_A	0,46	0,60	0,84	0,63	0,62	0,78	0,71	0,34	0,21
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,48	4,87	5,27	5,71	6,31
	LSA	2,15	2,28	2,50	2,45	2,51	2,73	2,74	2,40	2,27
	h_L	1,344	1,283	1,196	1,268	1,274	1,223	1,250	1,450	1,439
0,25	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	225,52	226,45	225,00	227,46	229,31
	K_C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,04	3,10	3,17	3,21	3,37
	K_A	0,46	0,60	0,84	0,75	0,73	0,68	0,72	0,34	0,21
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,48	4,87	5,29	5,71	6,31
	LSA	2,15	2,28	2,50	2,53	2,60	2,63	2,75	2,40	2,27
	h_L	1,287	1,236	1,164	1,190	1,193	1,219	1,205	1,375	1,366
0,50	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	225,52	226,45	224,87	227,46	229,31
	K_C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,04	3,10	3,15	3,21	3,37
	K_A	0,46	0,60	0,84	0,75	0,62	0,78	0,61	0,34	0,11
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,48	4,87	5,27	5,71	6,31
	LSA	2,15	2,28	2,50	2,53	2,51	2,73	2,63	2,40	2,15
	h_L	1,191	1,157	1,109	1,127	1,152	1,124	1,161	1,250	1,277

Tabela 20 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 2,00$ e $\gamma^* = 3,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 3,00$										
gama* = 3,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	302,98	302,85	300,70	299,19	298,82	311,18	301,74	299,62	299,04
	K_C	2,42	2,68	2,91	3,00	3,09	3,17	3,20	3,26	3,34
	K_A	0,62	0,94	0,94	1,19	1,14	1,07	1,19	1,10	0,81
	LSC	3,96	4,55	5,12	5,60	6,09	6,59	7,07	7,61	8,23
	LSA	3,25	3,55	3,68	4,03	4,14	4,22	4,52	4,57	4,28
	h_L	1,253	1,142	1,175	1,119	1,126	1,142	1,119	1,136	1,202
0,25	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	265,98	268,99
	K_C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,18	3,28
	K_A	0,57	0,78	1,02	0,91	1,22	1,03	1,16	0,95	1,20
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,50	8,14
	LSA	3,23	3,46	3,75	3,79	4,22	4,18	4,48	4,35	4,88
	h_L	1,225	1,157	1,122	1,149	1,090	1,123	1,105	1,150	1,088
0,50	TMAF	273,22	302,85	286,78	286,95	275,99	280,64	278,66	272,25	271,54
	K_C	2,36	2,68	2,87	2,98	3,05	3,11	3,16	3,20	3,29
	K_A	0,57	0,78	1,05	0,78	0,99	1,03	1,06	0,96	0,68
	LSC	3,94	4,55	5,09	5,58	6,05	6,53	7,02	7,53	8,15
	LSA	3,23	3,46	3,77	3,68	3,99	4,18	4,35	4,36	4,08
	h_L	1,150	1,105	1,077	1,125	1,090	1,082	1,082	1,100	1,129

Tabela 21 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 3,00$ e $\gamma^* = 3,0$.

Esquemas VSI EWMA										
$c_0 = 4,00$										
gama* = 3,0		lambda								
h_s		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,10	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	368,91	362,61	365,35	361,95
	K_C	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	3,20	3,22	3,27	3,33
	K_A	0,89	0,71	0,95	1,35	1,40	1,44	1,43	1,43	1,55
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,19	8,73	9,34	10,02
	LSA	4,41	4,47	4,80	5,36	5,63	5,90	6,11	6,35	6,82
	h_L	1,180	1,236	1,170	1,085	1,079	1,076	1,080	1,080	1,059
0,25	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	368,91	362,61	365,35	361,95
	K_C	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	3,20	3,22	3,27	3,33
	K_A	0,89	1,24	1,26	1,35	1,27	1,44	1,43	1,43	1,44
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,19	8,73	9,34	10,02
	LSA	4,41	4,83	5,06	5,36	5,47	5,90	6,11	6,35	6,62
	h_L	1,150	1,075	1,079	1,071	1,083	1,064	1,067	1,067	1,070
0,50	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	368,91	362,61	365,35	361,95
	K_C	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	3,20	3,22	3,27	3,33
	K_A	0,89	1,06	1,26	1,35	1,14	1,44	1,19	1,32	1,33
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,19	8,73	9,34	10,02
	LSA	4,41	4,71	5,06	5,36	5,32	5,90	5,76	6,16	6,42
	h_L	1,100	1,073	1,053	1,047	1,069	1,042	1,066	1,055	1,059

Tabela 22 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI EWMA para $c_0 = 4,00$ e $\gamma^* = 3,0$.

5.4.

Obtenção dos Projetos Ótimos e das Medidas de Desempenho do Esquema EWMA para Não-Conformidades

A comparação do desempenho do esquema VSI EWMA proposto com o desempenho do esquema EWMA se faz importante para mostrar o ganho da incorporação de um intervalo de tempo variável a um esquema de parâmetros fixos.

Os projetos ótimos e as medidas de desempenho de esquemas EWMA são obtidos através do modelo matemático implementado em planilha Excel para o esquema VSI EWMA, bastando usar $h_s = 1,00$ (e, portanto, $h_L = 1,00$). Dessa maneira, os projetos de esquemas EWMA também fornecem, em cada caso analisado, TMAF's maiores ou iguais aos TMAF's dos esquemas V_p .

Utilizando a planilha, são obtidos os projetos ótimos de esquemas EWMA para os valores de c_0 , γ^* e λ descritos na *Seção 5.1*. Como o esquema EWMA é um esquema de parâmetros fixos, não é necessário o uso de um limite superior de advertência (LSA), e desta maneira, os projetos obtidos não incluem os parâmetros K_A e LSA. Uma vez obtido o projeto do esquema EWMA para

otimizar a alteração $c_1^* = \gamma^* c_0$, em cada caso analisado, os valores de TES para outros valores de $c_1 = \gamma c_0$ (isto é, para os outros valores de γ) são obtidos usando-se a mesma planilha, tendo como entrada os valores ótimos obtidos para os parâmetros em cada situação. As Tabelas 23, 24 e 25 apresentam os projetos ótimos e os valores de TMAF de esquemas EWMA em cada caso analisado, para $\gamma^* = 1,5, 2,0$ e $3,0$, respectivamente.

Os valores de TES obtidos pelo esquema EWMA, em cada caso analisado, também estão tabelados na Seção 5.7.

Esquemas EWMA										
c_0	gama* = 1,5	lambda								
		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,50	TMAF	583,05	696,89	576,69	582,94	590,43	588,90	693,15	818,16	855,11
	K_c	3,00	3,47	3,70	3,88	4,02	4,17	4,45	4,69	4,86
	LSC	0,99	1,32	1,60	1,87	2,14	2,43	2,81	3,21	3,61
1,00	TMAF	283,37	280,66	276,71	282,95	287,14	277,29	285,76	304,50	308,17
	K_c	2,51	2,85	3,08	3,23	3,33	3,43	3,51	3,69	3,88
	LSC	1,58	1,95	2,29	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
1,50	TMAF	238,28	236,48	250,78	243,05	241,46	237,64	237,40	242,16	242,86
	K_c	2,35	2,71	2,89	3,02	3,12	3,19	3,28	3,35	3,53
	LSC	2,16	2,61	2,99	3,35	3,71	4,06	4,45	4,85	5,41
2,00	TMAF	262,37	257,76	257,87	253,52	250,96	252,76	256,31	243,42	243,41
	K_c	2,35	2,72	2,87	2,98	3,08	3,16	3,22	3,28	3,39
	LSC	2,76	3,28	3,71	4,11	4,51	4,93	5,34	5,79	6,34
3,00	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	272,25	268,99
	K_c	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,20	3,28
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,53	8,14
4,00	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	368,91	362,61	365,35	361,95
	K_c	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	3,20	3,22	3,27	3,33
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,19	8,73	9,34	10,02

Tabela 23 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas EWMA para não-conformidades, para $\gamma^* = 1,5$.

Esquemas EWMA										
c ₀	gama* = 2,0	lambda								
		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,50	TMAF	627,89	696,89	639,39	629,67	638,72	652,93	693,15	818,16	855,11
	K _C	3,03	3,47	3,74	3,91	4,07	4,22	4,45	4,69	4,86
	LSC	0,99	1,32	1,61	1,88	2,16	2,45	2,81	3,21	3,61
1,00	TMAF	283,37	287,61	300,11	282,95	287,14	287,05	285,76	304,50	308,17
	K _C	2,51	2,86	3,10	3,23	3,33	3,44	3,51	3,69	3,88
	LSC	1,58	1,95	2,30	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
1,50	TMAF	230,81	236,48	231,83	243,05	241,46	237,64	232,05	242,16	242,86
	K _C	2,33	2,71	2,86	3,02	3,12	3,19	3,27	3,35	3,53
	LSC	2,15	2,61	2,97	3,35	3,71	4,06	4,44	4,85	5,41
2,00	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	225,52	226,45	224,87	227,46	229,31
	K _C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,04	3,10	3,15	3,21	3,37
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,48	4,87	5,27	5,71	6,31
3,00	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	265,98	264,81
	K _C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,18	3,27
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,50	8,12
4,00	TMAF	376,34	421,42	353,02	352,47	358,66	355,76	362,61	357,17	352,41
	K _C	2,46	2,83	2,95	3,04	3,12	3,18	3,22	3,25	3,28
	LSC	5,13	5,89	6,48	7,04	7,60	8,16	8,73	9,31	9,93

Tabela 24 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas EWMA para não-conformidades, para $\gamma^* = 2,0$.

Esquemas EWMA										
c ₀	gama* = 3,0	lambda								
		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
0,50	TMAF	583,05	696,89	603,27	582,94	590,43	588,90	693,15	818,16	855,11
	K _C	3,00	3,47	3,71	3,88	4,02	4,17	4,45	4,69	4,86
	LSC	0,99	1,32	1,60	1,87	2,14	2,43	2,81	3,21	3,61
1,00	TMAF	283,37	280,66	280,66	282,95	287,14	277,29	285,76	304,50	308,17
	K _C	2,51	2,85	3,08	3,23	3,33	3,43	3,51	3,69	3,88
	LSC	1,58	1,95	2,29	2,62	2,92	3,25	3,58	4,01	4,51
1,50	TMAF	229,59	236,48	224,82	243,05	241,46	237,64	229,65	229,09	242,86
	K _C	2,32	2,71	2,85	3,02	3,12	3,19	3,26	3,33	3,53
	LSC	2,15	2,61	2,97	3,35	3,71	4,06	4,43	4,83	5,41
2,00	TMAF	240,68	242,31	229,33	228,59	225,52	226,45	224,87	227,46	229,31
	K _C	2,34	2,68	2,83	2,95	3,04	3,10	3,15	3,21	3,37
	LSC	2,76	3,26	3,68	4,09	4,48	4,87	5,27	5,71	6,31
3,00	TMAF	273,22	302,85	267,67	286,95	266,97	280,64	268,83	265,98	268,99
	K _C	2,36	2,68	2,84	2,98	3,03	3,11	3,15	3,18	3,28
	LSC	3,94	4,55	5,07	5,58	6,03	6,53	7,00	7,50	8,14
4,00	TMAF	376,34	421,42	359,12	369,87	358,66	368,91	362,61	365,35	361,95
	K _C	2,46	2,83	2,96	3,05	3,12	0,20	3,22	3,27	3,33
	LSC	5,13	5,89	6,49	7,05	7,60	8,19	8,73	9,34	10,02

Tabela 25 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas EWMA para não-conformidades, para $\gamma^* = 3,0$.

5.5.

Obtenção dos Projetos Ótimos e das Medidas de Desempenho do Esquema VSI para Não-Conformidades

A comparação do desempenho do esquema VSI EWMA proposto com o desempenho do esquema VSI se faz importante para mostrar o ganho ao incorporar um esquema EWMA a um esquema VSI.

Os projetos ótimos para o esquema VSI podem ser obtidos através do programa em C (*Apêndice A*) desenvolvido para o esquema V_p , fazendo-se algumas modificações no programa. Como apresentado no *Capítulo 2*, tal como o esquema V_p , o esquema VSI também utiliza um intervalo mais curto (h_S) e um intervalo mais longo (h_L) de tempo entre amostras, mas o tamanho de amostra não é variável. Desta maneira, no programa, faz-se o tamanho pequeno de amostra (m_S) e o tamanho grande de amostra (m_L) iguais a 1, sem perda de generalidade. Além dessa alteração, também no esquema VSI em questão trabalha-se somente com um limite superior de controle e um limite superior de advertência, e, portanto, faz-se $LSC_1 = LSC_2$ e $LSA_1 = LSA_2$.

O programa faz uma busca do projeto de esquema VSI que fornece, para c_0 , γ^* e h_S dados, o menor TES para detectar a alteração $c_1^* = \gamma^*c_0$, sujeito a TMAF não inferior ao do esquema de parâmetros fixos de referência (isto é, que minimiza o TES para $\gamma = \gamma^*$, com a restrição $TMAF \geq 200$). Como dados de saída do programa, estão os valores de h_L , $m_S = 1$, $m_L = 1$, LSC_1 , $LSC_2 = LSC_1$, LSA_1 , $LSA_2 = LSA_1$, TMAF e TES, para cada caso analisado (entrada de c_0 , γ^* e h_S).

Foram obtidos os projetos ótimos de esquemas VSI para os valores de c_0 , h_S , γ e γ^* descritos na *Seção 5.1*. A *Tabela 26* apresenta os projetos ótimos e os valores de TMAF dos esquemas VSI em cada caso analisado.

Os valores de TES para as outras alterações $c_1 = \gamma c_0$, ou seja, para os demais valores de γ , são obtidos posteriormente, em uma planilha de cálculo para esquemas VSI semelhante à apresentada em Cesar (2000), usando os valores dos parâmetros de projeto obtidos pelo programa, em cada caso analisado.

Os valores de TES obtidos pelo esquema VSI, em cada caso analisado, constam das tabelas comparativas da *Seção 5.7*.

Esquemas VSI										
c_0	gama*	h_s	h_L	m_s	m_L	LSC_1	LSA_1	LSC_2	LSA_2	TMAF
0,5	1,5	0,10	1,581	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	2,0	0,10	1,581	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	3,0	0,10	1,581	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	1,5	0,25	1,484	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	2,0	0,25	1,484	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	3,0	0,25	1,484	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	1,5	0,50	1,323	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	2,0	0,50	1,323	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
0,5	3,0	0,50	1,323	1,000	1,000	3,5	0,5	3,5	0,5	570,9
1,0	1,5	0,10	2,538	1,000	1,000	4,5	0,5	4,5	0,5	273,2
1,0	2,0	0,10	2,538	1,000	1,000	4,5	0,5	4,5	0,5	273,2
1,0	3,0	0,10	2,538	1,000	1,000	4,5	0,5	4,5	0,5	273,2
1,0	1,5	0,25	2,281	1,000	1,000	4,5	0,5	4,5	0,5	273,2
1,0	2,0	0,25	2,281	1,000	1,000	4,5	0,5	4,5	0,5	273,2
1,0	3,0	0,25	2,281	1,000	1,000	4,5	0,5	4,5	0,5	273,2
1,0	1,5	0,50	1,042	1,000	1,000	4,5	2,5	4,5	2,5	273,2
1,0	2,0	0,50	1,042	1,000	1,000	4,5	2,5	4,5	2,5	273,2
1,0	3,0	0,50	1,042	1,000	1,000	4,5	2,5	4,5	2,5	273,2
1,5	1,5	0,10	4,116	1,000	1,000	5,5	0,5	5,5	0,5	224,4
1,5	2,0	0,10	4,116	1,000	1,000	5,5	0,5	5,5	0,5	224,4
1,5	3,0	0,10	1,706	1,000	1,000	5,5	1,5	5,5	1,5	224,4
1,5	1,5	0,25	3,596	1,000	1,000	5,5	0,5	5,5	0,5	224,4
1,5	2,0	0,25	3,596	1,000	1,000	5,5	0,5	5,5	0,5	224,4
1,5	3,0	0,25	1,589	1,000	1,000	5,5	1,5	5,5	1,5	224,4
1,5	1,5	0,50	2,731	1,000	1,000	5,5	0,5	5,5	0,5	224,4
1,5	2,0	0,50	2,731	1,000	1,000	5,5	0,5	5,5	0,5	224,4
1,5	3,0	0,50	1,392	1,000	1,000	5,5	1,5	5,5	1,5	224,4
2,0	1,5	0,10	6,720	1,000	1,000	6,5	0,5	6,5	0,5	220,6
2,0	2,0	0,10	6,720	1,000	1,000	6,5	0,5	6,5	0,5	220,6
2,0	3,0	0,10	1,145	1,000	1,000	6,5	3,5	6,5	3,5	220,6
2,0	1,5	0,25	5,767	1,000	1,000	6,5	0,5	6,5	0,5	220,6
2,0	2,0	0,25	2,089	1,000	1,000	6,5	1,5	6,5	1,5	220,6
2,0	3,0	0,25	1,353	1,000	1,000	6,5	2,5	6,5	2,5	220,6
2,0	1,5	0,50	4,178	1,000	1,000	6,5	0,5	6,5	0,5	220,6
2,0	2,0	0,50	1,726	1,000	1,000	6,5	1,5	6,5	1,5	220,6
2,0	3,0	0,50	1,236	1,000	1,000	6,5	2,5	6,5	2,5	220,6
3,0	1,5	0,10	2,219	1,000	1,000	8,5	2,5	8,5	2,5	263,0
3,0	2,0	0,10	2,219	1,000	1,000	8,5	2,5	8,5	2,5	263,0
3,0	3,0	0,10	1,200	1,000	1,000	8,5	4,5	8,5	4,5	263,0
3,0	1,5	0,25	2,016	1,000	1,000	8,5	2,5	8,5	2,5	263,0
3,0	2,0	0,25	2,016	1,000	1,000	8,5	2,5	8,5	2,5	263,0
3,0	3,0	0,25	1,166	1,000	1,000	8,5	4,5	8,5	4,5	263,0
3,0	1,5	0,50	1,677	1,000	1,000	8,5	2,5	8,5	2,5	263,0
3,0	2,0	0,50	1,677	1,000	1,000	8,5	2,5	8,5	2,5	263,0
3,0	3,0	0,50	1,111	1,000	1,000	8,5	4,5	8,5	4,5	263,0
4,0	1,5	0,10	3,869	1,000	1,000	10,5	2,5	10,5	2,5	352,1
4,0	2,0	0,10	2,170	1,000	1,000	10,5	3,5	10,5	3,5	352,1
4,0	3,0	0,10	1,109	1,000	1,000	10,5	6,5	10,5	6,5	352,1
4,0	1,5	0,25	3,391	1,000	1,000	10,5	2,5	10,5	2,5	352,1
4,0	2,0	0,25	1,975	1,000	1,000	10,5	3,5	10,5	3,5	352,1
4,0	3,0	0,25	1,091	1,000	1,000	10,5	6,5	10,5	6,5	352,1
4,0	1,5	0,50	2,594	1,000	1,000	10,5	2,5	10,5	2,5	352,1
4,0	2,0	0,50	1,650	1,000	1,000	10,5	3,5	10,5	3,5	352,1
4,0	3,0	0,50	1,135	1,000	1,000	10,5	5,5	10,5	5,5	352,1

Tabela 26 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas VSI para não-conformidades.

5.6. Obtenção dos Projetos Ótimos e das Medidas de Desempenho do Esquema Poisson CUSUM

O esquema CUSUM é usualmente considerado aproximadamente equivalente ao esquema EWMA em desempenho, com CUSUM e EWMA constituindo as duas alternativas usuais dentre os esquemas de controle com parâmetros fixos para permitir detecção mais rápida (que os gráficos de Shewhart) de alterações de pequena magnitude nos níveis de qualidade dos processos.

Desta maneira, torna-se pertinente a comparação do desempenho do esquema VSI EWMA para não-conformidades proposto com o desempenho do esquema Poisson CUSUM.

O projeto de um esquema Poisson CUSUM, como visto no *Capítulo 2*, envolve o valor de referência k , o intervalo de decisão d , o número médio aceitável de não-conformidades por amostra (que aqui chamamos de c_0) e o número médio de não-conformidades por amostra que se deseja que o esquema detecte rapidamente (que aqui chamamos de $c_1^* = \gamma^*c_0$).

Os projetos ótimos e as medidas de desempenho NMAF e NMA de esquemas Poisson CUSUM para os valores dos parâmetros c_0 , γ^* e γ fornecidos na *Seção 5.1* puderam ser obtidos na literatura existente. Foram retirados da tabela 2 de Lucas (1985) os projetos ótimos e as medidas de desempenho NMAF e NMA de esquemas Poisson CUSUM. São os resultados obtidos pelo autor sem o uso da estratégia de resposta inicial rápida, uma vez que o objetivo aqui é a comparação com o esquema VSI EWMA proposto, que também não utiliza esta estratégia.

Para cada combinação de valores de c_0 e γ^* aqui considerada, retirou-se da tabela 2 fornecida por Lucas (1985) o projeto que tivesse o menor NMA para $c_1^* = \gamma^*c_0$, e que fornecesse ainda um valor de NMAF ≥ 100 , ou seja, buscou-se o projeto que levasse ao menor NMA para detectar a alteração $c_1^* = \gamma^*c_0$, sujeito à restrição de NMAF no mínimo igual a 100. Cabe um comentário sobre a razão das escolhas: com um intervalo de tempo entre amostras fixo, o projeto de menor NMA é o de menor TES; quanto à restrição NMAF ≥ 100 , ela foi usada no lugar de valores maiores (por exemplo, NMAF ≥ 200) pois a tabela 2 de Lucas (1985) não contém projetos com NMAF's pouco maiores que 200; os projetos com

NMAF ≥ 200 possuem na verdade NMAF's muito maiores, resultando em NMA's muito grandes para detectar a alteração desejada. Tais projetos estariam em condições desvantajosas para a comparação de desempenho com os outros esquemas. A considerar o esquema Poisson CUSUM em condições de desvantagem, preferimos dar-lhe vantagem na comparação, dado que o propósito aqui é evidenciar as vantagens do esquema VSI EWMA, que acreditamos a priori ser mais eficiente. Com efeito, como será visto adiante, o esquema VSI EWMA mostrou-se mais eficiente mesmo tendo sido dada vantagem ao esquema Poisson CUSUM.

Os valores de NMA para detectar as alterações $c_1 = \gamma c_0$, ou seja, para os outros valores de γ , foram obtidos da mesma tabela de Lucas (1985), usando os projetos escolhidos em cada caso. Quando não estava disponível nessa tabela um determinado valor de NMA para detecção de alguma alteração de interesse, foi utilizada a interpolação logarítmica (isto é, a interpolação linear dos valores de $\ln(\text{NMA})$) como recurso para obtenção de tal valor de NMA. Em cada caso em que foi necessária a utilização de interpolação, foram construídas uma curva dos valores existentes e uma curva de todos os valores (valores existentes e valores interpolados), que, registradas em um mesmo gráfico, mostravam-se coincidentes, comprovando que a interpolação logarítmica apresentava-se como um recurso bastante satisfatório.

Supondo-se que o intervalo de tempo entre amostras, para o esquema Poisson CUSUM em questão, era igual a uma unidade de tempo ($h = 1$), sem perda de generalidade, os valores de NMA retirados da tabela 2 de Lucas (1985) e os valores obtidos por interpolação são, neste caso, iguais aos valores de TES_f , e os valores de NMAF, em cada projeto, também são iguais aos valores de TMAF. Assim, uma vez que $h = 1$, os valores de TES são calculados através da expressão $\text{TES} = \text{TES}_f - 0,5$.

A *Tabela 27* apresenta os projetos ótimos e os valores de TMAF do melhor esquema Poisson CUSUM (de acordo com os critérios acima) em cada caso analisado.

Os valores de TES obtidos do esquema Poisson CUSUM, em cada caso analisado, encontram-se nas tabelas comparativas da *Seção 5.7*.

Esquemas Poisson CUSUM				
gama*	c_0	k	d	TMAF
1,5	0,50	0,5	10,0	122
	1,00	2,0	3,0	152
	1,50	3,0	3,0	158
	2,00	2,0	15,0	132
	3,00	3,0	20,0	156
	4,00	5,0	7,0	108
2,0	0,50	1,0	3,0	174
	1,00	2,0	3,0	152
	1,50	3,0	3,0	158
	2,00	2,0	15,0	132
	3,00	3,0	20,0	156
	4,00	5,0	7,0	108
3,0	0,50	1,0	3,0	174
	1,00	2,0	3,0	152
	1,50	3,0	3,0	158
	2,00	5,0	2,0	214
	3,00	3,0	20,0	156
	4,00	5,0	7,0	108

Tabela 27 - Projetos ótimos e TMAF's de esquemas Poisson CUSUM.

5.7.

Comparação entre os Desempenhos dos Esquemas VSI EWMA, Vp, EWMA, VSI e Poisson CUSUM

Comparamos, agora, todos os valores de TES obtidos pelos gráficos Vp, VSI EWMA, EWMA, VSI e Poisson CUSUM ótimos, cujos parâmetros (e TMAF's) constam das tabelas das *Seções 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6*, respectivamente.

As *Tabelas 28 a 33, 34 a 39, e 41 a 45* apresentam os TES's de todos os esquemas, em cada caso analisado, para $\gamma^* = 1,5, 2,0$ e $3,0$, respectivamente. Cada uma dessas tabelas exibe os resultados para um determinado c_0 . Com todos os resultados mostrados em conjunto, há maior facilidade de comparação dos valores, e torna-se possível a identificação do esquema com melhor desempenho em cada situação. Nestas tabelas, o menor valor de TES para cada γ , ou seja, para detectar a alteração $c_1 = \gamma c_0$, encontra-se destacado em negrito e em fundo cinza; os valores de TES obtidos pelo esquema Poisson CUSUM que estão sublinhados são valores calculados através de interpolação logarítmica; e as linhas

correspondentes a $h_s = 1,00$, para cada γ , mostram os valores de TES obtidos pelo esquema EWMA, em cada situação. Como pode-se observar, a análise dessas tabelas com as comparações de desempenho dos esquemas é semelhante para todos os casos. Assim, o leitor mais interessado em uma síntese das comparações de desempenho não precisa deter-se em todas essas tabelas, podendo passar diretamente à *Seção 5.8, Tabelas 46, 47 e 48*, que mostram de forma sintetizada a comparação de desempenho entre os esquemas.

gama* = 1,5		TES											Vp	VSI
c ₀ = 0,50		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama				lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	38,85	0,10	25,75	39,64	45,91	58,69	69,18	82,16	109,17	130,47	137,00	35,95	110,33	
		0,25	29,35	44,39	50,53	63,55	74,04	86,56	114,45	135,88	142,41	37,14	114,67	
		0,50	35,46	52,38	58,30	71,71	82,18	93,91	123,28	144,92	151,45	39,15	121,95	
	EWMA →	1,00	48,05	68,60	74,07	88,20	98,62	108,74	141,06	163,08	169,61	---	---	
2,0	19,90	0,10	8,32	9,31	10,57	13,57	16,91	21,42	29,86	37,16	39,33	10,47	34,63	
		0,25	9,75	11,27	12,67	15,99	19,46	23,95	33,11	40,50	42,62	10,81	37,51	
		0,50	12,17	14,58	16,23	20,05	23,75	28,20	38,54	46,09	48,11	11,38	42,36	
	EWMA →	1,00	17,23	21,35	23,48	28,30	32,44	36,81	49,50	57,35	59,16	---	---	
2,5	13,50	0,10	4,97	4,63	4,73	5,49	6,60	8,23	11,34	14,62	15,64	6,62	14,36	
		0,25	5,74	5,65	5,83	6,79	8,03	9,72	13,30	16,69	17,65	6,69	16,21	
		0,50	7,07	7,37	7,70	8,99	10,43	12,22	16,59	20,16	21,02	6,83	19,31	
	EWMA →	1,00	9,87	10,92	11,57	13,49	15,32	17,32	23,26	27,18	27,81	---	---	
3,0	10,20	0,10	3,59	3,13	2,99	3,18	3,56	4,19	5,49	7,15	7,72	5,22	7,22	
		0,25	4,10	3,75	3,66	3,96	4,43	5,13	6,73	8,50	9,02	5,22	8,44	
		0,50	4,97	4,82	4,80	5,29	5,91	6,70	8,83	10,78	11,22	5,22	10,49	
	EWMA →	1,00	6,83	7,04	7,18	8,05	8,96	9,96	13,11	15,41	15,67	---	---	
3,5	8,62	0,10	2,84	2,40	2,24	2,26	2,38	2,63	3,22	4,12	4,46	4,41	4,21	
		0,25	3,20	2,83	2,68	2,77	2,95	3,25	4,05	5,05	5,36	4,39	5,04	
		0,50	3,84	3,57	3,45	3,65	3,94	4,31	5,46	6,62	6,87	4,35	6,46	
	EWMA →	1,00	5,20	5,12	5,07	5,50	5,98	6,52	8,36	9,83	9,95	---	---	
4,0	7,27	0,10	2,36	1,98	1,83	1,79	1,82	1,91	2,20	2,71	2,93	3,85	2,76	
		0,25	2,64	2,29	2,15	2,15	2,22	2,34	2,78	3,37	3,56	3,83	3,35	
		0,50	3,13	2,84	2,69	2,77	2,90	3,08	3,76	4,49	4,64	3,78	4,36	
	EWMA →	1,00	4,19	4,01	3,88	4,09	4,36	4,66	5,81	6,80	6,87	---	---	
4,5	6,12	0,10	2,03	1,70	1,58	1,52	1,51	1,53	1,68	1,98	2,12	3,43	2,01	
		0,25	2,26	1,94	1,81	1,78	1,80	1,84	2,09	2,46	2,58	3,41	2,43	
		0,50	2,64	2,36	2,21	2,23	2,30	2,37	2,80	3,28	3,38	3,38	3,16	
	EWMA →	1,00	3,50	3,28	3,12	3,22	3,38	3,55	4,30	5,00	5,04	---	---	
5,0	5,14	0,10	1,80	1,50	1,40	1,34	1,32	1,31	1,39	1,57	1,66	3,10	1,58	
		0,25	1,98	1,69	1,58	1,53	1,53	1,53	1,69	1,92	2,01	3,09	1,88	
		0,50	2,30	2,03	1,89	1,87	1,90	1,93	2,21	2,54	2,60	3,07	2,42	
	EWMA →	1,00	3,00	2,77	2,60	2,64	2,73	2,83	3,34	3,84	3,87	---	---	

Tabela 28 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp,

VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 1,5$ e $c_0 = 0,50$.

gama* = 1,5		TES											Vp	VSI
c ₀ = 1,00		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama	h _s			lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	26,31	0,10	11,79	12,95	14,98	18,88	23,18	26,10	30,36	37,19	38,95	16,07	35,75	
		0,25	13,19	14,70	16,96	20,98	25,47	28,43	32,75	40,13	41,68	16,94	38,59	
		0,50	16,56	19,34	22,25	26,10	31,15	35,44	39,57	48,16	49,44	18,23	50,51	
	EWMA →	1,00	20,72	23,89	27,25	31,80	37,23	40,41	45,01	55,10	55,62	---	---	
2,0	8,77	0,10	4,79	4,21	4,20	4,65	5,40	6,09	7,15	8,96	9,60	5,14	9,26	
		0,25	5,35	4,89	4,96	5,53	6,42	7,17	8,32	10,55	11,11	5,42	10,70	
		0,50	6,51	6,35	6,62	7,32	8,44	9,58	10,88	13,75	14,11	6,75	16,47	
	EWMA →	1,00	8,38	8,50	9,06	10,17	11,76	12,84	14,43	18,76	18,86	---	---	
2,5	4,60	0,10	3,06	2,55	2,40	2,36	2,48	2,66	2,94	3,48	3,69	3,14	3,85	
		0,25	3,37	2,90	2,77	2,80	2,99	3,20	3,54	4,32	4,51	3,26	4,56	
		0,50	4,02	3,63	3,55	3,67	3,98	4,31	4,77	5,93	6,05	4,66	7,31	
	EWMA →	1,00	5,11	4,82	4,86	5,18	5,74	6,12	6,75	8,80	8,83	---	---	
3,0	2,95	0,10	2,27	1,88	1,75	1,64	1,64	1,68	1,75	1,94	2,00	2,32	2,29	
		0,25	2,48	2,10	1,96	1,89	1,92	1,98	2,08	2,41	2,47	2,39	2,63	
		0,50	2,91	2,54	2,41	2,40	2,49	2,59	2,76	3,31	3,35	3,75	3,96	
	EWMA →	1,00	3,65	3,31	3,22	3,30	3,52	3,66	3,94	4,99	5,00	---	---	
3,5	2,09	0,10	1,83	1,53	1,43	1,32	1,29	1,29	1,29	1,37	1,38	1,86	1,72	
		0,25	1,97	1,67	1,55	1,47	1,45	1,46	1,48	1,64	1,65	1,91	1,86	
		0,50	2,29	1,97	1,84	1,79	1,81	1,83	1,89	2,17	2,19	3,21	2,46	
	EWMA →	1,00	2,83	2,50	2,38	2,38	2,46	2,51	2,63	3,21	3,21	---	---	
4,0	1,60	0,10	1,54	1,31	1,23	1,14	1,10	1,10	1,08	1,11	1,10	1,56	1,48	
		0,25	1,65	1,40	1,31	1,23	1,20	1,20	1,19	1,26	1,26	1,61	1,50	
		0,50	1,89	1,61	1,50	1,44	1,43	1,42	1,44	1,59	1,60	2,84	1,71	
	EWMA →	1,00	2,31	2,01	1,88	1,84	1,86	1,87	1,93	2,25	2,25	---	---	
4,5	1,33	0,10	1,35	1,17	1,11	1,02	1,00	0,99	0,96	0,97	0,96	1,35	1,36	
		0,25	1,43	1,23	1,15	1,08	1,05	1,04	1,02	1,06	1,05	1,41	1,31	
		0,50	1,62	1,38	1,27	1,22	1,20	1,18	1,18	1,26	1,26	2,57	1,28	
	EWMA →	1,00	1,95	1,67	1,55	1,50	1,49	1,48	1,50	1,68	1,69	---	---	
5,0	1,09	0,10	1,22	1,07	1,03	0,95	0,93	0,92	0,89	0,89	0,88	1,21	1,30	
		0,25	1,28	1,11	1,05	0,98	0,95	0,94	0,91	0,93	0,92	1,26	1,20	
		0,50	1,42	1,21	1,12	1,07	1,05	1,02	1,01	1,05	1,05	2,36	1,02	
	EWMA →	1,00	1,68	1,43	1,31	1,26	1,23	1,22	1,22	1,33	1,33	---	---	

Tabela 29 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 1,5$ e $c_0 = 1,00$.

Quando $c_0 = 0,50$ e $c_0 = 1,00$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 1,5c_0$, percebe-se, através das Tabelas 28 e 29, que o esquema VSI EWMA proposto é mais eficiente que todos os outros esquemas de controle na detecção de todos os valores de alterações analisadas, usando-se, para tal, o intervalo mais curto de tempo entre amostras (h_s) igual a 0,10, em todos os casos.

gama* = 1,5		TES											Vp	VSI
c ₀ = 1,50		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama				lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	22,71	0,10	8,43	8,25	9,80	11,13	13,48	15,66	18,03	22,80	24,56	10,14	20,92	
		0,25	9,39	9,47	11,27	12,73	15,15	17,47	19,95	24,74	26,54	10,62	23,25	
		0,50	11,05	11,55	13,75	15,45	17,98	20,52	23,19	28,01	29,88	11,43	27,30	
	EWMA →	1,00	14,59	15,93	18,85	21,03	23,78	26,76	29,82	34,68	36,68	---	---	
2,0	6,78	0,10	3,68	3,09	2,93	2,94	3,19	3,53	3,94	5,10	5,65	3,90	5,38	
		0,25	4,05	3,51	3,45	3,52	3,83	4,25	4,72	5,97	6,59	4,00	6,19	
		0,50	4,69	4,25	4,34	4,50	4,92	5,48	6,06	7,46	8,19	4,17	7,71	
	EWMA →	1,00	6,09	5,84	6,22	6,58	7,20	8,04	8,87	10,55	11,52	---	---	
2,5	3,38	0,10	2,41	1,99	1,77	1,70	1,68	1,74	1,81	2,11	2,27	2,61	2,90	
		0,25	2,62	2,20	2,02	1,96	1,97	2,06	2,16	2,51	2,72	2,64	3,08	
		0,50	2,98	2,57	2,46	2,42	2,48	2,62	2,76	3,22	3,51	2,70	3,55	
	EWMA →	1,00	3,78	3,41	3,40	3,43	3,58	3,86	4,11	4,75	5,20	---	---	
3,0	2,12	0,10	1,83	1,53	1,34	1,29	1,23	1,24	1,26	1,32	1,36	2,00	2,29	
		0,25	1,96	1,64	1,47	1,42	1,38	1,39	1,41	1,51	1,59	2,02	2,19	
		0,50	2,19	1,86	1,72	1,66	1,64	1,68	1,71	1,87	1,99	2,06	2,20	
	EWMA →	1,00	2,73	2,38	2,28	2,23	2,26	2,35	2,43	2,70	2,91	---	---	
3,5	1,48	0,10	1,49	1,27	1,12	1,10	1,04	1,04	1,05	1,04	1,04	1,62	2,08	
		0,25	1,58	1,34	1,20	1,16	1,11	1,11	1,11	1,13	1,15	1,66	1,85	
		0,50	1,74	1,47	1,34	1,28	1,25	1,25	1,25	1,30	1,35	1,71	1,63	
	EWMA →	1,00	2,13	1,82	1,70	1,63	1,61	1,64	1,65	1,77	1,87	---	---	
4,0	1,12	0,10	1,28	1,12	1,00	0,99	0,94	0,94	0,96	0,92	0,91	1,38	2,00	
		0,25	1,34	1,16	1,03	1,01	0,96	0,96	0,96	0,95	0,94	1,42	1,69	
		0,50	1,46	1,23	1,11	1,07	1,02	1,01	1,01	1,02	1,03	1,48	1,34	
	EWMA →	1,00	1,74	1,47	1,35	1,28	1,25	1,24	1,23	1,28	1,33	---	---	
4,5	0,94	0,10	1,15	1,03	0,92	0,93	0,88	0,88	0,91	0,86	0,84	1,21	1,96	
		0,25	1,18	1,03	0,93	0,92	0,87	0,87	0,88	0,85	0,84	1,25	1,60	
		0,50	1,26	1,07	0,96	0,93	0,89	0,87	0,87	0,86	0,86	1,33	1,19	
	EWMA →	1,00	1,48	1,23	1,11	1,05	1,01	1,00	0,98	1,00	1,02	---	---	
5,0	0,78	0,10	1,05	0,97	0,87	0,89	0,85	0,85	0,88	0,83	0,80	1,08	1,94	
		0,25	1,07	0,95	0,86	0,86	0,82	0,81	0,83	0,79	0,77	1,13	1,56	
		0,50	1,12	0,96	0,86	0,83	0,79	0,78	0,78	0,76	0,76	1,21	1,09	
	EWMA →	1,00	1,28	1,05	0,95	0,89	0,86	0,84	0,82	0,83	0,84	---	---	

Tabela 30 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp,

VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 1,5$ e $c_0 = 1,50$.

Quando $c_0 = 1,50$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 1,5c_0$, percebe-se, através da *Tabela 30*, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção de todas as alterações analisadas, usando-se $h_s = 0,10$, para sinalizar as alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $4,0c_0$, $h_s = 0,10$ ou $0,25$, para a alteração $c_1 = 4,5c_0$, e $h_s = 0,50$, para a alteração $c_1 = 5,0c_0$.

gama* = 1,5		c ₀ = 2,00		TES											Vp	VSI
gama	Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA													
			lambda													
			0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90					
1,5	15,37	0,10	7,01	6,55	7,24	8,31	9,97	11,77	13,68	16,37	17,57	7,48	15,79			
		0,25	7,87	7,60	8,46	9,68	11,48	13,42	15,46	18,27	19,61	7,84	17,69			
		0,50	9,33	9,38	10,54	12,01	14,02	16,21	18,46	21,49	23,07	8,47	21,18			
	EWMA →	1,00	12,42	13,12	14,84	16,82	19,23	21,94	24,63	28,10	30,14	---	---			
2,0	7,59	0,10	3,10	2,55	2,37	2,33	2,41	2,59	2,84	3,27	3,52	2,80	4,97			
		0,25	3,42	2,90	2,76	2,77	2,90	3,15	3,45	3,99	4,33	2,89	5,21			
		0,50	3,98	3,50	3,43	3,52	3,75	4,12	4,51	5,21	5,73	3,04	5,92			
	EWMA →	1,00	5,16	4,80	4,87	5,13	5,55	6,15	6,77	7,81	8,65	---	---			
2,5	5,07	0,10	2,03	1,68	1,51	1,44	1,39	1,40	1,44	1,49	1,55	1,93	3,58			
		0,25	2,21	1,85	1,69	1,62	1,59	1,63	1,68	1,77	1,88	1,98	3,25			
		0,50	2,52	2,15	2,00	1,95	1,95	2,02	2,11	2,28	2,47	2,06	3,00			
	EWMA →	1,00	3,19	2,82	2,70	2,70	2,76	2,93	3,09	3,41	3,77	---	---			
3,0	3,80	0,10	1,54	1,31	1,18	1,14	1,08	1,08	1,08	1,07	1,08	1,52	3,27			
		0,25	1,65	1,40	1,27	1,21	1,16	1,16	1,17	1,17	1,21	1,57	2,71			
		0,50	1,85	1,57	1,43	1,37	1,33	1,34	1,35	1,38	1,46	1,65	2,09			
	EWMA →	1,00	2,28	1,98	1,83	1,77	1,75	1,79	1,84	1,93	2,08	---	---			
3,5	3,21	0,10	1,27	1,11	1,02	0,99	0,94	0,94	0,95	0,92	0,92	1,27	3,17			
		0,25	1,34	1,16	1,05	1,02	0,97	0,96	0,96	0,94	0,95	1,33	2,50			
		0,50	1,47	1,25	1,13	1,08	1,04	1,03	1,02	1,02	1,05	1,42	1,71			
	EWMA →	1,00	1,77	1,52	1,38	1,30	1,26	1,26	1,27	1,29	1,35	---	---			
4,0	2,71	0,10	1,10	1,00	0,92	0,92	0,87	0,88	0,88	0,85	0,85	1,10	3,12			
		0,25	1,15	1,01	0,93	0,91	0,86	0,86	0,86	0,83	0,84	1,17	2,40			
		0,50	1,23	1,06	0,95	0,91	0,87	0,86	0,85	0,83	0,84	1,28	1,52			
	EWMA →	1,00	1,44	1,22	1,10	1,03	0,98	0,97	0,96	0,96	0,98	---	---			
4,5	2,27	0,10	1,00	0,93	0,87	0,88	0,84	0,84	0,85	0,82	0,82	0,99	3,10			
		0,25	1,02	0,92	0,85	0,84	0,80	0,80	0,80	0,77	0,77	1,06	2,35			
		0,50	1,07	0,93	0,84	0,80	0,77	0,76	0,75	0,73	0,73	1,17	1,43			
	EWMA →	1,00	1,22	1,02	0,91	0,85	0,81	0,79	0,78	0,77	0,78	---	---			
5,0	1,89	0,10	0,93	0,89	0,84	0,85	0,82	0,83	0,83	0,80	0,80	0,91	3,09			
		0,25	0,93	0,86	0,80	0,80	0,76	0,76	0,77	0,74	0,74	0,98	2,33			
		0,50	0,95	0,83	0,76	0,73	0,70	0,69	0,69	0,67	0,67	1,09	1,37			
	EWMA →	1,00	1,05	0,88	0,78	0,73	0,70	0,68	0,67	0,66	0,66	---	---			

Tabela 31 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 1,5$ e $c_0 = 2,00$.

Quando $c_0 = 2,00$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 1,5c_0$, percebe-se, através da *Tabela 31*, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $4,5c_0$, usando-se, para tal, $h_s = 0,10$, para sinalizar as alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $3,5c_0$, $h_s = 0,25$ ou $0,50$, para a alteração $c_1 = 4,0c_0$, e $h_s = 0,50$, para a alteração $c_1 = 4,5c_0$. No entanto, para detecção de $c_1 = 5,0c_0$, o esquema proposto é superado pelo esquema EWMA.

gama* = 1,5		c ₀ = 3,00		TES											Vp	VSI
gama	Poisson CUSUM	h _S	VSI EWMA													
			lambda													
			0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90					
1,5	13,85	0,10	5,28	4,83	4,78	5,28	6,07	7,58	8,70	10,56	12,48	5,17	12,57			
		0,25	5,96	5,67	5,72	6,39	7,30	8,92	10,17	12,14	14,42	5,40	14,45			
		0,50	7,11	7,11	7,32	8,27	9,39	11,19	12,65	14,80	17,70	5,79	17,66			
	EWMA →	1,00	9,50	10,06	10,65	12,19	13,71	15,84	17,77	20,26	24,41	---	---			
2,0	6,76	0,10	2,39	1,98	1,82	1,75	1,74	1,76	1,87	2,01	2,24	2,02	2,46			
		0,25	2,65	2,25	2,08	2,04	2,05	2,13	2,27	2,47	2,84	2,11	2,98			
		0,50	3,09	2,71	2,53	2,54	2,60	2,77	2,98	3,25	3,86	2,25	3,92			
	EWMA →	1,00	4,02	3,70	3,53	3,65	3,82	4,13	4,52	4,95	6,06	---	---			
2,5	4,51	0,10	1,59	1,32	1,25	1,21	1,17	1,10	1,12	1,10	1,14	1,38	1,37			
		0,25	1,73	1,45	1,35	1,30	1,26	1,22	1,25	1,24	1,32	1,46	1,48			
		0,50	1,98	1,68	1,54	1,49	1,45	1,44	1,48	1,50	1,66	1,59	1,72			
	EWMA →	1,00	2,51	2,19	1,99	1,96	1,93	1,99	2,07	2,15	2,47	---	---			
3,0	3,37	0,10	1,23	1,05	1,04	1,02	0,99	0,91	0,94	0,90	0,90	1,08	1,16			
		0,25	1,32	1,12	1,07	1,04	1,00	0,94	0,95	0,92	0,94	1,17	1,11			
		0,50	1,47	1,24	1,14	1,09	1,04	1,01	1,01	0,99	1,03	1,31	1,10			
	EWMA →	1,00	1,81	1,55	1,37	1,31	1,25	1,24	1,25	1,25	1,34	---	---			
3,5	2,85	0,10	1,04	0,91	0,94	0,94	0,91	0,84	0,87	0,83	0,83	0,91	1,09			
		0,25	1,09	0,94	0,93	0,91	0,88	0,82	0,83	0,80	0,80	1,00	0,98			
		0,50	1,19	1,01	0,93	0,89	0,85	0,81	0,81	0,79	0,79	1,14	0,87			
	EWMA →	1,00	1,42	1,19	1,03	0,97	0,91	0,90	0,88	0,87	0,89	---	---			
4,0	2,40	0,10	0,93	0,84	0,89	0,90	0,88	0,81	0,84	0,80	0,80	0,81	1,07			
		0,25	0,95	0,84	0,85	0,84	0,81	0,76	0,78	0,75	0,74	0,90	0,93			
		0,50	1,01	0,86	0,80	0,78	0,74	0,71	0,71	0,69	0,68	1,03	0,76			
	EWMA →	1,00	1,16	0,96	0,83	0,78	0,73	0,71	0,70	0,69	0,69	---	---			
4,5	2,02	0,10	0,86	0,80	0,86	0,88	0,86	0,80	0,83	0,79	0,79	0,75	1,06			
		0,25	0,87	0,78	0,80	0,80	0,78	0,73	0,75	0,72	0,71	0,82	0,90			
		0,50	0,89	0,76	0,72	0,70	0,68	0,65	0,65	0,64	0,63	0,95	0,71			
	EWMA →	1,00	0,98	0,80	0,70	0,66	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	---	---			
5,0	1,68	0,10	0,81	0,78	0,85	0,86	0,85	0,79	0,82	0,79	0,78	0,70	1,05			
		0,25	0,80	0,74	0,77	0,77	0,76	0,71	0,73	0,71	0,70	0,77	0,89			
		0,50	0,80	0,70	0,67	0,66	0,64	0,62	0,62	0,61	0,61	0,88	0,69			
	EWMA →	1,00	0,85	0,69	0,61	0,59	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	---	---			

Tabela 32 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 1,5$ e $c_0 = 3,00$.

Quando $c_0 = 3,00$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 1,5c_0$, percebe-se, através da *Tabela 32*, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $4,0c_0$, usando-se, para tal, $h_S = 0,10$, para sinalizar as alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $3,0c_0$, e $h_S = 0,50$, para as alterações $c_1 = 3,5c_0$ e $4,0c_0$. No entanto, para detecção das alterações $c_1 = 4,5c_0$ e $5,0c_0$, o esquema proposto é superado pelo esquema EWMA.

gama* = 1,5		c ₀ = 4,00		TES											Vp	VSI
gama	Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA													
			lambda													
			0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90					
1,5	6,28	0,10	4,81	3,95	3,79	4,18	4,72	5,70	6,92	8,34	11,03	4,16	9,52			
		0,25	5,41	4,74	4,66	5,21	5,99	7,04	8,34	9,97	12,99	4,36	11,58			
		0,50	6,43	6,08	6,12	6,94	7,97	9,29	10,78	12,81	16,44	4,66	15,17			
	EWMA →	1,00	8,56	8,84	9,09	10,53	11,68	13,90	15,61	18,42	23,03	---	---			
2,0	2,53	0,10	2,22	1,72	1,58	1,48	1,43	1,45	1,47	1,59	1,75	1,81	2,52			
		0,25	2,43	1,95	1,79	1,72	1,69	1,74	1,79	1,95	2,24	1,82	2,74			
		0,50	2,80	2,35	2,16	2,13	2,15	2,25	2,40	2,60	3,12	2,15	3,27			
	EWMA →	1,00	3,55	3,21	2,98	3,04	3,10	3,36	3,58	4,00	4,95	---	---			
2,5	1,47	0,10	1,48	1,19	1,14	1,06	1,02	1,01	0,97	1,01	0,97	1,28	1,96			
		0,25	1,59	1,29	1,21	1,13	1,09	1,08	1,05	1,08	1,09	1,26	1,77			
		0,50	1,80	1,48	1,35	1,27	1,23	1,22	1,24	1,25	1,33	1,59	1,61			
	EWMA →	1,00	2,22	1,91	1,70	1,63	1,58	1,60	1,62	1,70	1,91	---	---			
3,0	1,03	0,10	1,13	0,98	0,99	0,93	0,89	0,89	0,86	0,88	0,83	1,02	1,85			
		0,25	1,20	1,02	0,99	0,92	0,89	0,88	0,85	0,86	0,83	1,00	1,53			
		0,50	1,34	1,11	1,02	0,95	0,90	0,88	0,88	0,87	0,86	1,32	1,17			
	EWMA →	1,00	1,60	1,35	1,17	1,09	1,03	1,01	0,99	1,00	1,04	---	---			
3,5	0,78	0,10	0,94	0,88	0,92	0,87	0,85	0,85	0,81	0,84	0,79	0,88	1,81			
		0,25	0,99	0,88	0,88	0,83	0,80	0,79	0,76	0,78	0,74	0,86	1,45			
		0,50	1,09	0,91	0,85	0,78	0,75	0,73	0,73	0,71	0,69	1,15	1,01			
	EWMA →	1,00	1,25	1,03	0,88	0,81	0,77	0,74	0,72	0,72	0,72	---	---			
4,0	0,67	0,10	0,83	0,83	0,89	0,84	0,82	0,83	0,80	0,83	0,77	0,79	1,80			
		0,25	0,85	0,80	0,82	0,77	0,75	0,75	0,73	0,74	0,70	0,77	1,42			
		0,50	0,92	0,79	0,75	0,69	0,67	0,66	0,66	0,65	0,62	1,04	0,94			
	EWMA →	1,00	1,02	0,83	0,71	0,66	0,63	0,61	0,60	0,59	0,59	---	---			
4,5	0,63	0,10	0,77	0,80	0,87	0,83	0,81	0,82	0,79	0,82	0,76	0,74	1,79			
		0,25	0,77	0,75	0,78	0,75	0,73	0,73	0,71	0,73	0,69	0,71	1,40			
		0,50	0,82	0,71	0,68	0,64	0,63	0,62	0,63	0,62	0,60	0,95	0,91			
	EWMA →	1,00	0,86	0,70	0,61	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	---	---			
5,0	0,59	0,10	0,73	0,78	0,86	0,82	0,81	0,82	0,79	0,82	0,76	0,70	1,79			
		0,25	0,72	0,72	0,76	0,73	0,72	0,72	0,70	0,72	0,68	0,66	1,40			
		0,50	0,74	0,65	0,64	0,62	0,61	0,61	0,62	0,60	0,59	0,88	0,90			
	EWMA →	1,00	0,74	0,61	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	---	---			

Tabela 33 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 1,5$ e $c_0 = 4,00$.

Quando $c_0 = 4,00$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 1,5c_0$, percebe-se, através da *Tabela 33*, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $3,5c_0$, usando-se, para tal, $h_s = 0,10$, para sinalizar as alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $2,5c_0$, $h_s = 0,10$ ou $0,25$, para a alteração $c_1 = 3,0c_0$, e $h_s = 0,50$, para a alteração $c_1 = 3,5c_0$. No entanto, para detecção das alterações $c_1 = 4,0c_0$ a $5,0c_0$, o esquema proposto é superado pelo esquema EWMA.

gama* = 2,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 0,50		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama				lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	<u>37,80</u>	0,10	26,56	39,64	49,72	61,26	74,22	89,28	109,17	130,47	137,00	41,94	110,33	
		0,25	30,34	44,39	54,67	66,37	79,46	94,05	114,45	135,88	142,41	43,12	114,67	
		0,50	36,73	52,38	62,97	74,94	88,25	102,04	123,28	144,92	151,45	45,08	121,95	
	EWMA →	1,00	49,90	68,60	79,79	92,25	105,98	118,13	141,06	163,08	169,61	---	---	
2,0	14,30	0,10	8,39	9,31	11,10	13,91	17,78	22,78	29,86	37,16	39,33	9,46	34,63	
		0,25	9,87	11,27	13,34	16,42	20,51	25,49	33,11	40,50	42,62	9,92	37,51	
		0,50	12,40	14,58	17,10	20,63	25,09	30,03	38,54	46,09	48,11	10,69	42,36	
	EWMA →	1,00	17,63	21,35	24,77	29,18	34,36	39,22	49,50	57,35	59,16	---	---	
2,5	<u>7,98</u>	0,10	4,98	4,63	4,85	5,57	6,82	8,59	11,34	14,62	15,64	4,74	14,36	
		0,25	5,78	5,65	6,01	6,91	8,32	10,16	13,30	16,69	17,65	4,95	16,21	
		0,50	7,16	7,37	7,99	9,18	10,86	12,80	16,59	20,16	21,02	5,29	19,31	
	EWMA →	1,00	10,05	10,92	12,05	13,81	16,02	18,17	23,26	27,18	27,81	---	---	
3,0	<u>5,30</u>	0,10	3,59	3,13	3,03	3,21	3,63	4,31	5,49	7,15	7,72	3,41	7,22	
		0,25	4,12	3,75	3,73	4,02	4,55	5,29	6,73	8,50	9,02	3,52	8,44	
		0,50	5,02	4,82	4,93	5,38	6,10	6,94	8,83	10,78	11,22	3,71	10,49	
	EWMA →	1,00	6,93	7,04	7,42	8,21	9,28	10,34	13,11	15,41	15,67	---	---	
3,5	<u>3,85</u>	0,10	2,83	2,40	2,25	2,27	2,41	2,68	3,22	4,12	4,46	2,80	4,21	
		0,25	3,21	2,83	2,72	2,80	3,01	3,32	4,05	5,05	5,36	2,88	5,04	
		0,50	3,87	3,57	3,52	3,70	4,03	4,42	5,46	6,62	6,87	3,00	6,46	
	EWMA →	1,00	5,27	5,12	5,21	5,59	6,16	6,73	8,36	9,83	9,95	---	---	
4,0	2,99	0,10	2,35	1,98	1,83	1,80	1,83	1,93	2,20	2,71	2,93	2,43	2,76	
		0,25	2,64	2,29	2,16	2,17	2,25	2,38	2,78	3,37	3,56	2,49	3,35	
		0,50	3,15	2,84	2,73	2,80	2,96	3,15	3,76	4,49	4,64	2,59	4,36	
	EWMA →	1,00	4,24	4,01	3,97	4,16	4,47	4,79	5,81	6,80	6,87	---	---	
4,5	<u>2,66</u>	0,10	2,03	1,70	1,57	1,53	1,52	1,54	1,68	1,98	2,12	2,16	2,01	
		0,25	2,26	1,94	1,81	1,79	1,81	1,86	2,09	2,46	2,58	2,22	2,43	
		0,50	2,66	2,36	2,24	2,26	2,33	2,42	2,80	3,28	3,38	2,31	3,16	
	EWMA →	1,00	3,55	3,28	3,18	3,27	3,45	3,64	4,30	5,00	5,04	---	---	
5,0	2,06	0,10	1,79	1,50	1,39	1,35	1,32	1,32	1,39	1,57	1,66	1,96	1,58	
		0,25	1,98	1,69	1,58	1,55	1,54	1,55	1,69	1,92	2,01	2,02	1,88	
		0,50	2,31	2,03	1,91	1,90	1,92	1,96	2,21	2,54	2,60	2,11	2,42	
	EWMA →	1,00	3,05	2,77	2,65	2,68	2,78	2,89	3,34	3,84	3,87	---	---	

Tabela 34 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp,

VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 2,0$ e $c_0 = 0,50$.

gama* = 2,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 1,00		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama				lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	26,31	0,10	12,04	13,02	15,58	18,88	23,18	26,40	30,36	37,19	38,95	18,30	35,75	
		0,25	13,43	14,80	17,70	20,98	25,47	28,76	32,75	40,13	41,68	19,03	38,59	
		0,50	15,80	17,82	21,29	24,54	29,33	32,73	36,79	45,06	46,28	20,26	50,51	
	EWMA →	1,00	20,72	24,09	28,69	31,80	37,23	40,87	45,01	55,10	55,62	---	---	
2,0	8,77	0,10	4,74	4,22	4,27	4,65	5,40	6,13	7,15	8,96	9,60	4,54	9,26	
		0,25	5,32	4,90	5,07	5,53	6,42	7,22	8,32	10,55	11,11	4,80	10,70	
		0,50	6,31	6,07	6,46	7,04	8,16	9,07	10,32	13,23	13,65	5,26	16,47	
	EWMA →	1,00	8,38	8,55	9,38	10,17	11,76	12,92	14,43	18,76	18,86	---	---	
2,5	4,60	0,10	3,00	2,55	2,42	2,36	2,48	2,67	2,94	3,48	3,69	2,54	3,85	
		0,25	3,33	2,91	2,81	2,80	2,99	3,21	3,54	4,32	4,51	2,65	4,56	
		0,50	3,91	3,52	3,49	3,56	3,87	4,15	4,57	5,77	5,91	2,85	7,31	
	EWMA →	1,00	5,11	4,85	4,99	5,18	5,74	6,16	6,75	8,80	8,83	---	---	
3,0	2,95	0,10	2,22	1,89	1,76	1,64	1,64	1,69	1,75	1,94	2,00	1,94	2,29	
		0,25	2,45	2,10	1,98	1,89	1,92	1,99	2,08	2,41	2,47	2,00	2,63	
		0,50	2,83	2,48	2,38	2,34	2,42	2,51	2,66	3,23	3,28	2,11	3,96	
	EWMA →	1,00	3,65	3,33	3,29	3,30	3,52	3,69	3,94	4,99	5,00	---	---	
3,5	2,09	0,10	1,78	1,53	1,43	1,32	1,29	1,30	1,29	1,37	1,38	1,64	1,72	
		0,25	1,95	1,67	1,57	1,47	1,45	1,47	1,48	1,64	1,65	1,69	1,86	
		0,50	2,23	1,93	1,82	1,74	1,76	1,78	1,83	2,12	2,14	1,78	2,46	
	EWMA →	1,00	2,83	2,52	2,43	2,38	2,46	2,52	2,63	3,21	3,21	---	---	
4,0	1,60	0,10	1,51	1,31	1,24	1,14	1,10	1,10	1,08	1,11	1,10	1,46	1,48	
		0,25	1,63	1,41	1,32	1,23	1,20	1,20	1,19	1,26	1,26	1,50	1,50	
		0,50	1,84	1,59	1,49	1,41	1,39	1,39	1,40	1,55	1,56	1,58	1,71	
	EWMA →	1,00	2,31	2,02	1,91	1,84	1,86	1,88	1,93	2,25	2,25	---	---	
4,5	1,33	0,10	1,32	1,17	1,12	1,02	1,00	0,99	0,96	0,97	0,96	1,32	1,36	
		0,25	1,41	1,23	1,16	1,08	1,05	1,04	1,02	1,06	1,05	1,37	1,31	
		0,50	1,57	1,36	1,27	1,19	1,16	1,16	1,14	1,23	1,23	1,45	1,28	
	EWMA →	1,00	1,95	1,69	1,57	1,50	1,49	1,49	1,50	1,68	1,69	---	---	
5,0	1,09	0,10	1,18	1,07	1,03	0,95	0,93	0,92	0,89	0,89	0,88	1,22	1,30	
		0,25	1,25	1,11	1,05	0,98	0,95	0,94	0,91	0,93	0,92	1,28	1,20	
		0,50	1,38	1,19	1,11	1,04	1,01	1,00	0,98	1,03	1,03	1,36	1,02	
	EWMA →	1,00	1,68	1,44	1,33	1,26	1,23	1,23	1,22	1,33	1,33	---	---	

Tabela 35 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 2,0$ e $c_0 = 1,00$.

Igualmente aos resultados para $\gamma^* = 1,5$, quando $c_0 = 0,50$ e $c_0 = 1,00$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 2,0c_0$, percebe-se, através das Tabelas 34 e 35, que o esquema VSI EWMA proposto é mais eficiente que todos os outros esquemas de controle na detecção de todas as alterações analisadas, usando-se, para tal, um intervalo mais curto de tempo entre amostras (h_s) igual a 0,10, em todos os casos.

gama* = 2,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 1,50		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama	h _s			lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	22,71	0,10	8,65	8,53	9,54	11,13	13,48	15,66	17,58	22,81	24,56	11,67	20,92	
		0,25	9,58	9,72	10,95	12,73	15,15	17,47	19,45	24,75	26,54	12,24	23,25	
		0,50	11,28	11,75	13,75	15,45	17,98	20,52	23,19	28,02	29,88	13,58	27,30	
	EWMA →	1,00	14,42	15,93	18,23	21,03	23,78	26,76	29,05	34,68	36,68	---	---	
2,0	6,78	0,10	3,57	3,03	2,90	2,94	3,19	3,53	3,88	5,01	5,65	2,99	5,38	
		0,25	3,97	3,48	3,41	3,52	3,83	4,25	4,64	5,89	6,59	3,21	6,19	
		0,50	4,67	4,24	4,34	4,50	4,92	5,48	6,06	7,40	8,19	3,56	7,71	
	EWMA →	1,00	6,04	5,84	6,10	6,58	7,20	8,04	8,69	10,55	11,52	---	---	
2,5	3,38	0,10	2,29	1,91	1,77	1,70	1,68	1,74	1,80	2,05	2,27	1,73	2,90	
		0,25	2,52	2,14	2,01	1,96	1,97	2,06	2,13	2,47	2,72	1,85	3,08	
		0,50	2,94	2,55	2,46	2,42	2,48	2,62	2,76	3,19	3,51	2,04	3,55	
	EWMA →	1,00	3,75	3,41	3,34	3,43	3,58	3,86	4,05	4,75	5,20	---	---	
3,0	2,12	0,10	1,71	1,45	1,34	1,29	1,23	1,24	1,25	1,31	1,36	1,31	2,29	
		0,25	1,87	1,59	1,47	1,42	1,38	1,39	1,41	1,50	1,59	1,40	2,19	
		0,50	2,15	1,83	1,72	1,66	1,64	1,68	1,71	1,86	1,99	1,54	2,20	
	EWMA →	1,00	2,71	2,38	2,25	2,23	2,26	2,35	2,40	2,70	2,91	---	---	
3,5	1,48	0,10	1,38	1,20	1,12	1,10	1,04	1,04	1,05	1,05	1,04	1,10	2,08	
		0,25	1,50	1,29	1,19	1,16	1,11	1,11	1,11	1,13	1,15	1,18	1,85	
		0,50	1,70	1,45	1,34	1,28	1,25	1,25	1,25	1,30	1,35	1,29	1,63	
	EWMA →	1,00	2,12	1,82	1,68	1,63	1,61	1,64	1,64	1,77	1,87	---	---	
4,0	1,12	0,10	1,17	1,05	1,00	0,99	0,94	0,94	0,96	0,95	0,91	0,97	2,00	
		0,25	1,26	1,10	1,03	1,01	0,96	0,96	0,96	0,96	0,94	1,05	1,69	
		0,50	1,41	1,21	1,11	1,07	1,02	1,01	1,01	1,02	1,03	1,14	1,34	
	EWMA →	1,00	1,74	1,47	1,33	1,28	1,25	1,24	1,23	1,28	1,33	---	---	
4,5	0,94	0,10	1,04	0,96	0,93	0,93	0,88	0,88	0,91	0,90	0,84	0,89	1,96	
		0,25	1,10	0,98	0,93	0,92	0,87	0,87	0,88	0,87	0,84	0,97	1,60	
		0,50	1,22	1,04	0,96	0,93	0,89	0,87	0,87	0,87	0,86	1,03	1,19	
	EWMA →	1,00	1,47	1,23	1,10	1,05	1,01	1,00	0,98	1,00	1,02	---	---	
5,0	0,78	0,10	0,94	0,90	0,88	0,89	0,85	0,85	0,88	0,87	0,80	0,83	1,94	
		0,25	0,99	0,90	0,86	0,86	0,82	0,81	0,83	0,82	0,77	0,91	1,56	
		0,50	1,07	0,93	0,86	0,83	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,95	1,09	
	EWMA →	1,00	1,27	1,05	0,94	0,89	0,86	0,84	0,82	0,83	0,84	---	---	

Tabela 36 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp,

VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 2,0$ e $c_0 = 1,50$.

Igualmente aos resultados para $\gamma^* = 1,5$, quando $c_0 = 1,50$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 2,0c_0$, percebe-se, através da Tabela 36, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção de todas as alterações analisadas, usando-se, para tal, $h_s = 0,10$, para sinalizar as alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $4,0c_0$, $h_s = 0,10$ ou $0,25$, para a alteração $c_1 = 4,5c_0$, e $h_s = 0,50$, para a alteração $c_1 = 5,0c_0$.

gama* = 2,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 2,00		Poisson CUSUM	h _S	VSI EWMA										
gama	h _S			lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	15,37	0,10	6,94	6,83	7,24	8,29	9,32	10,99	12,97	15,12	16,89	9,27	15,79	
		0,25	7,75	7,80	8,33	9,55	10,84	12,51	14,73	16,90	18,94	9,15	19,05	
		0,50	9,14	9,42	10,17	11,68	13,18	15,07	17,61	19,92	22,41	9,80	22,39	
	EWMA →	1,00	12,07	12,76	13,96	16,05	17,73	20,35	22,50	26,12	29,53	---	---	
2,0	7,59	0,10	3,08	2,50	2,32	2,30	2,35	2,52	2,79	3,10	3,45	2,34	4,97	
		0,25	3,39	2,86	2,69	2,73	2,83	3,04	3,38	3,75	4,25	2,50	4,44	
		0,50	3,92	3,46	3,34	3,46	3,62	3,93	4,40	4,88	5,64	2,74	5,71	
	EWMA →	1,00	5,06	4,72	4,70	5,00	5,26	5,84	6,37	7,28	8,57	---	---	
2,5	5,07	0,10	2,02	1,59	1,45	1,39	1,38	1,39	1,41	1,46	1,55	1,42	3,58	
		0,25	2,19	1,78	1,63	1,58	1,57	1,60	1,67	1,72	1,87	1,57	2,02	
		0,50	2,49	2,11	1,94	1,91	1,91	1,97	2,08	2,18	2,44	1,72	2,49	
	EWMA →	1,00	3,13	2,79	2,63	2,64	2,66	2,81	2,96	3,23	3,73	---	---	
3,0	3,80	0,10	1,54	1,21	1,12	1,08	1,08	1,07	1,05	1,06	1,09	1,12	3,27	
		0,25	1,64	1,33	1,22	1,17	1,16	1,15	1,17	1,16	1,21	1,25	1,37	
		0,50	1,83	1,53	1,39	1,34	1,31	1,31	1,34	1,35	1,44	1,38	1,51	
	EWMA →	1,00	2,25	1,97	1,80	1,74	1,71	1,74	1,78	1,86	2,06	---	---	
3,5	3,21	0,10	1,27	1,01	0,96	0,94	0,94	0,95	0,92	0,92	0,93	0,97	3,17	
		0,25	1,33	1,08	1,01	0,97	0,96	0,96	0,97	0,94	0,95	1,09	1,14	
		0,50	1,46	1,21	1,10	1,05	1,03	1,01	1,02	1,00	1,03	1,22	1,11	
	EWMA →	1,00	1,75	1,51	1,35	1,28	1,24	1,23	1,23	1,25	1,33	---	---	
4,0	2,71	0,10	1,10	0,89	0,87	0,86	0,88	0,88	0,86	0,85	0,86	0,88	3,12	
		0,25	1,14	0,93	0,89	0,86	0,86	0,86	0,87	0,83	0,84	0,99	1,03	
		0,50	1,22	1,01	0,93	0,89	0,87	0,85	0,85	0,82	0,84	1,12	0,92	
	EWMA →	1,00	1,43	1,22	1,08	1,01	0,97	0,95	0,94	0,94	0,97	---	---	
4,5	2,27	0,10	0,99	0,82	0,82	0,82	0,84	0,85	0,83	0,82	0,83	0,82	3,10	
		0,25	1,02	0,84	0,81	0,79	0,80	0,80	0,81	0,77	0,78	0,92	0,98	
		0,50	1,07	0,88	0,82	0,78	0,77	0,75	0,75	0,73	0,73	1,05	0,81	
	EWMA →	1,00	1,21	1,02	0,90	0,84	0,80	0,78	0,77	0,76	0,77	---	---	
5,0	1,89	0,10	0,92	0,77	0,79	0,79	0,82	0,83	0,81	0,81	0,81	0,78	3,09	
		0,25	0,93	0,78	0,76	0,75	0,76	0,77	0,78	0,74	0,74	0,87	0,95	
		0,50	0,95	0,79	0,74	0,71	0,70	0,69	0,69	0,67	0,67	0,99	0,76	
	EWMA →	1,00	1,05	0,87	0,77	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,65	---	---	

Tabela 37 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 2,0$ e $c_0 = 2,00$.

Quando $c_0 = 2,00$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 2,0c_0$, percebe-se, através da *Tabela 37*, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $4,5c_0$, usando-se, para tal, $h_S = 0,10$, para sinalizar as alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $3,5c_0$, e $h_S = 0,50$, para as alterações $c_1 = 4,0c_0$ e $4,5c_0$. No entanto, para detecção de $c_1 = 5,0c_0$, o esquema proposto é superado pelo esquema EWMA.

gama* = 2,0		c ₀ = 3,00		TES											Vp	VSI
gama	Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA													
			lambda													
			0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90					
1,5	13,85	0,10	5,36	5,15	4,91	5,90	6,56	7,58	9,06	10,45	12,44	7,04	12,57			
		0,25	5,96	5,79	5,94	6,69	7,78	8,92	10,45	12,38	14,76			6,65	14,45	
		0,50	7,11	7,19	7,41	8,50	9,53	11,19	12,65	14,65	17,65			7,39	17,66	
	EWMA →	1,00	9,50	10,06	10,65	12,19	13,71	15,84	17,77	20,05	24,36	---	---			
2,0	6,76	0,10	2,39	1,96	1,76	1,71	1,70	1,76	1,87	2,01	2,24	1,68	2,46			
		0,25	2,65	2,23	2,05	2,01	2,04	2,13	2,30	2,49	2,85			1,83	2,98	
		0,50	3,09	2,71	2,51	2,53	2,60	2,77	2,98	3,24	3,86			2,04	3,92	
	EWMA →	1,00	4,02	3,70	3,53	3,65	3,82	4,13	4,52	4,92	6,05	---	---			
2,5	4,51	0,10	1,58	1,27	1,19	1,09	1,08	1,10	1,08	1,10	1,14	1,07	1,37			
		0,25	1,73	1,42	1,31	1,24	1,21	1,22	1,25	1,25	1,31			1,21	1,48	
		0,50	1,98	1,67	1,51	1,46	1,43	1,44	1,48	1,50	1,65			1,35	1,72	
	EWMA →	1,00	2,51	2,19	1,99	1,96	1,93	1,99	2,07	2,14	2,46	---	---			
3,0	3,37	0,10	1,21	0,98	0,97	0,88	0,89	0,91	0,89	0,90	0,90	0,88	1,16			
		0,25	1,32	1,09	1,02	0,97	0,93	0,94	0,95	0,92	0,93			0,99	1,11	
		0,50	1,47	1,23	1,11	1,06	1,02	1,01	1,01	0,99	1,03			1,12	1,10	
	EWMA →	1,00	1,81	1,55	1,37	1,31	1,25	1,24	1,25	1,25	1,34	---	---			
3,5	2,85	0,10	1,01	0,83	0,87	0,79	0,81	0,84	0,82	0,83	0,83	0,79	1,09			
		0,25	1,09	0,91	0,87	0,83	0,80	0,82	0,83	0,80	0,79			0,87	0,98	
		0,50	1,19	0,99	0,90	0,86	0,83	0,81	0,81	0,78	0,79			0,99	0,87	
	EWMA →	1,00	1,42	1,19	1,03	0,97	0,91	0,90	0,88	0,87	0,89	---	---			
4,0	2,40	0,10	0,88	0,75	0,82	0,74	0,77	0,81	0,79	0,81	0,80	0,74	1,07			
		0,25	0,95	0,80	0,79	0,76	0,74	0,76	0,78	0,75	0,73			0,80	0,93	
		0,50	1,01	0,84	0,78	0,74	0,72	0,71	0,71	0,68	0,68			0,90	0,76	
	EWMA →	1,00	1,16	0,96	0,83	0,78	0,73	0,71	0,70	0,68	0,68	---	---			
4,5	2,02	0,10	0,81	0,71	0,79	0,72	0,75	0,80	0,77	0,79	0,79	0,71	1,06			
		0,25	0,87	0,74	0,74	0,72	0,70	0,73	0,75	0,72	0,71			0,75	0,90	
		0,50	0,89	0,74	0,70	0,67	0,66	0,65	0,65	0,63	0,63			0,82	0,71	
	EWMA →	1,00	0,98	0,80	0,70	0,66	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	---	---			
5,0	1,68	0,10	0,76	0,68	0,77	0,71	0,74	0,79	0,77	0,79	0,78	0,69	1,05			
		0,25	0,80	0,70	0,71	0,70	0,68	0,71	0,73	0,71	0,69			0,70	0,89	
		0,50	0,80	0,68	0,65	0,63	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61			0,76	0,69	
	EWMA →	1,00	0,85	0,69	0,61	0,59	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	---	---			

Tabela 38 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 2,0$ e $c_0 = 3,00$.

Quando $c_0 = 3,00$, e otimiza-se o TES para a alteração $c_1^* = 2,0c_0$, percebe-se, pela Tabela 38, que o esquema VSI EWMA proposto é superior aos outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$ e $3,5c_0$, usando-se $h_s = 0,10$ e $h_s = 0,50$, respectivamente. Na detecção das alterações $c_1 = 2,0c_0$ e $2,5c_0$, o esquema Vp é mais eficiente que todos os outros esquemas. Para detecção de $c_1 = 3,0c_0$ e $4,0c_0$, o esquema proposto é equivalente aos esquemas Vp ($h_s = 0,10$) e EWMA, respectivamente. Na detecção das alterações $c_1 = 4,5c_0$ e $5,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema EWMA.

gama* = 2,0		c ₀ = 4,00		TES											Vp	VSI
gama	Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA													
			lambda													
			0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90					
1,5	6,28	0,10	4,86	4,18	4,13	4,66	5,44	6,14	7,21	8,88	10,47	5,78	10,62			
		0,25	5,46	4,81	4,97	5,70	6,47	7,35	8,58	10,06	12,72	6,01	12,60			
		0,50	6,48	6,14	6,33	7,29	8,03	9,39	10,90	12,65	15,83	6,17	15,97			
	EWMA →	1,00	8,56	8,84	9,04	10,22	11,68	13,54	15,61	17,93	22,22	---	---			
2,0	2,53	0,10	2,18	1,65	1,48	1,41	1,39	1,41	1,47	1,57	1,71	1,36	1,95			
		0,25	2,41	1,90	1,73	1,68	1,66	1,71	1,79	1,93	2,21	1,50	2,37			
		0,50	2,78	2,33	2,13	2,12	2,12	2,22	2,36	2,56	3,00	1,70	3,14			
	EWMA →	1,00	3,55	3,21	2,97	2,99	3,10	3,31	3,58	3,94	4,71	---	---			
2,5	1,47	0,10	1,45	1,09	1,00	0,94	0,91	0,92	0,94	0,93	0,98	0,92	1,22			
		0,25	1,57	1,24	1,10	1,04	1,01	1,01	1,03	1,05	1,09	1,00	1,26			
		0,50	1,78	1,45	1,29	1,23	1,19	1,18	1,20	1,22	1,30	1,16	1,39			
	EWMA →	1,00	2,22	1,91	1,69	1,61	1,58	1,59	1,62	1,68	1,84	---	---			
3,0	1,03	0,10	1,10	0,86	0,82	0,78	0,76	0,80	0,81	0,79	0,84	0,78	1,09			
		0,25	1,18	0,97	0,86	0,82	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,83	1,00			
		0,50	1,32	1,08	0,95	0,89	0,87	0,85	0,84	0,84	0,85	0,96	0,93			
	EWMA →	1,00	1,60	1,35	1,17	1,08	1,03	1,00	0,99	0,99	1,02	---	---			
3,5	0,78	0,10	0,91	0,76	0,74	0,71	0,71	0,75	0,77	0,75	0,80	0,71	1,05			
		0,25	0,96	0,83	0,75	0,72	0,70	0,72	0,73	0,75	0,74	0,74	0,92			
		0,50	1,05	0,89	0,78	0,73	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,69	0,84			
	EWMA →	1,00	1,25	1,03	0,88	0,81	0,77	0,74	0,72	0,71	0,71	---	---			
4,0	0,67	0,10	0,79	0,70	0,70	0,69	0,68	0,73	0,75	0,74	0,78	0,68	1,04			
		0,25	0,82	0,75	0,69	0,66	0,65	0,68	0,70	0,71	0,71	0,68	0,89			
		0,50	0,88	0,76	0,68	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,74	0,70			
	EWMA →	1,00	1,02	0,83	0,71	0,66	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	---	---			
4,5	0,63	0,10	0,72	0,67	0,68	0,67	0,67	0,72	0,75	0,73	0,77	0,66	1,03			
		0,25	0,74	0,70	0,65	0,64	0,63	0,66	0,68	0,70	0,70	0,64	0,87			
		0,50	0,77	0,68	0,62	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,67	0,68			
	EWMA →	1,00	0,86	0,70	0,61	0,57	0,56	0,54	0,54	0,53	0,53	---	---			
5,0	0,59	0,10	0,68	0,66	0,68	0,67	0,67	0,72	0,74	0,73	0,77	0,64	1,03			
		0,25	0,68	0,67	0,63	0,62	0,62	0,65	0,67	0,69	0,69	0,61	0,87			
		0,50	0,69	0,62	0,58	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,62	0,67			
	EWMA →	1,00	0,74	0,61	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	---	---			

Tabela 39 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 2,0$ e $c_0 = 4,00$.

Quando $c_0 = 4,00$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 2,0c_0$, percebe-se, através da *Tabela 39*, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$, e $2,5c_0$ a $3,5c_0$, usando-se, para tal, $h_s = 0,10$, para sinalizar das alterações $c_1 = 1,5c_0$, $2,5c_0$ e $3,0c_0$, e $h_s = 0,50$, para a alteração $c_1 = 3,5c_0$. No entanto, na detecção da alteração $c_1 = 2,0c_0$, o esquema proposto não é capaz de superar o esquema Vp ($h_s = 0,10$); e na detecção das alterações $c_1 = 4,0c_0$ a $5,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema EWMA.

gama* = 3,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 0,50		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama	lambda			lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	37,80	0,10	27,27	40,96	47,35	58,69	69,18	82,16	109,17	130,47	137,00	54,62	110,33	
		0,25	32,57	44,39	52,16	63,55	74,04	86,56	114,45	135,88	142,41	55,96	114,67	
		0,50	37,86	52,38	64,44	77,91	90,28	102,04	123,28	144,92	151,45	55,20	121,95	
	EWMA →	1,00	48,05	68,60	76,66	88,20	98,62	108,74	141,06	163,08	169,61	---	---	
2,0	14,30	0,10	8,52	9,59	10,75	13,57	16,91	21,42	29,86	37,16	39,33	12,30	34,63	
		0,25	10,31	11,27	12,93	15,99	19,46	23,95	33,11	40,50	42,62	12,94	37,51	
		0,50	12,59	14,58	17,33	21,19	25,40	30,03	38,54	46,09	48,11	12,59	42,36	
	EWMA →	1,00	17,23	21,35	24,09	28,30	32,44	36,81	49,50	57,35	59,16	---	---	
2,5	7,98	0,10	4,98	4,69	4,77	5,49	6,60	8,23	11,34	14,62	15,64	4,98	14,36	
		0,25	5,88	5,65	5,90	6,79	8,03	9,72	13,30	16,69	17,65	5,32	16,21	
		0,50	7,23	7,37	8,06	9,35	10,94	12,80	16,59	20,16	21,02	5,46	19,31	
	EWMA →	1,00	9,87	10,92	11,81	13,49	15,32	17,32	23,26	27,18	27,81	---	---	
3,0	5,30	0,10	3,56	3,13	3,01	3,18	3,56	4,19	5,49	7,15	7,72	2,97	7,22	
		0,25	4,12	3,75	3,69	3,96	4,43	5,13	6,73	8,50	9,02	3,18	8,44	
		0,50	5,06	4,82	4,96	5,45	6,13	6,94	8,83	10,78	11,22	3,47	10,49	
	EWMA →	1,00	6,83	7,04	7,30	8,05	8,96	9,96	13,11	15,41	15,67	---	---	
3,5	3,85	0,10	2,80	2,39	2,25	2,26	2,38	2,63	3,22	4,12	4,46	2,19	4,21	
		0,25	3,19	2,83	2,70	2,77	2,95	3,25	4,05	5,05	5,36	2,34	5,04	
		0,50	3,89	3,57	3,54	3,74	4,05	4,42	5,46	6,62	6,87	2,68	6,46	
	EWMA →	1,00	5,20	5,12	5,14	5,50	5,98	6,52	8,36	9,83	9,95	---	---	
4,0	2,99	0,10	2,32	1,95	1,84	1,79	1,82	1,91	2,20	2,71	2,93	1,81	2,76	
		0,25	2,60	2,29	2,16	2,15	2,22	2,34	2,78	3,37	3,56	1,93	3,35	
		0,50	3,17	2,84	2,75	2,83	2,97	3,15	3,76	4,49	4,64	2,26	4,36	
	EWMA →	1,00	4,19	4,01	3,92	4,09	4,36	4,66	5,81	6,80	6,87	---	---	
4,5	2,66	0,10	1,99	1,67	1,58	1,52	1,51	1,53	1,68	1,98	2,12	1,58	2,01	
		0,25	2,21	1,94	1,81	1,78	1,80	1,84	2,09	2,46	2,58	1,68	2,43	
		0,50	2,67	2,36	2,25	2,27	2,34	2,42	2,80	3,28	3,38	2,01	3,16	
	EWMA →	1,00	3,50	3,28	3,15	3,22	3,38	3,55	4,30	5,00	5,04	---	---	
5,0	2,06	0,10	1,75	1,47	1,41	1,34	1,32	1,31	1,39	1,57	1,66	1,42	1,58	
		0,25	1,92	1,69	1,58	1,53	1,53	1,53	1,69	1,92	2,01	1,51	1,88	
		0,50	2,32	2,03	1,92	1,91	1,93	1,96	2,21	2,54	2,60	1,83	2,42	
	EWMA →	1,00	3,00	2,77	2,62	2,64	2,73	2,83	3,34	3,84	3,87	---	---	

Tabela 40 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 3,0$ e $c_0 = 0,50$.

Quando $c_0 = 0,50$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 3,0c_0$, percebe-se, através da *Tabela 40*, que o esquema VSI EWMA proposto é mais eficiente que todos os outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$ a $2,5c_0$, e $4,0c_0$ a $5,0c_0$, usando-se, para tal, $h_s = 0,10$. No entanto, na detecção das alterações $c_1 = 3,0c_0$ e $3,5c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema Vp ($h_s = 0,10$), embora os TES's do esquema VSI EWMA com $h_s = 0,10$ sejam maiores que os desse esquema por menos de 3%.

gama* = 3,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 1,00		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama	h _s			lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	26,31	0,10	12,27	14,24	17,32	20,83	24,50	27,72	31,32	37,19	38,95	22,85	35,75	
		0,25	14,07	16,73	19,15	23,65	27,93	31,98	36,17	43,05	44,47	24,95	38,59	
		0,50	16,71	20,24	22,74	27,19	31,53	36,01	40,51	48,16	49,44	26,28	50,51	
	EWMA →	1,00	20,72	23,89	27,25	31,80	37,23	40,41	45,01	55,10	55,62	---	---	
2,0	8,77	0,10	4,77	4,35	4,58	5,08	5,73	6,52	7,42	8,96	9,60	5,41	9,26	
		0,25	5,45	5,15	5,25	6,00	6,82	7,82	8,96	11,03	11,46	5,79	10,70	
		0,50	6,53	6,49	6,69	7,55	8,52	9,74	11,10	13,75	14,11	6,40	16,47	
	EWMA →	1,00	8,38	8,50	9,06	10,17	11,76	12,84	14,43	18,76	18,86	---	---	
2,5	4,60	0,10	3,00	2,52	2,40	2,44	2,56	2,74	2,99	3,48	3,69	2,46	3,85	
		0,25	3,40	2,95	2,81	2,91	3,10	3,36	3,70	4,46	4,61	2,65	4,56	
		0,50	4,02	3,65	3,55	3,72	3,99	4,36	4,81	5,93	6,05	2,99	7,31	
	EWMA →	1,00	5,11	4,82	4,86	5,18	5,74	6,12	6,75	8,80	8,83	---	---	
3,0	2,95	0,10	2,21	1,81	1,66	1,62	1,63	1,66	1,74	1,94	2,00	1,60	2,29	
		0,25	2,49	2,09	1,95	1,91	1,95	2,02	2,13	2,47	2,51	1,73	2,63	
		0,50	2,91	2,53	2,39	2,39	2,48	2,59	2,76	3,31	3,35	1,96	3,96	
	EWMA →	1,00	3,65	3,31	3,22	3,30	3,52	3,66	3,94	4,99	5,00	---	---	
3,5	2,09	0,10	1,77	1,44	1,31	1,26	1,25	1,24	1,27	1,37	1,38	1,23	1,72	
		0,25	1,98	1,64	1,53	1,45	1,46	1,47	1,51	1,67	1,68	1,34	1,86	
		0,50	2,29	1,94	1,81	1,76	1,80	1,82	1,88	2,17	2,19	1,52	2,46	
	EWMA →	1,00	2,83	2,50	2,38	2,38	2,46	2,51	2,63	3,21	3,21	---	---	
4,0	1,60	0,10	1,49	1,22	1,10	1,06	1,05	1,04	1,04	1,11	1,10	1,04	1,48	
		0,25	1,65	1,37	1,28	1,20	1,20	1,19	1,20	1,28	1,28	1,13	1,50	
		0,50	1,89	1,58	1,47	1,41	1,42	1,41	1,43	1,59	1,60	1,28	1,71	
	EWMA →	1,00	2,31	2,01	1,88	1,84	1,86	1,87	1,93	2,25	2,25	---	---	
4,5	1,33	0,10	1,30	1,07	0,98	0,94	0,94	0,92	0,92	0,97	0,96	0,92	1,36	
		0,25	1,43	1,19	1,12	1,04	1,04	1,02	1,02	1,07	1,06	1,00	1,31	
		0,50	1,61	1,34	1,25	1,18	1,19	1,16	1,16	1,26	1,26	1,13	1,28	
	EWMA →	1,00	1,95	1,67	1,55	1,50	1,49	1,48	1,50	1,68	1,69	---	---	
5,0	1,09	0,10	1,16	0,97	0,89	0,86	0,86	0,86	0,85	0,89	0,88	0,85	1,30	
		0,25	1,27	1,06	1,01	0,94	0,93	0,92	0,92	0,94	0,93	0,91	1,20	
		0,50	1,41	1,17	1,10	1,03	1,03	1,00	0,99	1,05	1,05	1,02	1,02	
	EWMA →	1,00	1,68	1,43	1,31	1,26	1,23	1,22	1,22	1,33	1,33	---	---	

Tabela 41 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 3,0$ e $c_0 = 1,00$.

Quando $c_0 = 1,00$, e está-se otimizando o TES para detectar $c_1^* = 3,0c_0$, percebe-se, através da *Tabela 41*, que o esquema VSI EWMA proposto é mais eficiente que todos os outros esquemas de controle na detecção de $c_1 = 1,5c_0$ a $2,5c_0$, usando-se $h_s = 0,10$. No entanto, na detecção das alterações $c_1 = 3,0c_0$ e $3,5c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema Vp ($h_s = 0,10$); o esquema VSI EWMA, entretanto, é apenas menos de 2% mais lento que o esquema Vp. Para sinalização das alterações $c_1 = 4,0c_0$ a $5,0c_0$, os esquemas VSI EWMA e Vp mostram-se igualmente eficientes.

gama* = 3,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 1,50		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama	h _s			lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	22,71	0,10	8,91	9,90	11,33	13,52	15,41	17,73	20,02	22,11	26,63	18,13	24,48	
		0,25	9,80	10,90	11,44	14,75	16,78	19,21	20,92	23,99	27,11	18,80	26,36	
		0,50	11,31	12,27	14,26	16,49	18,80	21,70	23,22	27,17	30,26	19,92	29,54	
	EWMA →	1,00	14,39	15,93	17,98	21,03	23,78	26,76	28,85	33,66	36,68	---	---	
2,0	6,78	0,10	3,60	3,23	3,18	3,36	3,58	3,98	4,52	4,90	6,14	3,84	5,72	
		0,25	3,99	3,66	3,45	3,88	4,17	4,63	5,03	5,76	6,69	4,13	6,63	
		0,50	4,66	4,33	4,43	4,69	5,09	5,75	6,12	7,24	8,26	4,61	8,17	
	EWMA →	1,00	6,03	5,84	6,04	6,58	7,20	8,04	8,65	10,33	11,52	---	---	
2,5	3,38	0,10	2,28	1,92	1,77	1,73	1,74	1,80	1,93	2,02	2,34	1,72	2,30	
		0,25	2,52	2,16	1,98	2,01	2,03	2,12	2,22	2,42	2,72	1,87	2,73	
		0,50	2,92	2,56	2,44	2,45	2,51	2,68	2,77	3,12	3,52	2,12	3,48	
	EWMA →	1,00	3,74	3,41	3,32	3,43	3,58	3,86	4,03	4,66	5,20	---	---	
3,0	2,12	0,10	1,69	1,40	1,27	1,21	1,19	1,19	1,21	1,29	1,32	1,17	1,38	
		0,25	1,85	1,56	1,42	1,37	1,35	1,36	1,38	1,48	1,56	1,26	1,59	
		0,50	2,13	1,82	1,68	1,64	1,63	1,67	1,69	1,82	1,98	1,42	1,96	
	EWMA →	1,00	2,70	2,38	2,23	2,23	2,26	2,35	2,39	1,64	2,91	---	---	
3,5	1,48	0,10	1,36	1,12	1,02	0,97	0,95	0,94	0,94	1,05	0,96	0,95	1,07	
		0,25	1,48	1,24	1,14	1,07	1,05	1,04	1,05	1,12	1,11	1,02	1,16	
		0,50	1,68	1,43	1,29	1,25	1,22	1,22	1,22	1,28	1,34	1,13	1,34	
	EWMA →	1,00	2,10	1,82	1,67	1,63	1,61	1,64	1,63	1,73	1,87	---	---	
4,0	1,12	0,10	1,15	0,96	0,87	0,84	0,83	0,82	0,81	0,94	0,80	0,84	0,95	
		0,25	1,24	1,04	0,98	0,90	0,89	0,88	0,88	0,95	0,90	0,89	0,96	
		0,50	1,40	1,18	1,06	1,02	0,99	0,98	0,97	1,01	1,02	0,98	1,03	
	EWMA →	1,00	1,72	1,47	1,33	1,28	1,25	1,24	1,22	1,26	1,33	---	---	
4,5	0,94	0,10	1,01	0,85	0,79	0,76	0,76	0,76	0,74	0,89	0,73	0,77	0,89	
		0,25	1,08	0,91	0,88	0,80	0,79	0,78	0,78	0,86	0,79	0,81	0,86	
		0,50	1,20	1,01	0,91	0,88	0,85	0,83	0,83	0,86	0,84	0,88	0,86	
	EWMA →	1,00	1,46	1,23	1,10	1,05	1,01	1,00	0,98	0,98	1,02	---	---	
5,0	0,78	0,10	0,91	0,78	0,73	0,72	0,72	0,72	0,70	0,86	0,68	0,73	0,86	
		0,25	0,96	0,82	0,81	0,73	0,73	0,72	0,72	0,81	0,72	0,76	0,81	
		0,50	1,05	0,89	0,80	0,78	0,76	0,74	0,74	0,76	0,73	0,81	0,76	
	EWMA →	1,00	1,26	1,05	0,94	0,89	0,86	0,84	0,82	0,81	0,84	---	---	

Tabela 42 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 3,0$ e $c_0 = 1,50$.

Quando $c_0 = 1,50$, e está-se otimizando o TES para detecção da alteração $c_1^* = 3,0c_0$, percebe-se, através da *Tabela 42*, que o esquema VSI EWMA proposto é mais eficiente que todos os outros esquemas de controle na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$ e $2,0c_0$, e $3,5c_0$ a $5,0c_0$, usando-se, para tal, $h_s = 0,10$. No entanto, na detecção das alterações $c_1 = 2,5c_0$ e $3,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema Vp ($h_s = 0,10$), embora os TES's do esquema VSI EWMA sejam maiores que os do esquema Vp em apenas 2%.

gama* = 3,0		TES											Vp	VSI	
c ₀ = 2,00		Poisson CUSUM	h _S	VSI EWMA											
gama	h _S			lambda											
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90			
1,5	27,10	0,10	7,14	7,36	8,89	9,78	11,21	13,88	15,48	17,10	19,47	18,68	23,64		
		0,25	7,94	8,25	9,73	11,10	12,65	14,59	16,72	18,58	21,12	18,07	21,78		
		0,50	9,30	9,74	11,13	12,74	14,08	16,73	18,33	21,06	23,29	16,43	24,27		
	EWMA →	1,00	12,07	12,76	13,96	16,05	17,73	20,35	22,50	26,12	29,53	---	---		
2,0	7,69	0,10	3,02	2,57	2,57	2,50	2,62	3,05	3,30	3,43	3,98	3,34	5,46		
		0,25	3,35	2,92	2,92	2,97	3,14	3,42	3,83	4,05	4,72	3,43	5,02		
		0,50	3,91	3,51	3,50	3,64	3,77	4,27	4,58	5,10	5,81	3,48	6,16		
	EWMA →	1,00	5,06	4,72	4,70	5,00	5,26	5,84	6,37	7,28	8,57	---	---		
2,5	3,35	0,10	1,95	1,59	1,47	1,38	1,36	1,42	1,46	1,46	1,59	1,40	2,05		
		0,25	2,14	1,79	1,66	1,60	1,59	1,62	1,71	1,73	1,92	1,52	2,01		
		0,50	2,47	2,12	1,98	1,94	1,92	2,02	2,09	2,20	2,45	1,68	2,55		
	EWMA →	1,00	3,13	2,79	2,63	2,64	2,66	2,81	2,96	3,23	3,73	---	---		
3,0	1,88	0,10	1,47	1,19	1,07	1,00	0,97	0,97	0,97	0,99	1,02	0,96	1,12		
		0,25	1,59	1,31	1,18	1,12	1,09	1,08	1,09	1,11	1,17	1,04	1,19		
		0,50	1,81	1,52	1,38	1,32	1,28	1,29	1,30	1,33	1,43	1,17	1,44		
	EWMA →	1,00	2,25	1,97	1,80	1,74	1,71	1,74	1,78	1,86	2,06	---	---		
3,5	1,25	0,10	1,19	0,97	0,87	0,83	0,81	0,79	0,79	0,83	0,84	0,79	0,80		
		0,25	1,28	1,06	0,94	0,90	0,87	0,86	0,85	0,88	0,90	0,85	0,90		
		0,50	1,43	1,20	1,08	1,02	0,98	0,97	0,96	0,97	1,02	0,94	1,01		
	EWMA →	1,00	1,75	1,51	1,35	1,28	1,24	1,23	1,23	1,25	1,33	---	---		
4,0	0,95	0,10	1,02	0,85	0,76	0,74	0,73	0,70	0,70	0,77	0,77	0,71	0,68		
		0,25	1,08	0,90	0,81	0,77	0,75	0,74	0,73	0,77	0,77	0,74	0,77		
		0,50	1,19	1,00	0,89	0,84	0,81	0,79	0,79	0,80	0,82	0,82	0,80		
	EWMA →	1,00	1,43	1,22	1,08	1,01	0,97	0,95	0,94	0,94	0,97	---	---		
4,5	0,76	0,10	0,91	0,77	0,69	0,69	0,68	0,66	0,66	0,74	0,73	0,66	0,62		
		0,25	0,95	0,80	0,72	0,70	0,68	0,68	0,66	0,71	0,71	0,68	0,71		
		0,50	1,03	0,86	0,77	0,73	0,71	0,69	0,69	0,70	0,71	0,73	0,70		
	EWMA →	1,00	1,21	1,02	0,90	0,84	0,80	0,78	0,77	0,76	0,77	---	---		
5,0	0,64	0,10	0,83	0,72	0,65	0,66	0,66	0,63	0,64	0,72	0,72	0,63	0,59		
		0,25	0,86	0,73	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,68	0,68	0,64	0,67		
		0,50	0,91	0,77	0,69	0,66	0,65	0,63	0,63	0,64	0,65	0,67	0,64		
	EWMA →	1,00	1,05	0,87	0,77	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,65	---	---		

Tabela 43 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 3,0$ e $c_0 = 2,00$.

Quando $c_0 = 2,00$, e otimiza-se o TES para detectar $c_1^* = 3,0c_0$, percebe-se, pela Tabela 43, que o esquema VSI EWMA é superior a todos os outros esquemas na detecção de $c_1 = 1,5c_0$ a $2,5c_0$, usando $h_S = 0,10$. Na sinalização de $c_1 = 3,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema Vp ($h_S = 0,10$); o esquema VSI EWMA, nesse caso, possui TES 1% maior que o esquema Vp. Na detecção de $c_1 = 3,5c_0$, os esquemas VSI EWMA e Vp são igualmente eficientes, usando $h_S = 0,10$. Para detectar as alterações $c_1 = 4,0c_0$ a $5,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema VSI ($h_S = 0,10$).

gama* = 3,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 3,00		Poisson CUSUM	h _s	VSI EWMA										
gama	h _s			lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	13,85	0,10	5,66	6,03	6,42	8,19	9,59	11,20	13,78	15,80	17,56	12,16	17,51	
		0,25	6,20	6,42	7,18	8,09	10,17	11,46	13,52	14,91	19,15	10,99	18,64	
		0,50	7,29	7,62	8,52	9,24	11,00	12,91	15,17	16,84	19,67	15,18	20,52	
	EWMA →	1,00	9,50	10,06	10,65	12,19	13,71	15,84	17,77	20,05	24,41	---	---	
2,0	6,76	0,10	2,45	2,11	1,91	2,03	2,10	2,21	2,57	2,83	3,07	2,22	3,20	
		0,25	2,68	2,32	2,20	2,16	2,41	2,48	2,80	2,91	3,76	2,26	3,66	
		0,50	3,12	2,77	2,68	2,61	2,79	3,02	3,37	3,60	4,19	2,91	4,44	
	EWMA →	1,00	4,02	3,70	3,53	3,65	3,82	4,13	4,52	4,92	6,06	---	---	
2,5	4,51	0,10	1,59	1,31	1,15	1,13	1,10	1,08	1,13	1,16	1,18	1,04	1,22	
		0,25	1,72	1,43	1,29	1,22	1,24	1,21	1,27	1,25	1,45	1,13	1,41	
		0,50	1,98	1,68	1,54	1,45	1,44	1,47	1,53	1,55	1,69	1,32	1,75	
	EWMA →	1,00	2,51	2,19	1,99	1,96	1,93	1,99	2,07	2,14	2,47	---	---	
3,0	3,37	0,10	1,20	0,97	0,87	0,82	0,79	0,77	0,77	0,77	0,78	0,75	0,78	
		0,25	1,29	1,06	0,94	0,89	0,86	0,84	0,84	0,83	0,87	0,82	0,86	
		0,50	1,46	1,22	1,09	1,02	0,98	0,97	0,97	0,96	1,00	0,92	1,01	
	EWMA →	1,00	1,81	1,55	1,37	1,31	1,25	1,24	1,25	1,25	1,34	---	---	
3,5	2,85	0,10	0,98	0,80	0,73	0,69	0,67	0,66	0,65	0,65	0,66	0,65	0,66	
		0,25	1,04	0,86	0,77	0,74	0,70	0,69	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	
		0,50	1,16	0,97	0,86	0,81	0,77	0,75	0,74	0,73	0,74	0,75	0,74	
	EWMA →	1,00	1,42	1,19	1,03	0,97	0,91	0,90	0,88	0,87	0,89	---	---	
4,0	2,40	0,10	0,85	0,70	0,66	0,62	0,61	0,61	0,59	0,60	0,62	0,61	0,62	
		0,25	0,89	0,75	0,67	0,65	0,62	0,62	0,61	0,61	0,60	0,62	0,62	
		0,50	0,98	0,81	0,72	0,69	0,66	0,64	0,63	0,63	0,63	0,66	0,62	
	EWMA →	1,00	1,16	0,96	0,83	0,78	0,73	0,71	0,70	0,68	0,69	---	---	
4,5	2,02	0,10	0,76	0,64	0,62	0,59	0,58	0,58	0,57	0,58	0,60	0,58	0,60	
		0,25	0,79	0,67	0,62	0,61	0,58	0,58	0,57	0,58	0,56	0,59	0,59	
		0,50	0,85	0,71	0,64	0,62	0,59	0,58	0,58	0,57	0,58	0,61	0,57	
	EWMA →	1,00	0,98	0,80	0,70	0,66	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	---	---	
5,0	1,68	0,10	0,71	0,61	0,60	0,57	0,57	0,57	0,56	0,57	0,60	0,57	0,59	
		0,25	0,73	0,63	0,58	0,58	0,55	0,56	0,55	0,57	0,55	0,57	0,57	
		0,50	0,76	0,64	0,59	0,58	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,57	0,55	
	EWMA →	1,00	0,85	0,69	0,61	0,59	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	---	---	

Tabela 44 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 3,0$ e $c_0 = 3,00$.

Quando $c_0 = 3,00$, e otimiza-se o TES para $c_1^* = 3,0c_0$, percebe-se, através da Tabela 44, que o esquema VSI EWMA proposto é superior a todos os outros esquemas de controle na detecção de $c_1 = 1,5c_0$, $2,0c_0$ e $4,0c_0$, usando $h_s = 0,10$, e $c_1 = 4,5c_0$, usando $h_s = 0,25$. Na sinalização das alterações $c_1 = 2,5c_0$ e $3,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema Vp ($h_s = 0,10$), que é até 4% mais rápido que o esquema VSI EWMA. Na detecção de $c_1 = 3,5c_0$, os esquemas VSI EWMA e Vp são igualmente eficientes, usando $h_s = 0,10$. Na detecção da alteração $c_1 = 5,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema EWMA.

gama* = 3,0		TES											Vp	VSI
c ₀ = 4,00		Poisson CUSUM	h _S	VSI EWMA										
gama				lambda										
				0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		
1,5	6,28	0,10	4,86	4,38	4,90	6,74	7,94	9,75	11,28	13,69	17,84	15,65	17,15	
		0,25	5,62	5,92	6,18	7,37	8,23	10,44	12,00	14,47	18,16	16,41	18,11	
		0,50	6,59	6,68	7,15	8,42	9,17	11,59	12,73	15,54	19,77	17,69	18,41	
	EWMA →	1,00	8,56	8,84	9,09	10,53	11,68	13,90	15,61	18,42	23,03	---	---	
2,0	2,53	0,10	2,18	1,69	1,56	1,69	1,74	1,87	2,01	2,25	2,83	2,05	2,71	
		0,25	2,42	2,09	1,91	1,91	1,89	2,11	2,26	2,54	3,10	2,28	3,07	
		0,50	2,79	2,42	2,26	2,29	2,25	2,53	2,60	2,96	3,70	2,66	3,41	
	EWMA →	1,00	3,55	3,21	2,98	3,04	3,10	3,36	3,58	4,00	4,95	---	---	
2,5	1,47	0,10	1,45	1,10	0,98	0,97	0,94	0,93	0,93	0,95	1,05	0,88	1,00	
		0,25	1,57	1,28	1,13	1,08	1,02	1,04	1,04	1,07	1,17	0,97	1,15	
		0,50	1,78	1,47	1,32	1,26	1,19	1,23	1,21	1,26	1,40	1,12	1,34	
	EWMA →	1,00	2,22	1,91	1,70	1,63	1,58	1,60	1,62	1,70	1,91	---	---	
3,0	1,03	0,10	1,10	0,85	0,76	0,72	0,69	0,68	0,67	0,67	0,68	0,67	0,67	
		0,25	1,17	0,94	0,83	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72	0,73	0,71	0,73	
		0,50	1,31	1,07	0,94	0,88	0,83	0,82	0,80	0,80	0,82	0,78	0,82	
	EWMA →	1,00	1,60	1,35	1,17	1,09	1,03	1,01	0,99	1,00	1,04	---	---	
3,5	0,78	0,10	0,91	0,73	0,66	0,62	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,60	0,59	
		0,25	0,95	0,77	0,68	0,65	0,63	0,61	0,60	0,60	0,60	0,62	0,60	
		0,50	1,05	0,85	0,75	0,70	0,67	0,65	0,64	0,63	0,63	0,64	0,64	
	EWMA →	1,00	1,25	1,03	0,88	0,81	0,77	0,74	0,72	0,72	0,72	---	---	
4,0	0,67	0,10	0,79	0,67	0,62	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,57	0,56	
		0,25	0,81	0,66	0,61	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,57	0,56	
		0,50	0,87	0,72	0,64	0,60	0,59	0,57	0,57	0,56	0,56	0,58	0,58	
	EWMA →	1,00	1,02	0,83	0,71	0,66	0,63	0,61	0,60	0,59	0,59	---	---	
4,5	0,63	0,10	0,72	0,64	0,59	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,53	0,56	0,55	
		0,25	0,71	0,60	0,57	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,54	
		0,50	0,76	0,63	0,58	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,54	0,55	
	EWMA →	1,00	0,86	0,70	0,61	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	---	---	
5,0	0,59	0,10	0,68	0,62	0,58	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,56	0,55	
		0,25	0,65	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	
		0,50	0,68	0,58	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,54	
	EWMA →	1,00	0,74	0,61	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	---	---	

Tabela 45 - Valores da medida de desempenho TES obtidos pelos esquemas Vp, VSI EWMA, VSI e Poisson CUSUM, para $\gamma^* = 3,0$ e $c_0 = 4,00$.

Quando $c_0 = 4,00$, e otimiza-se o TES para detecção de $c_1^* = 3,0c_0$, percebe-se, na *Tabela 45*, que o esquema VSI EWMA é superior aos outros esquemas na detecção das alterações $c_1 = 1,5c_0$, $2,0c_0$, $3,5c_0$ e $4,0c_0$, usando $h_S = 0,10$. Na sinalização de $c_1 = 2,5c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema Vp ($h_S = 0,10$). Na detecção de $c_1 = 3,0c_0$, os esquemas VSI EWMA, Vp e VSI são igualmente eficientes, usando $h_S = 0,10$. Na detecção de $c_1 = 4,5c_0$, os esquemas VSI EWMA ($h_S = 0,10$ ou $0,50$) e EWMA são igualmente eficientes. Na detecção de $c_1 = 5,0c_0$, todos os esquemas são superados pelo esquema EWMA.

Cabe, agora, um comentário importante sobre o esquema Poisson CUSUM. Na *Seção 5.6*, foi dito que o fato do valor de TMAF, em cada projeto de esquema Poisson CUSUM, ser menor que o valor de TMAF dos outros esquemas não era empecilho para analisar o desempenho dos esquemas. Com efeito, a comparação foi feita em condições de vantagem para o esquema Poisson CUSUM, e mesmo assim seu desempenho mostrou-se inferior ao dos demais esquemas; portanto, em condições de igualdade seu desempenho seria ainda pior. Como os valores de TES do esquema Poisson CUSUM, com valores de TMAF muito menores que os dos outros esquemas, ainda são bem maiores que os valores de TES dos demais esquemas na maioria das situações avaliadas (como pode ser verificado nas tabelas da *Seção 5.7*), com TMAF's maiores ou iguais aos TMAF's dos outros esquemas, os valores de TES do esquema Poisson CUSUM seriam ainda maiores. As conclusões, portanto, não se alterariam.

5.8.

Síntese da Comparação entre os Desempenhos dos Esquemas para Não-Conformidades

As *Tabelas 46, 47 e 48* mostram uma síntese dos resultados da análise de desempenho do esquema VSI EWMA proposto, para $\gamma^* = 1,5, 2,0$ e $3,0$, respectivamente. Nelas é possível verificar, para cada valor de c_0 , o h_s e o λ ótimos do esquema VSI EWMA para detecção de cada alteração de c_0 , para cada γ^* analisado. Nas situações em que o esquema proposto é superado por outro esquema, registrou-se, no lugar de h_s e λ ótimos, o nome do esquema mais eficiente, para uma identificação mais fácil do caso. Há, ainda, algumas situações em que o valor de TES para detecção de determinada alteração é igual para dois ou mais esquemas analisados; então, o esquema mais eficiente, nestes casos, é o que apresenta maior TMAF.

De acordo com a *Tabela 46* ($\gamma^* = 1,5$), podemos verificar que os melhores resultados do esquema VSI EWMA são obtidos para os menores valores de c_0 ($0,50 \leq c_0 \leq 1,50$) usando $h_s = 0,10$; para os maiores valores de c_0 ($2,00 \leq c_0 \leq 4,00$), o esquema VSI EWMA é superado pelo esquema EWMA na detecção das alterações de maior magnitude; e os valores ótimos para λ tendem a crescer quando a magnitude da alteração aumenta.

gama* = 1,5	c ₀											
	0,50		1,00		1,50		2,00		3,00		4,00	
gama	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ
1,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10	0,30	0,10	0,30
2,0	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,40	0,10	0,50	0,10	0,50
2,5	0,10	0,20	0,10	0,40	0,10	0,50	0,10	0,50	0,10	0,60 0,80	0,10	0,70 0,90
3,0	0,10	0,30	0,10	0,40 0,50	0,10	0,50	0,10	0,80	0,10	0,80 0,90	0,10	0,90 0,25 0,90
3,5	0,10	0,30	0,10	0,50 0,60 0,70	0,10	0,50 0,60 0,80 0,90	0,10	0,80 0,90	0,50	0,80 0,90	0,50	0,90
4,0	0,10	0,40	0,10	0,70	0,10	0,90	0,25 0,50	0,80 0,80	0,50	0,90	EWMA	
4,5	0,10	0,50	0,10	0,70 0,90	0,10	0,90 0,25 0,90	0,50	0,80 0,90	EWMA		EWMA	
5,0	0,10	0,60	0,10	0,90	0,50	0,80 0,90	EWMA		EWMA		EWMA	

Tabela 46 - Síntese dos resultados da análise de desempenho do esquema VSI EWMA para não-conformidades, para $\gamma^* = 1,5$.

gama* = 2,0	c ₀											
	0,50		1,00		1,50		2,00		3,00		4,00	
gama	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ
1,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10	0,30	0,10	0,30
2,0	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,30	0,10	0,40	Vp		Vp	
2,5	0,10	0,20	0,10	0,40	0,10	0,50	0,10	0,50	Vp		0,10	0,50
3,0	0,10	0,30	0,10	0,40 0,50	0,10	0,50	0,10	0,70	0,10	0,40	0,10	0,50
3,5	0,10	0,30	0,10	0,50 0,70	0,10	0,50 0,60 0,90	0,10	0,70 0,80	0,50	0,80	0,50	0,90
4,0	0,10	0,40	0,10	0,70	0,10	0,90	0,50	0,80	0,50	0,80 0,90	EWMA	
4,5	0,10	0,50	0,10	0,70 0,90	0,10	0,90 0,25 0,90	0,50	0,80 0,90	EWMA		EWMA	
5,0	0,10	0,50 0,60	0,10	0,90	0,50	0,90	EWMA		EWMA		EWMA	

Tabela 47 - Síntese dos resultados da análise de desempenho do esquema VSI EWMA para não-conformidades, para $\gamma^* = 2,0$.

gama* = 3,0	c ₀											
	0,50		1,00		1,50		2,00		3,00		4,00	
gama	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ	h _s	λ
1,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20
2,0	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,30	0,10	0,40	0,10	0,30	0,10	0,30
2,5	0,10	0,20	0,10	0,30	Vp		0,10	0,50	Vp		Vp	
3,0	Vp		Vp		Vp		Vp		Vp		0,10	0,70 0,80
3,5	Vp		Vp		0,10	0,60 0,70	0,10	0,60 0,70	0,10	0,70 0,80	0,10	0,80 0,90
4,0	0,10	0,40	0,10	0,60 0,70	0,10	0,90	VSI		0,10	0,70	0,10	0,90
4,5	0,10	0,50	0,10	0,60 0,70	0,10	0,90	VSI		0,25	0,90	0,10	0,90 0,80 0,90
5,0	0,10	0,60	0,10	0,70	0,10	0,90	VSI		EWMA		EWMA	

Tabela 48 - Síntese dos resultados da análise de desempenho do esquema VSI EWMA para não-conformidades, para $\gamma^* = 3,0$.

Analisando a *Tabela 47* ($\gamma^* = 2,0$), pode-se perceber que os resultados são similares aos anteriores para $\gamma^* = 1,5$, mas agora, para os maiores valores de c_0 , o esquema VSI EWMA também é superado pelo esquema Vp na detecção das alterações de magnitude moderada.

Já para $\gamma^* = 3,0$ (*Tabela 48*), nota-se que os melhores resultados do esquema VSI EWMA são obtidos para os menores valores de c_0 e usando $h_s = 0,10$, para a detecção alterações menores e maiores. Para as alterações de magnitude moderada, o esquema proposto é superado pelo esquema Vp; contudo, como observado na seção anterior, essa superioridade do esquema Vp é muito ligeira. O esquema proposto também é superado pelo esquema VSI quando $c_0 = 2,00$ na detecção das alterações maiores. Além disso, da mesma forma que para $\gamma^* = 1,5$ e $2,0$, para os maiores valores de c_0 , o esquema VSI EWMA é superado pelo esquema EWMA na detecção das alterações de maior magnitude, e os valores ótimos para λ tendem a crescer quando a magnitude da alteração aumenta.

A análise anterior mostrou os resultados para cada valor de γ^* separadamente. Torna-se importante, agora, avaliar os resultados como um conjunto, identificando o esquema que fornece o $TES_{\text{mínimo}}$ para detecção de cada alteração de c_0 , dentre os projetos para os três valores de γ^* . Além disso, deve-se

verificar o h_s e o λ ótimos do projeto de tal esquema, em cada situação. Tais resultados são apresentados na *Tabela 49*. Esta tabela mostra também o ganho percentual obtido pelo esquema ótimo na velocidade de detecção de cada alteração em relação ao segundo melhor esquema em cada situação (definimos esse ganho como o inverso da redução no TES; formalmente, como $100 \times [\text{TES}_{2^{\circ}\text{melhor}} - \text{TES}_{\text{mínimo}}] / \text{TES}_{\text{mínimo}}$). É bom lembrar que, nos casos em que o valor de TES para detecção de determinada alteração é igual para dois ou mais esquemas analisados (e portanto, o ganho percentual na velocidade de detecção é nulo), o esquema mais eficiente é o que apresenta maior TMAF.

De acordo com a *Tabela 49* podemos concluir que os resultados mostram a superioridade do esquema VSI EWMA proposto na grande maioria das situações analisadas, exceto: na detecção das alterações de magnitude moderada (para c_1 em torno de $3c_0$, no caso de $c_0 \leq 2,00$; e para c_1 em torno de $2,5c_0$, no caso de $c_0 \geq 3,00$), quando o esquema é superado pelo esquema Vp (valendo a observação feita acima, de que a diferença de desempenho é pequena nesse caso); para $c_0 = 2,00$, na detecção das alterações de maior magnitude, quando o esquema é superado pelo esquema VSI; e para $c_0 = 3,00$ e $4,00$, na detecção de $c_1 = 5,0c_0$, quando o esquema é superado pelo esquema EWMA. Os resultados são melhores com $h_s = 0,10$. Cabe um comentário: o fato de o menor TES para $\gamma = 2,0$, nos casos de $c_0 = 0,50$ e $1,00$, não ser o do projeto ótimo para $\gamma^* = 2,0$ deve-se ao critério adotado de minimizar TES para γ^* sujeito a TMAF não inferior ao TMAF do esquema Vp ótimo para $\gamma = \gamma^*$ (em outras palavras, o projeto de VSI EWMA para $c_0 = 0,50$ (idem o projeto para $c_0 = 1,00$), $\gamma = 2,0$ e $\gamma^* = 1,5$ possui TES menor que o projeto de VSI EWMA para $c_0 = 0,50$ (idem $c_0 = 1,00$), $\gamma = 2,0$ e $\gamma^* = 2,0$, mas também possui TMAF menor que o TMAF do projeto de Vp ótimo para $\gamma^* = 2,0$). Outro resultado importante, e que também já era esperado, é que, quanto maior for a magnitude da alteração que se deseja detectar, maior deverá ser o valor de λ a ser usado no projeto do esquema.

	gama	esquema	TES _{min}	ganho %	gama*	h _s	lambda
c₀ = 0,50	1.5	VSI EWMA	25.75	39.6	1.5	0.10	0.10
	2.0	VSI EWMA	8.32	25.8	1.5	0.10	0.10
	2.5	VSI EWMA	4.63	2.4	1,5 / 2,0	0.10	0.20
	3.0	Vp	2.97	1.3	3.0	0.10	---
	3.5	Vp	2.19	2.7	3.0	0.10	---
	4.0	VSI EWMA	1.79	1.1	1,5 / 3,0	0.10	0.40
	4.5	VSI EWMA	1.51	4.6	1,5 / 3,0	0.10	0.50
	5.0	VSI EWMA	1.31	8.4	1,5 / 3,0	0.10	0.60
c₀ = 1,00	1.5	VSI EWMA	11.79	36.3	1.5	0.10	0.10
	2.0	VSI EWMA	4.20	22.4	1.5	0.10	0.30
	2.5	VSI EWMA	2.36	7.6	1,5 / 2,0	0.10	0.40
	3.0	Vp	1.60	1.3	3.0	0.10	---
	3.5	Vp	1.23	0.8	3.0	0.10	---
	4.0	VSI EWMA	1.04	0.0	3.0	0.10	0,60 / 0,70
	4.5	VSI EWMA	0.92	0.0	3.0	0.10	0,60 / 0,70
	5.0	VSI EWMA	0.85	0.0	3.0	0.10	0.70
c₀ = 1,50	1.5	VSI EWMA	8.25	22.9	1.5	0.10	0.20
	2.0	VSI EWMA	2.90	3.1	2.0	0.10	0.30
	2.5	VSI EWMA	1.68	3.0	1,5 / 2,0	0.10	0.50
	3.0	Vp	1.17	1.7	3.0	0.10	---
	3.5	VSI EWMA	0.94	1.1	3.0	0.10	0,60 / 0,70
	4.0	VSI EWMA	0.80	5.0	3.0	0.10	0.90
	4.5	VSI EWMA	0.73	5.5	3.0	0.10	0.90
	5.0	VSI EWMA	0.68	7.4	3.0	0.10	0.90
c₀ = 2,00	1.5	VSI EWMA	6.55	14.2	1.5	0.10	0.20
	2.0	VSI EWMA	2.30	1.7	2.0	0.10	0.40
	2.5	VSI EWMA	1.36	2.9	3.0	0.10	0.50
	3.0	Vp	0.96	1.0	3.0	0.10	---
	3.5	VSI EWMA	0.79	0.0	3.0	0.10	0,60 / 0,70
	4.0	VSI	0.68	2.9	3.0	0.10	---
	4.5	VSI	0.62	6.5	3.0	0.10	---
	5.0	VSI	0.59	6.8	3.0	0.10	---
c₀ = 3,00	1.5	VSI EWMA	4.78	8.2	1.5	0.10	0.30
	2.0	Vp	1.68	1.2	2.0	0.10	---
	2.5	Vp	1.04	3.8	3.0	0.10	---
	3.0	Vp	0.75	2.7	3.0	0.10	---
	3.5	VSI EWMA	0.65	0.0	3.0	0.10	0,70 / 0,80
	4.0	VSI EWMA	0.59	3.4	3.0	0.10	0.70
	4.5	VSI EWMA	0.56	1.8	3.0	0.25	0.90
	5.0	EWMA	0.54	1.9	1,5 / 2,0 / 3,0	1.00	0,80 / 0,90
c₀ = 4,00	1.5	VSI EWMA	3.79	9.8	1.5	0.10	0.30
	2.0	Vp	1.36	2.2	2.0	0.10	---
	2.5	Vp	0.88	5.7	3.0	0.10	---
	3.0	VSI EWMA	0.67	0.0	3.0	0.10	0,70 / 0,80
	3.5	VSI EWMA	0.58	1.7	3.0	0.10	0,80 / 0,90
	4.0	VSI EWMA	0.54	3.7	3.0	0.10	0.90
	4.5	VSI EWMA	0.53	1.9	3.0	0,10 ou 0,50	0,90 ou 0,80 / 0,90
	5.0	EWMA	0.51	2.5	1,5 / 2,0 / 3,0	1.00	0,70 / 0,80 / 0,90

Tabela 49 - Identificação do esquema para não-conformidades que fornece o TES_{mínimo} para detecção de cada alteração de c₀, dentre os projetos para os três valores de γ*, e de h_s e λ ótimos.

Uma outra análise que pode ser realizada é a verificação da faixa de valores do parâmetro λ que pode ser usada nos projetos de esquemas VSI EWMA que fornecem TES ainda menores que o menor TES obtido pelo esquema Vp ou pelo esquema VSI, quando todos utilizam o mesmo valor de h_S , na detecção de determinada alteração no processo, para cada valor de h_S usado. As *Tabelas 50, 51 e 52* mostram esta análise dos valores de λ para $\gamma^* = 1,5, 2,0$ e $3,0$, respectivamente.

As *Tabelas 50, 51 e 52* comprovam que o esquema VSI EWMA mostra-se ainda superior aos esquemas Vp e VSI usando projetos com diferentes valores do parâmetro λ , em vários casos analisados. Uma maior liberdade na escolha de λ ocorre quando utiliza-se projetos que otimizam o TES para detecção da alteração $c_1^* = 1,5c_0$ (ou seja, para $\gamma^* = 1,5$) e usando $h_S = 0,10$, na grande maioria das situações. Estas tabelas também evidenciam um resultado já conhecido: quanto maior for a magnitude da alteração que se deseja detectar, maior deverá ser o valor de λ a ser usado no projeto do esquema.

Cabe, aqui, um comentário importante: em caso de impossibilidade do uso de $h_S = 0,10$, é possível usar $h_S = 0,25$ ou $0,50$ na grande maioria das situações, ainda mantendo o esquema VSI EWMA como esquema mais eficiente que os outros esquemas, apesar de os valores de TES aumentarem (ou seja, deixarem de ser os valores ótimos). Para escolha de projetos para este caso, recomenda-se uma consulta paralela das *Tabelas 50, 51 e 52* e das tabelas da *Seção 5.7*.

gama* = 1,5		h _S		
c ₀	gama	0,10	0,25	0,50
0,50	1,5	0,10	0,10	0,10
	2,0	0,10 U 0,20	0,10	∅
	2,5	[0,10; 0,50]	[0,10; 0,30]	∅
	3,0	[0,10; 0,60]	[0,10; 0,60]	[0,10; 0,30]
	3,5	[0,10; 0,80]	[0,10; 0,70]	[0,10; 0,60]
	4,0	[0,10; 0,80]	[0,10; 0,70]	[0,10; 0,70]
	4,5	[0,20; 0,80]	[0,10; 0,70]	[0,10; 0,70]
	5,0	[0,20; 0,80]	[0,20; 0,70]	[0,10; 0,70]
1,00	1,5	[0,10; 0,30]	0,10 U 0,20	0,10
	2,0	[0,10; 0,40]	[0,10; 0,30]	[0,10; 0,30]
	2,5	[0,10; 0,70]	[0,20; 0,60]	[0,10; 0,60]
	3,0	∇	[0,20; 0,70]	∇
	3,5	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	∇
	4,0	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]
	4,5	∇	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]
	5,0	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	0,60 U 0,70
1,50	1,5	[0,10; 0,30]	0,10 U 0,20	0,10
	2,0	[0,10; 0,60]	[0,20; 0,50]	∅
	2,5	∇	[0,10; 0,80]	[0,20; 0,60]
	3,0	∇	∇	[0,20; 0,90]
	3,5	∇	∇	[0,20; 0,90]
	4,0	∇	∇	[0,20; 0,90]
	4,5	∇	∇	[0,20; 0,90]
	5,0	∇	∇	[0,20; 0,90]
2,00	1,5	[0,10; 0,30]	0,20	∅
	2,0	[0,20; 0,60]	0,30 U 0,40	∅
	2,5	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,60]
	3,0	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]
	3,5	∇	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]
	4,0	∇	∇	∇
	4,5	[0,20; 0,90]	∇	∇
	5,0	[0,20; 0,90]	∇	∇
3,00	1,5	0,20 U 0,30	∅	∅
	2,0	[0,20; 0,80]	[0,30; 0,50]	∅
	2,5	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,80]
	3,0	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]	[0,40; 0,90]
	3,5	0,20 U [0,50; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,50; 0,90]
	4,0	0,60 U 0,80 U 0,90	[0,20; 0,90]	[0,50; 0,90]
	4,5	∅	[0,20; 0,90]	[0,40; 0,90]
	5,0	∅	[0,30; 0,90]	[0,30; 0,90]
4,00	1,5	0,20 U 0,30	∅	∅
	2,0	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,70]	0,40 U 0,50
	2,5	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]	[0,20; 0,90]
	3,0	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]	[0,20; 0,90]
	3,5	0,20 U [0,40; 0,90]	[0,40; 0,90]	[0,20; 0,90]
	4,0	0,90	[0,40; 0,90]	∇
	4,5	∅	0,70 U 0,90	∇
	5,0	∅	∅	∇

Tabela 50 - Valores do parâmetro λ em projetos de esquemas VSI EWMA que fornecem $TES < TES_{\text{mínimo}}$ de esquemas Vp ou VSI, na detecção de cada alteração, usando $h_S = 0,10, 0,25$ e $0,50$, para $\gamma^* = 1,5$.

gama* = 2,0		h _s		
c ₀	gama	0,10	0,25	0,50
0,50	1,5	0,10 U 0,20	0,10	0,10
	2,0	0,10 U 0,20	0,10	∅
	2,5	0,20	∅	∅
	3,0	[0,20; 0,40]	∅	∅
	3,5	[0,20; 0,60]	[0,20; 0,40]	∅
	4,0	[0,10; 0,70]	[0,20; 0,60]	∅
	4,5	[0,20; 0,80]	[0,20; 0,70]	0,30 U 0,40
	5,0	[0,20; 0,80]	[0,20; 0,70]	[0,20; 0,60]
1,00	1,5	[0,10; 0,30]	[0,10; 0,30]	0,10 U 0,20
	2,0	0,20 U 0,30	∅	∅
	2,5	[0,30; 0,50]	∅	∅
	3,0	[0,20; 0,80]	[0,30; 0,60]	∅
	3,5	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,40; 0,60]
	4,0	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]
	4,5	∇	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]
	5,0	∇	[0,20; 0,90]	[0,50; 0,70]
1,50	1,5	[0,10; 0,40]	[0,10; 0,30]	0,10 U 0,20
	2,0	0,30 U 0,40	∅	∅
	2,5	0,40 U 0,50	∅	∅
	3,0	[0,40; 0,80]	0,50 U 0,60	∅
	3,5	[0,40; 0,90]	[0,40; 0,90]	[0,40; 0,70]
	4,0	[0,50; 0,90]	[0,30; 0,90]	[0,30; 0,90]
	4,5	0,50 U 0,60 U 0,90	[0,30; 0,90]	[0,30; 0,90]
	5,0	0,90	[0,20; 0,90]	[0,20; 0,90]
2,00	1,5	[0,10; 0,40]	[0,10; 0,30]	0,10 U 0,20
	2,0	0,30 U 0,40	∅	∅
	2,5	[0,40; 0,70]	0,50	∅
	3,0	[0,30; 0,90]	[0,30; 0,90]	[0,40; 0,80]
	3,5	[0,30; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]
	4,0	[0,30; 0,90]	[0,20; 0,90]	[0,40; 0,90]
	4,5	[0,20; 0,40] U 0,80	[0,20; 0,90]	[0,40; 0,90]
	5,0	0,20	[0,20; 0,90]	[0,30; 0,90]
3,00	1,5	[0,10; 0,50]	[0,10; 0,30]	0,10 U 0,20
	2,0	∅	∅	∅
	2,5	∅	0,50	∅
	3,0	0,40	[0,40; 0,90]	[0,40; 0,90]
	3,5	0,40	[0,40; 0,90]	[0,40; 0,90]
	4,0	0,40	[0,20; 0,90]	[0,40; 0,90]
	4,5	0,20	[0,20; 0,60] U 0,80 U 0,90	[0,30; 0,90]
	5,0	0,20	0,20 U 0,40 U 0,50 U 0,90	[0,20; 0,90]
4,00	1,5	[0,10; 0,50]	[0,10; 0,40]	0,20
	2,0	∅	∅	∅
	2,5	0,50 U 0,60	∅	∅
	3,0	0,40 U 0,50	[0,40; 0,90]	[0,40; 0,90]
	3,5	0,40 U 0,50	[0,40; 0,70] U 0,90	[0,40; 0,90]
	4,0	0,50	[0,40; 0,60]	[0,30; 0,90]
	4,5	∅	0,40 U 0,50	[0,30; 0,90]
	5,0	∅	∅	[0,20; 0,90]

Tabela 51 - Valores do parâmetro λ em projetos de esquemas VSI EWMA que fornecem

TES < TES_{mínimo} de esquemas Vp ou VSI, na detecção de cada alteração, usando

h_s = 0,10, 0,25 e 0,50, para $\gamma^* = 2,0$.

gama* = 3,0		h _S		
c ₀	gama	0,10	0,25	0,50
0,50	1,5	[0,10; 0,30]	[0,10; 0,30]	0,10 U 0,20
	2,0	[0,10; 0,30]	[0,10; 0,30]	0,10
	2,5	[0,10; 0,30]	∅	∅
	3,0	∅	∅	∅
	3,5	∅	∅	∅
	4,0	0,40	∅	∅
	4,5	[0,30; 0,60]	∅	∅
	5,0	[0,30; 0,70]	∅	∅
1,00	1,5	[0,10; 0,40]	[0,10; 0,40]	[0,10; 0,30]
	2,0	[0,10; 0,40]	[0,10; 0,30]	∅
	2,5	0,30 U 0,40	∅	∅
	3,0	∅	∅	∅
	3,5	∅	∅	∅
	4,0	0,60 U 0,70	∅	∅
	4,5	0,60 U 0,70	∅	∅
	5,0	0,70	∅	0,60 U 0,70
1,50	1,5	[0,10; 0,60]	[0,10; 0,50]	[0,10; 0,50]
	2,0	[0,10; 0,50]	[0,10; 0,40]	0,20 U 0,30
	2,5	∅	∅	∅
	3,0	∅	∅	∅
	3,5	[0,50; 0,70]	∅	∅
	4,0	[0,40; 0,70] U 0,90	[0,50; 0,70]	[0,60; 0,70]
	4,5	[0,40; 0,70] U 0,90	[0,40; 0,70] U 0,90	[0,50; 0,90]
	5,0	[0,30; 0,70] U 0,90	[0,40; 0,70] U 0,90	[0,50; 0,90]
2,00	1,5	[0,10; 0,80]	[0,10; 0,70]	[0,10; 0,50]
	2,0	[0,10; 0,70]	[0,10; 0,60]	∅
	2,5	0,40 U 0,50	∅	∅
	3,0	∅	∅	∅
	3,5	0,60 U 0,70	0,70	∅
	4,0	∅	0,60 U 0,70	[0,60; 0,80]
	4,5	∅	[0,50; 0,70]	[0,60; 0,80]
	5,0	∅	[0,50; 0,70]	[0,60; 0,80]
3,00	1,5	[0,10; 0,60]	[0,10; 0,50]	[0,10; 0,70]
	2,0	[0,20; 0,60]	0,30 U 0,40	[0,20; 0,50]
	2,5	∅	∅	∅
	3,0	∅	∅	∅
	3,5	0,70 U 0,80	[0,60; 0,90]	[0,70; 0,90]
	4,0	[0,50; 0,80]	[0,50; 0,90]	∅
	4,5	[0,50; 0,80]	[0,50; 0,90]	0,80
	5,0	[0,40; 0,80]	[0,50; 0,90]	[0,60; 0,90]
4,00	1,5	[0,10; 0,80]	[0,10; 0,80]	[0,10; 0,80]
	2,0	[0,20; 0,70]	[0,20; 0,70]	[0,20; 0,70]
	2,5	∅	∅	∅
	3,0	0,70 U 0,80	∅	∅
	3,5	[0,60; 0,90]	[0,70; 0,90]	[0,70; 0,90]
	4,0	[0,50; 0,90]	[0,60; 0,90]	[0,60; 0,90]
	4,5	[0,40; 0,90]	[0,60; 0,90]	[0,60; 0,90]
	5,0	[0,40; 0,90]	[0,40; 0,90]	[0,40; 0,90]

Tabela 52 - Valores do parâmetro λ em projetos de esquemas VSI EWMA que fornecem $TES < TES_{\text{mínimo}}$ de esquemas Vp ou VSI, na detecção de cada alteração, usando $h_S = 0,10, 0,25$ e $0,50$, para $\gamma^* = 3,0$.

5.9.

Verificação dos Desvios-Padrão dos Tempos até o Sinal obtidos pelo Esquema VSI EWMA para Não-Conformidades Proposto

Um estudo pertinente é o da verificação dos desvios-padrão dos tempos até o sinal (σ_{TS}) obtidos pelo esquema VSI EWMA proposto, uma vez que torna-se importante avaliar se os projetos ótimos do esquema proposto, além de proporcionarem um aumento na rapidez média de detecção de alterações no processo, também são capazes de reduzir a probabilidade de um tempo muito longo até o sinal.

Para realização de tal estudo, foram feitas simulações para alguns valores de c_0 e c_1 . Estas simulações foram implementadas através do programa em C que se encontra no *Apêndice B*. O programa usa como dados de entrada os valores de c_0 , c_1 , λ , LSA, LSC, h_S e h_L para esquemas VSI EWMA, e fornece, como dados de saída, a média e o desvio-padrão dos tempos até o sinal de várias repetições da simulação para $c = c_0$ e $c = c_1$.

Para calcular o TS (tempo até o sinal) em cada repetição da simulação, o programa segue os seguintes passos:

- 1) Gerar N_1 variáveis aleatórias com distribuição de Poisson de média c_0 , que representam o número de não-conformidades na amostra (C_i , $1 \leq i \leq N_1$). O valor de N_1 é calculado como o menor valor de N_1 que satisfaça à condição $1 - (1 - \lambda)^{2N_1} \geq 0,99$, ou seja, para garantir que a razão entre a variância verdadeira e a variância assintótica seja no mínimo igual a 99%. (Isso é considerado um indicador de que o efeito do valor inicial já se dissipou, uma vez que estamos considerando o caso de ocorrência da causa especial quando a estatística EWMA já está no regime permanente).
- 2) Operar o gráfico VSI EWMA quando o processo está em controle. São calculados os valores da estatística EWMA ($Z_i = (1 - \lambda)Z_{i-1} + \lambda C_i$; $1 \leq i \leq N_1$; $Z_0 = c_0$). Caso haja alarme falso (ou seja, se algum $Z_i > LSC$), novas variáveis aleatórias são geradas. Cada valor de Z_i é comparado aos valores de LSA e LSC, e atribui-se o intervalo de tempo

h_L ou h_S para a retirada da próxima amostra de acordo com o valor de Z_{i-1} : $h_i = h_L$ se $Z_{i-1} \leq LSA$, e $h_j = h_S$ se $LSA < Z_{i-1} \leq LSC$; $1 \leq i \leq N_1$; $Z_0 = c_0$.

- 3) Gerar N_2 variáveis aleatórias (onde N_2 deve ser um número grande), agora com distribuição de Poisson de média c_1 . São calculados os valores da estatística EWMA com o processo agora fora de controle e opera-se o gráfico da mesma maneira que no passo anterior (obtendo-se os intervalos de tempo entre amostras), até obtenção do primeiro sinal: $h_i = h_L$ se $Z_{i-1} \leq LSA$, $h_j = h_S$ se $LSA < Z_{i-1} \leq LSC$, e $h_i = (1^\circ \text{ sinal})$ se $Z_{i-1} > LSC$; $(N_1+1) \leq i \leq (1^\circ \text{ sinal})$.
- 4) Calcular o tempo até o sinal quando o monitoramento se inicia com o processo fora de controle (TS_f) para esta simulação, somando os intervalos de tempo h_i , para $(N_1+1) \leq i \leq \text{sinal}$.
- 5) Gerar um número aleatório entre 0 e 1 [$RN(0, 1)$], para simular o instante exato da ocorrência da alteração (entre a retirada da amostra N_1 e a amostra N_1+1).
- 6) Calcular $Q = h_{N_1+1} RN(0,1)$ e, portanto, obter $TS = TS_f - Q$.

O programa, então, executa um número muito grande de simulações (por exemplo, 100000) dessa maneira, obtendo o TS em cada uma delas. A partir desses valores de TS, é possível calcular a média desses tempos até o sinal, que chamaremos aqui de μ_{TS} , (que devem ser semelhantes aos valores de TES em cada caso analisado, para validar o programa; vide tabelas das *Seções 5.3 e 5.7*) e o desvio-padrão desses tempos até o sinal (σ_{TS}).

A *Tabela 53* mostra alguns casos avaliados pelas simulações realizadas e os valores de média e desvio-padrão em cada um deles.

Analogamente aos resultados obtidos por Epprecht, Costa & Mendes (2003) para o esquema V_p , os resultados das simulações realizadas para o esquema VSI EWMA mostram que os valores de σ_{TS} , nos casos analisados, decrescem quando

o μ_{TS} decresce. Os valores de σ_{TS} e μ_{TS} são muito próximos quando μ_{TS} é grande; a diferença percentual aumenta quando μ_{TS} é pequeno, mas os valores de σ_{TS} são sempre inferiores aos valores de μ_{TS} . Isso indica que a análise dos valores de μ_{TS} (ou seja, a análise dos valores de TES na *Seção 5.7*) é suficiente para comparação dos desempenhos dos esquemas. Menores valores médios de tempo até o sinal significam também menores valores para os quantis superiores da distribuição do tempo até o sinal, e, portanto, menores probabilidades de um tempo muito longo até o sinal.

Caso 1			Caso 2			Caso 3		
gama* = 1,5			gama* = 3,0			gama* = 3,0		
$c_0 = 2,00$	lambda = 0,80		$c_0 = 3,00$	lambda = 0,70		$c_0 = 4,00$	lambda = 0,40	
$h_S = 0,50$	$h_L = 1,345$		$h_S = 0,10$	$h_L = 1,119$		$h_S = 0,25$	$h_L = 1,071$	
LSC = 5,79	LSA = 2,08		LSC = 7,07	LSA = 4,52		LSC = 7,05	LSA = 5,36	
gama	μ_{TS}	σ_{TS}	gama	μ_{TS}	σ_{TS}	gama	μ_{TS}	σ_{TS}
1,5	21,21	20,72	1,5	13,42	13,15	1,5	7,25	6,41
2,0	5,18	4,90	2,0	2,43	2,24	2,0	1,89	1,35
2,5	2,30	1,98	2,5	1,08	0,89	2,5	1,04	0,72
3,0	1,37	1,11	3,0	0,73	0,57	3,0	0,76	0,51
3,5	0,97	0,72	3,5	0,64	0,44	3,5	0,63	0,40
4,0	0,75	0,54	4,0	0,56	0,38	4,0	0,58	0,36
4,5	0,70	0,48	4,5	0,53	0,34	4,5	0,53	0,33
5,0	0,65	0,45	5,0	0,52	0,33	5,0	0,53	0,32

Tabela 53- Média e desvio-padrão dos tempos até o sinal obtidos pelo esquema VSI EWMA para não-conformidades, obtidos por simulação.