

## 5

### Validação do Esquema Proposto e Avaliação do seu Desempenho no CEP do Processo em Questão

Neste capítulo o esquema proposto é aplicado ao processo em questão, para validação e verificação do seu desempenho, bem como dos ganhos obtidos. Inicialmente será feita uma análise de capacidade do processo, baseada nos conjuntos de amostras válidos que foram utilizados para as análises precedentes. Verificar-se-á que o alvo adotado pela empresa não coincide com o determinado pelo modelo proposto. Em seguida, analisaram-se os resultados que teriam sido obtidos se o esquema proposto tivesse sido adotado. Finalmente, o esquema proposto é aplicado a um conjunto novo de dados, no monitoramento *on line* do processo.

Na análise da capacidade do processo exposta a seguir observa-se que em todas as amostras e bicos o processo está ajustado acima do alvo proposto pelo modelo a ser adotado, que é 86,42, e que, nas Figuras de 50 a 55 é identificado por linha tracejada denominada *Tar* do inglês *target* (alvo). A amostra 4 foi a que mais produziu produtos acima do limite superior de especificação (LSE), com um Cpk para o nível base de -1,55. Já a amostra 3 é a que contém mais produtos dentro dos limites de especificações, com um Cpk para o nível base de -0,48, mas ainda assim produziu uma quantidade significativa de produtos acima LSE. Os índices Cp exibidos nos gráficos foram calculados da seguinte forma.

$$\begin{aligned}Cp &= \frac{LSE_{PB} - LIE_{PB}}{6\sigma_{PB}} = \frac{E(F) + D \times LSE_v - E(F) - D \times LIE_v}{6\sigma_{PB}} = \\ &= \frac{D(LSE_v - LIE_v)}{6\sigma_{PB}} = \frac{0,96(80 - 75)}{6 \times 0,655} = 1,22\end{aligned}$$

onde o valor para a densidade  $D$  foi obtido através de uma média de várias densidades fornecidas pela empresa.

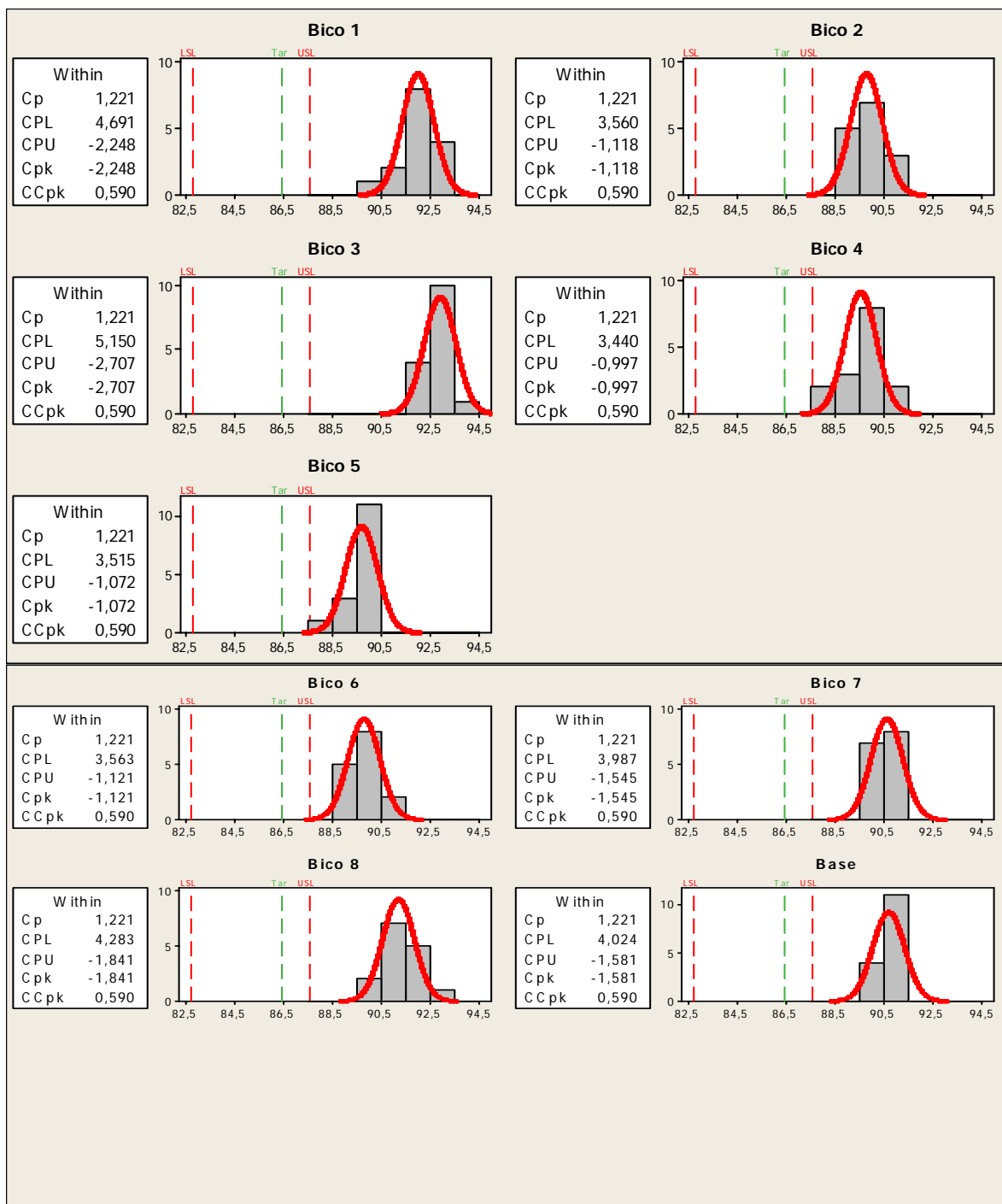


Figura 50 – Análise de capacidade, estatísticas descritivas e desempenho observado para o conjunto 1 de amostras

**Estatísticas descritivas para o conjunto de amostras 1**

	N	Mean
Bico1	15	91,9973
Bico2	15	89,7760
Bico3	15	92,8993
Bico4	15	89,5400
Bico5	15	89,6860
Bico6	15	89,7820
Bico7	15	90,6153
Bico8	15	91,1967
Base	15	90,6866
Valid N (listwise)	15	

Observed Performance

Variable	% < LSL	% > USL	% Total
Bico 1	0,00	100,00	100,00
Bico 2	0,00	100,00	100,00
Bico 3	0,00	100,00	100,00
Bico 4	0,00	100,00	100,00
Bico 5	0,00	100,00	100,00
Bico 6	0,00	100,00	100,00
Bico 7	0,00	100,00	100,00
Bico 8	0,00	100,00	100,00
Base	0,00	100,00	100,00

Figura 50 – Continuação

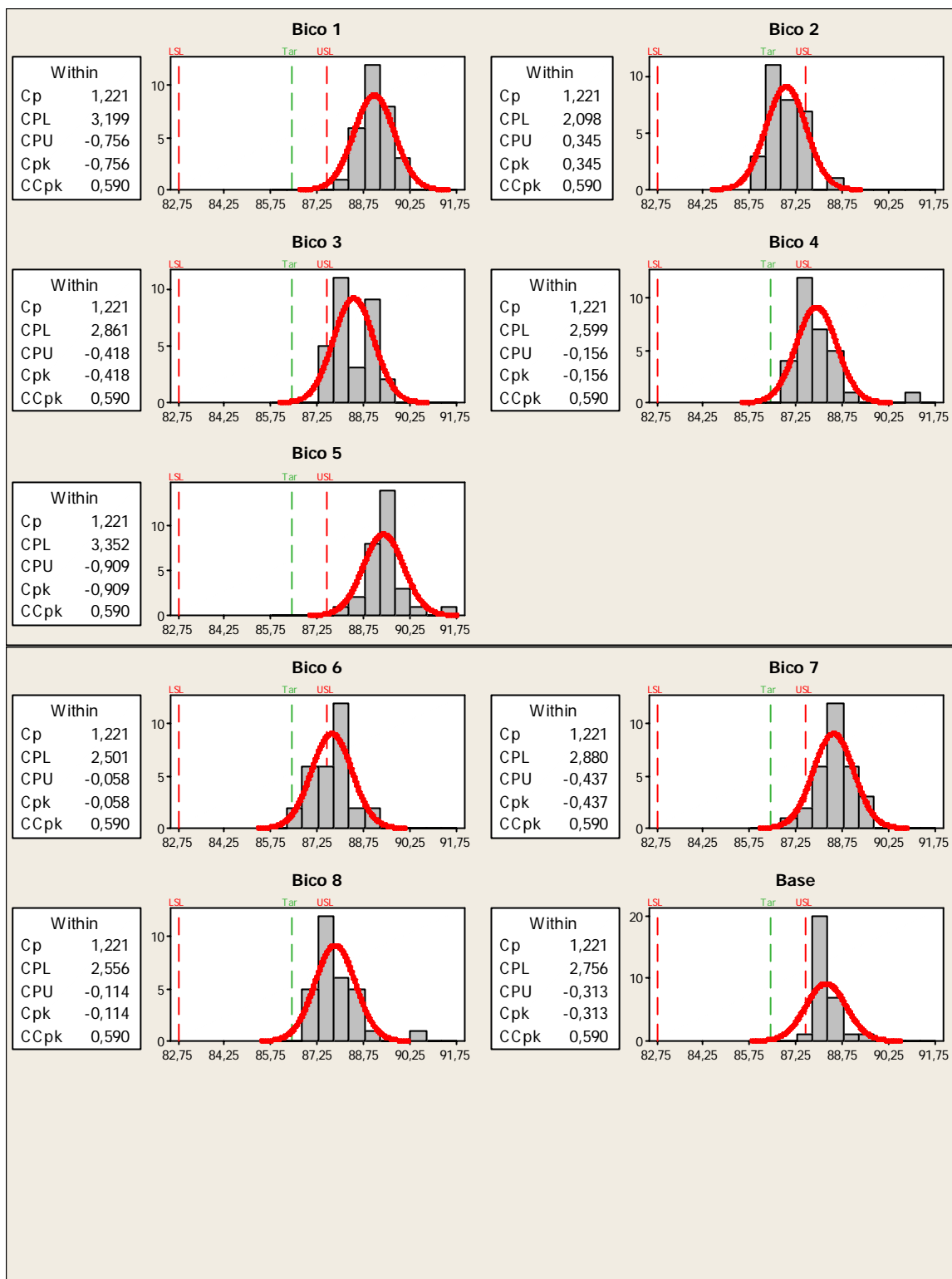


Figura 51 – Análise de capacidade, estatísticas descritivas e desempenho observado para o conjunto 3 de amostras

**Estatísticas descritivas para o conjunto de amostras 3**

	N	Mean
Bico1	30	89,0663
Bico2	30	86,9027
Bico3	30	88,4010
Bico4	30	87,8873
Bico5	30	89,3670
Bico6	30	87,6943
Bico7	30	88,4383
Bico8	30	87,8033
Base	30	88,1950
Valid N (listwise)	30	

Observed Performance

Variable	% < LSL	% > USL	% Total
Bico 1	0,00	100,00	100,00
Bico 2	0,00	6,67	6,67
Bico 3	0,00	90,00	90,00
Bico 4	0,00	66,67	66,67
Bico 5	0,00	100,00	100,00
Bico 6	0,00	60,00	60,00
Bico 7	0,00	96,67	96,67
Bico 8	0,00	56,67	56,67
Base	0,00	100,00	100,00

Figura 51 – Continuação

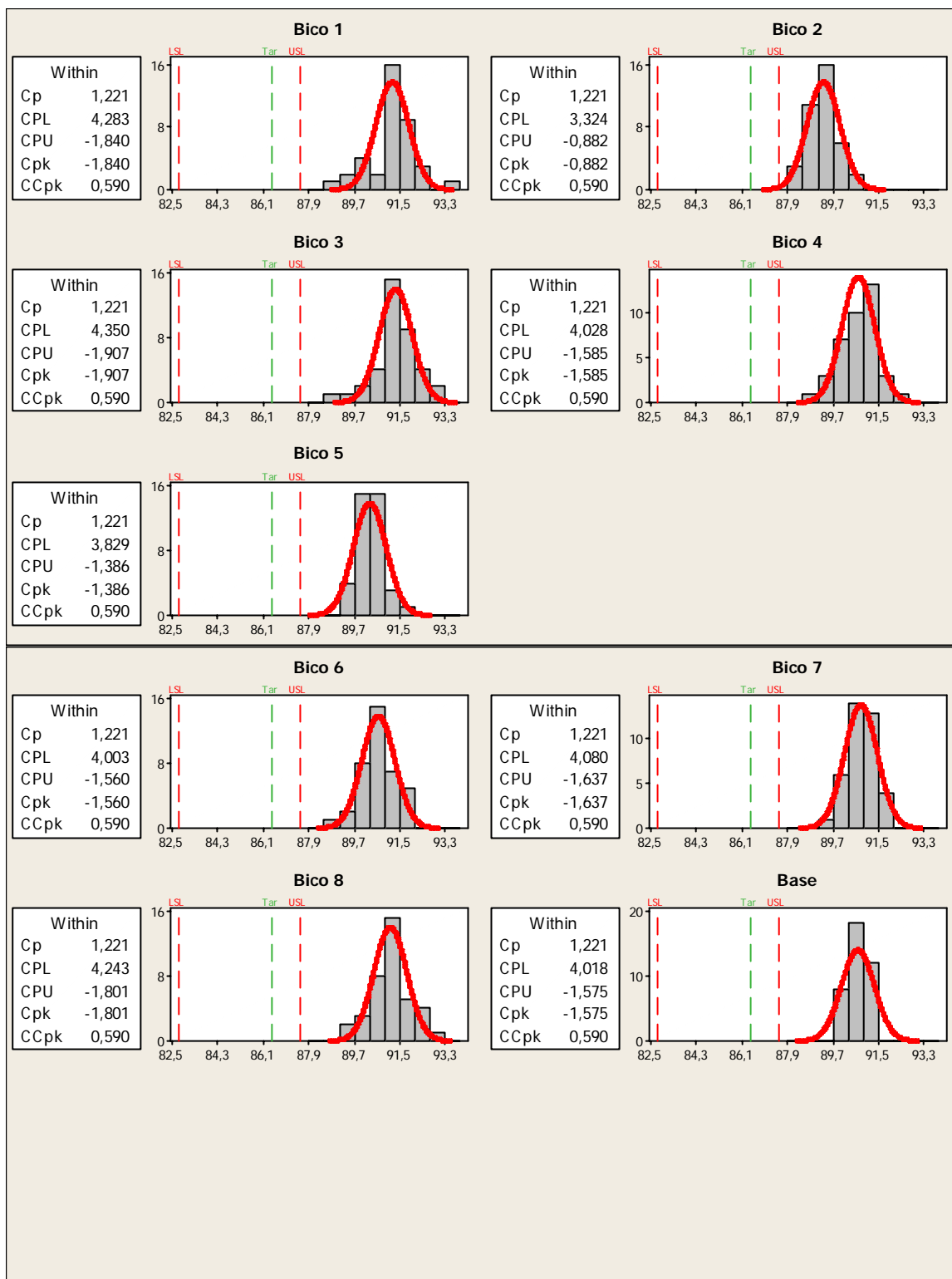


Figura 52 – Análise de capacidade, estatísticas descritivas e desempenho observado para o conjunto 4 de amostras

**Estatística descritiva para o conjunto de amostras 4**

	N	Mean
Bico1	38	91,1963
Bico2	38	89,3124
Bico3	38	91,3279
Bico4	38	90,6942
Bico5	38	90,3037
Bico6	38	90,6458
Bico7	38	90,7974
Bico8	38	91,1184
Base	38	90,6745
Valid N (listwise)	38	

Observed Performance

Variable	% < LSL	% > USL	% Total
Bico 1	0,00	100,00	100,00
Bico 2	0,00	100,00	100,00
Bico 3	0,00	100,00	100,00
Bico 4	0,00	100,00	100,00
Bico 5	0,00	100,00	100,00
Bico 6	0,00	100,00	100,00
Bico 7	0,00	100,00	100,00
Bico 8	0,00	100,00	100,00
Base	0,00	100,00	100,00

Figura 52 – Continuação

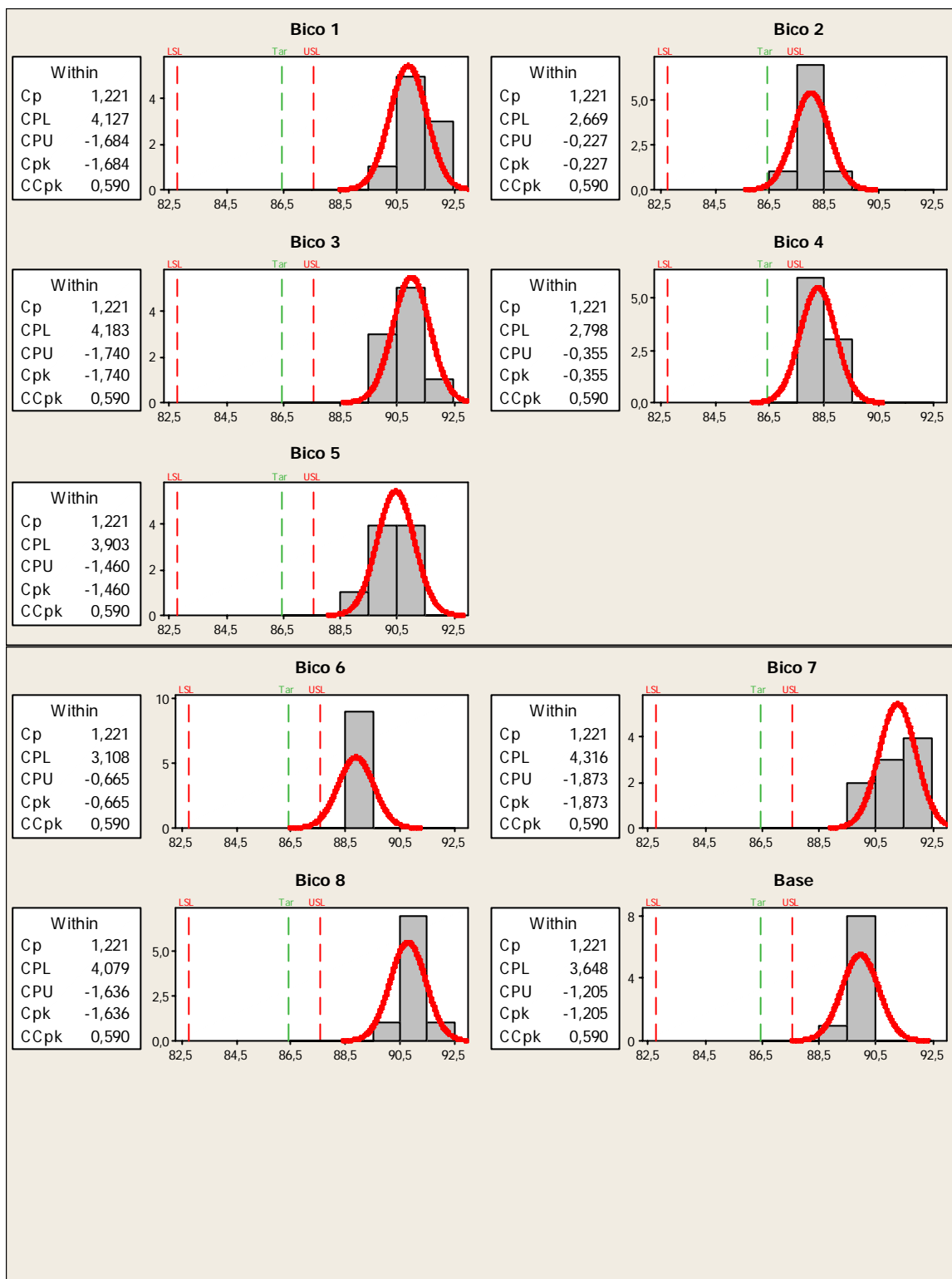


Figura 53 – Análise de capacidade, estatísticas descritivas e desempenho observado para o conjunto 5 de amostras



**Estatística descritiva para o conjunto de amostras 5**

	N	Mean
Bico1	9	90,8900
Bico2	9	88,0256
Bico3	9	90,9989
Bico4	9	88,2778
Bico5	9	90,4489
Bico6	9	88,8867
Bico7	9	91,2600
Bico8	9	90,7956
Base	9	89,9479
Valid N (listwise)	9	

Observed Performance

Variable	% < LSL	% > USL	% Total
Bico 1	0,00	100,00	100,00
Bico 2	0,00	88,89	88,89
Bico 3	0,00	100,00	100,00
Bico 4	0,00	100,00	100,00
Bico 5	0,00	100,00	100,00
Bico 6	0,00	100,00	100,00
Bico 7	0,00	100,00	100,00
Bico 8	0,00	100,00	100,00
Base	0,00	100,00	100,00

Figura 53 – Continuação

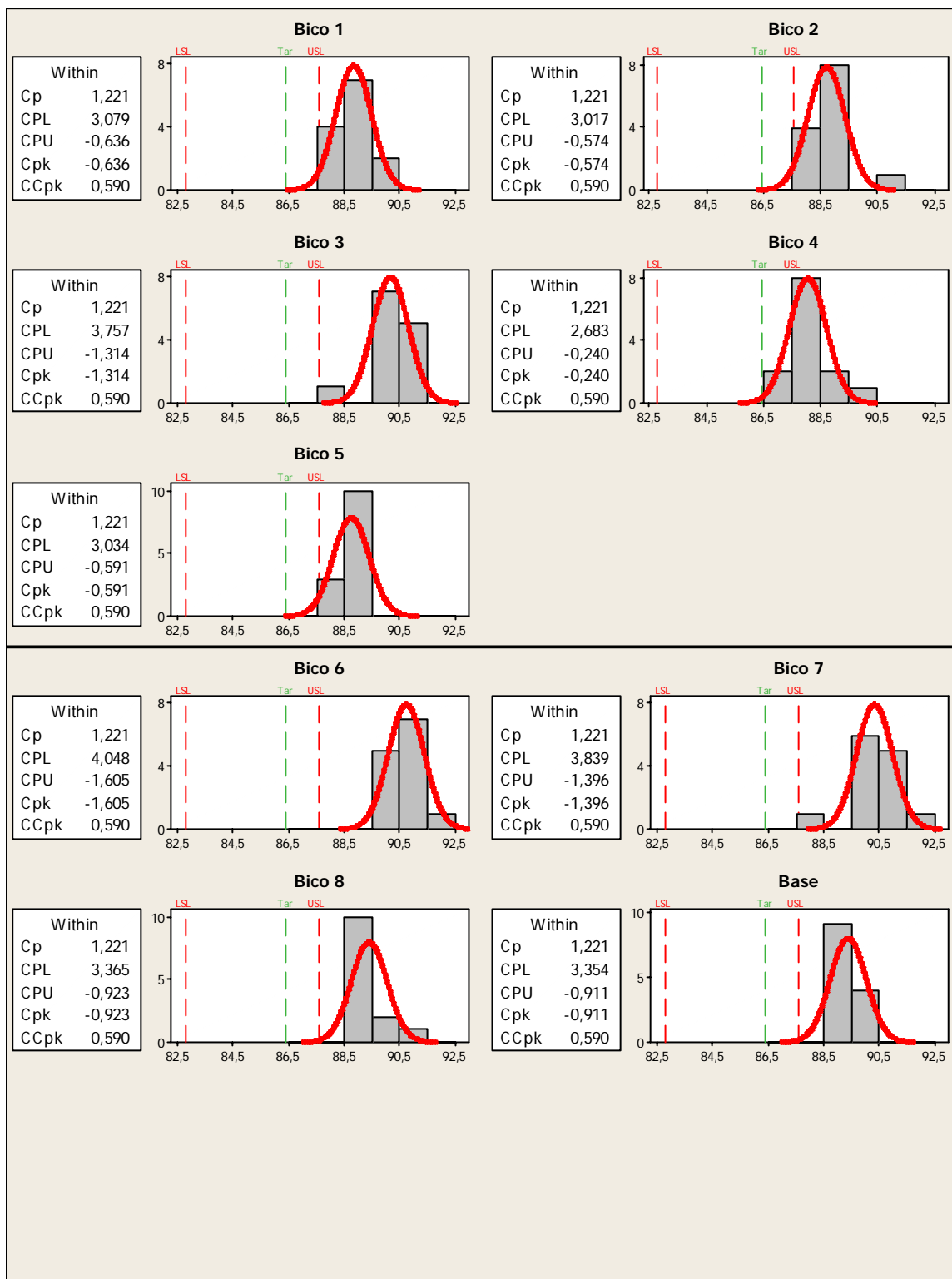


Figura 54 – Análise de capacidade, estatísticas descritivas e desempenho observado para o conjunto 6.1 de amostras

## Estatística descritiva para o conjunto de amostras 6.1

	N	Mean
Bico1	13	88,8300
Bico2	13	88,7077
Bico3	13	90,1623
Bico4	13	88,0515
Bico5	13	88,7415
Bico6	13	90,7346
Bico7	13	90,3231
Bico8	13	89,3931
Base	13	89,3700
Valid N (listwise)	13	

## Observed Performance

Variable	% < LSL	% > USL	% Total
Bico 1	0,00	100,00	100,00
Bico 2	0,00	100,00	100,00
Bico 3	0,00	92,31	92,31
Bico 4	0,00	69,23	69,23
Bico 5	0,00	100,00	100,00
Bico 6	0,00	100,00	100,00
Bico 7	0,00	100,00	100,00
Bico 8	0,00	100,00	100,00
Base	0,00	100,00	100,00

Figura 54 – Continuação

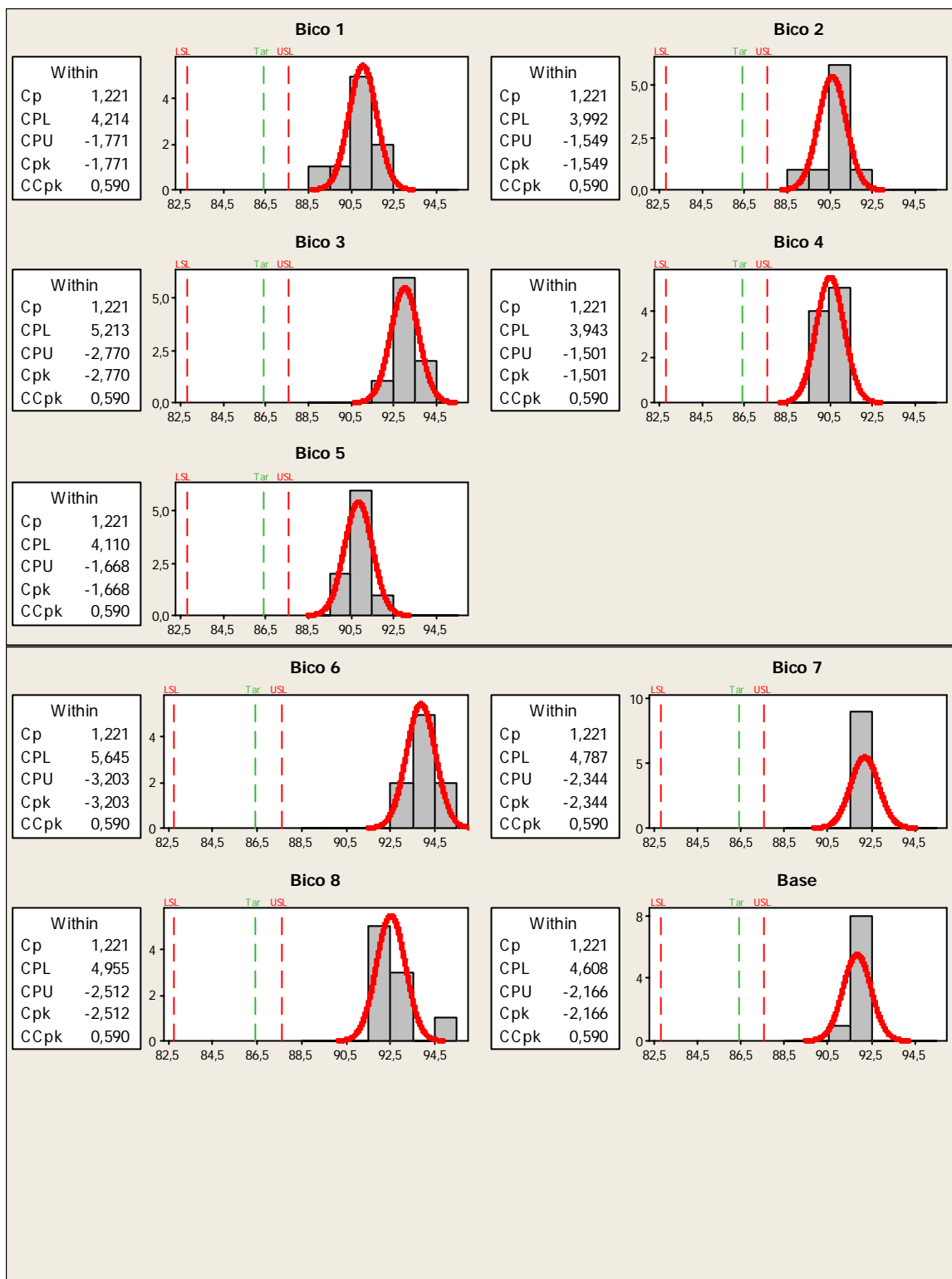


Figura 55 – Análise de capacidade, estatísticas descritivas e desempenho observado para o conjunto 6.2 de amostras

**Estatística descritiva para o conjunto de amostras 6.2**

	N	Mean
Bico1	9	91,0600
Bico2	9	90,6244
Bico3	9	93,0233
Bico4	9	90,5289
Bico5	9	90,8567
Bico6	9	93,8733
Bico7	9	92,1867
Bico8	9	92,5167
Base	9	91,8338
Valid N (listwise)	9	

Observed Performance

Variable	% < LSL	% > USL	% Total
Bico 1	0,00	100,00	100,00
Bico 2	0,00	100,00	100,00
Bico 3	0,00	100,00	100,00
Bico 4	0,00	100,00	100,00
Bico 5	0,00	100,00	100,00
Bico 6	0,00	100,00	100,00
Bico 7	0,00	100,00	100,00
Bico 8	0,00	100,00	100,00
Base	0,00	100,00	100,00

Figura 55 – Continuação

A baixa capacidade do processo no caso, não representa uma alta probabilidade de que uma unidade esteja com volume abaixo do LIE, mas sim se deve à grande proporção de unidades com volume acima do LSE. Assim, o problema no caso não é de qualidade, de atender ao LIE, mas sim de desperdício de matéria-prima. Neste caso, a quantidade de produto que seria economizada com a adoção do esquema proposto torna-se uma medida muito mais interessante em termos práticos que o Cpk.

A quantidade de produto economizada por frasco é simplesmente igual a diferença entre o alvo recomendado pelo esquema proposto e o nível-base médio adotado pela empresa (supondo que, ao se reduzir de uma certa quantidade  $\Delta$  o nível-base, todos os bicos sofrerão idêntica redução).

A Tabela 53 apresenta esses resultados, para cada conjunto de amostras válido (pois cada conjunto teve um nível-base diferente), e na última linha é calculada a média das economias para todos os conjuntos válidos. O cálculo é feito para dois cenários: inicialmente

para um cenário ideal, em que fosse possível ajustar todos os bicos no mesmo valor alvo – no caso,  $\mu_{a inferior} = 86,42$  g e depois para o cenário atual, mais realista, que admite uma amplitude de 3g entre as médias dos diversos bicos, caso em que o alvo para o nível-base passa a ser o  $PB_{médio} = 87,92$ g. O primeiro cenário pode ser visto como o ideal, uma meta a ser perseguida. Caso se consiga, com treinamento, experiência ou alguma ação, no futuro, ajustar todos os bicos no mesmo alvo, o primeiro cenário mostra a economia que se teria. Caso se consiga apenas melhorar um pouco o ajuste, reduzindo a amplitude entre as médias dos bicos para um valor  $< 3$ g, a economia estará entre os valores obtidos para os dois cenários. Assim, o primeiro representa a economia máxima que pode ser obtida, enquanto não se conseguir reduzir  $\sigma$ .

Tabela 48 – Economia estimada proporcionada pelo modelo proposto

	<i>Média Nível Base</i>	<i>Economia Média (grama / un) - bicos centrados no alvo</i>	<i>Economia Média (grama / un) - admitindo uma faixa de variação das médias de 3 gramas</i>
Conjunto 1 de amostras	90,68	4,26	2,76
Conjunto 3 de amostras	88,19	1,77	0,27
Conjunto 4 de amostras	90,67	4,25	2,75
Conjunto 5 de amostras	89,94	3,52	2,02
Conjunto 6.1 de amostras	89,37	2,95	1,45
Conjunto 6.2 de amostras	91,83	5,41	3,91
<i>Média</i>	89,77	3,35	1,85

À primeira vista a economia indicada na Tabela 53 pode parecer insignificante; entretanto considerando que a empresa envase por dia toneladas de matéria-prima, o primeiro cenário resultaria numa economia de aproximadamente 37 Kg / Ton, ou seja, 3,7 % de economia para cada tonelada envasada, o que representará um ganho de 430 unidades por tonelada envasada (i.e. se os bicos estiverem ajustados no alvo, que é 86,42). Entretanto se sabe da dificuldade de tal ajuste, logo é necessário avaliar o desempenho do modelo levando em conta a possibilidade de ser infactível fazer tal regulagem, ou seja, regular todos os bicos para que produzam em média o alvo estabelecido. Então a redução média do desperdício está circulada na Tabela 53, o que significará para empresa uma economia de 20 Kg / Ton, ou seja, 2 % de economia para cada tonelada, o que é equivalente a afirmar que haverá um ganho de 235 unidades (i.e. para o caso em que não se consegue ajustar os bicos no alvo).

Esses cálculos supõem que ao ajustar todos os bicos (ajuste geral), eles irão variar da mesma forma, ou seja, ao reduzirmos os pesos de enchimento da máquina no ajuste comum a todos os bicos, os mesmos variarão de maneira semelhante. Assim irá se ajustar os bicos até que o bico que esteja produzindo um menor peso atinja o alvo.

As Tabelas 54 a 58 representam os conjuntos de amostras contendo todas as amostras, ou seja, não somente as observações válidas que foram obtidas após a “filtragem” dos dados. Aplicou-se nesses conjuntos de dados, os limites calculados pelo modelo proposto. Os pontos que estão marcados em negrito são as observações que extrapolaram o LSC. Observa-se que vários são os pontos acima do LSC, e que nenhum ponto saiu abaixo do LIC, indicando que o processo está ajustado bem acima do alvo proposto.

Tabela 49 – Aplicação dos limites ao conjunto 1 de amostras

Amostras	Bicos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>92,85</b>	90,05	<b>93,02</b>	89,4	90,21	89,86	89,9	91,62
2	<b>93,22</b>	90,39	<b>93,62</b>	90,79	90,34	90,7	89,96	<b>92,53</b>
3	<b>91,94</b>	88,92	<b>92,16</b>	88,76	89,72	89,9	90,37	90,35
4	90,17	88,95	<b>92,32</b>	88,39	88,57	89,41	89,82	90,75
5	91,55	89,73	<b>93,33</b>	89,05	89,48	90,27	91,25	90,9
6	<b>92,05</b>	90,06	<b>93,48</b>	89,6	90,06	89,45	90,85	91,17
7	<b>91,82</b>	89,29	<b>92,96</b>	89,6	89,6	89,65	89,88	<b>91,9</b>
8	91,44	88,96	<b>93,07</b>	89,71	89,71	89,61	91	91,65
9	<b>91,94</b>	89,66	<b>93,17</b>	88,24	88,23	89,26	90,99	90,62
10	<b>92,72</b>	90,58	<b>92,2</b>	89,96	90,13	89,98	90,18	90,7
11	<b>92,02</b>	89,81	<b>93,04</b>	89,52	90,16	89,48	91,46	91,18
12	<b>92,13</b>	88,92	<b>93,49</b>	89,55	89,83	89,85	90,65	<b>91,83</b>
13	<b>92,91</b>	90,85	<b>92,95</b>	90,58	89,72	89,54	91,12	91,21
14	<b>92,49</b>	89,96	<b>92,91</b>	90,15	90,06	90,55	91,41	91,58
15	90,71	90,51	<b>91,77</b>	89,8	89,47	89,22	90,39	89,96
16	90,97	88,95	91,1	88,51	88,03	88,16	89,55	88,85
17	<b>92,1</b>	90,13	<b>91,86</b>	89,58	89,03	88,96	90,63	90,1
18	91,65	90,21	<b>92,35</b>	90,17	89,45	88,83	90,03	90,45
19	91,53	89,59	<b>92,11</b>	89,54	88,91	89,27	89,98	91,23
20	<b>92,6</b>	89,59	91,48	89,45	88,71	88,7	89,97	90,55
21	91,48	88,9	91,65	90,06	88,87	89,31	91,04	90,9
22	90,75	89,9	91,25	89,61	89,46	89,11	89,97	90,58
23	91,25	89,57	91,1	89,26	88,7	89,49	90,17	89,93
24	<b>91,85</b>	89,72	91,3	90,56	89,74	89,81	89,95	91,21
25	91,65	89,39	<b>91,68</b>	89,67	88,73	89,7	90,45	90,3
26	<b>92,55</b>	90,21	91,32	89,35	89,05	89,54	90,4	90,72
27	<b>92,35</b>	89,98	90,73	89,49	89,35	89,69	90,46	90,59
28	<b>92,7</b>	90,44	<b>92,44</b>	89,96	89,3	88,45	90,75	90,36
29	91,29	89,87	91,08	89,32	89,28	89,48	90,64	90,71
30	90,98	89,1	<b>92,01</b>	88,5	88,11	89,29	88,83	89,61

Tabela 50 – Aplicação dos limites ao conjunto 3 de amostras

Amostras	Bicos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	89,78	89,1	90,87	89,31	90,81	89,11	89,01	89,45
2	90,18	89,1	90,4	88,88	90,95	89,7	89,75	88,88
3	89,47	88,77	89,79	89,55	90,64	89,17	89,75	88,82
4	90,38	89,36	90,33	89,3	90,31	90,15	89,5	89,63
5	89,38	87,98	89,75	90,04	90,49	88,71	89,97	88,78
6	89,41	87,97	90,09	88,74	90,69	88,01	89,2	89,55
7	90,67	88,27	91,25	89,59	91,11	89,58	89,16	89,49
8	88,79	87,44	89,15	89,61	89,94	89,16	87,75	89,94
9	88,11	86,53	87,22	85,91	88,51	86,03	87,13	87,88
10	89,55	88,25	89,04	88,02	89,52	88,1	87,22	88,91
11	<b>91,77</b>	89,56	91,01	90,92	<b>91,92</b>	90,09	90,84	91,4
12	89,77	88,75	90,56	90,49	89,98	89,19	88,9	88,92
13	90,43	87,97	88,93	88	89,34	88,57	88,26	87,65
14	90,09	87,04	88,19	87,88	89,48	89,08	89,24	87,32
15	88,73	86,74	88,84	87,65	89,34	87,68	88,08	87,14
16	89,53	87,16	89,11	88,05	89,93	88	87,99	87,51
17	89,02	86,66	89,09	87,73	89,38	87,21	87,8	87,35
18	89,4	87,7	88,22	88,12	88,83	88,97	88,08	88,4
19	88,44	87,44	88,11	88,23	88,82	86,9	88,58	87,17
20	89,45	86,32	88,68	87,07	88,58	87,02	88,43	87,98
21	88,24	86,98	87,65	87,81	88,89	88,21	89,03	87,12
22	88,91	86,93	87,63	87,3	89,68	87,89	88,63	87,26
23	88,34	85,88	88,97	87,26	88,46	86,33	88,28	87,26
24	89,5	88,28	89,18	88,58	89,56	87,74	89,09	88,77
25	88,93	86,62	89,33	90,91	91,47	87,8	88,72	90,53
26	89,43	86,58	89,03	88,35	89,55	88,17	89,4	88,07
27	89,79	87,5	89,21	88,95	88,11	86,47	88,3	87,94
28	88,28	87,01	88,14	87,07	89,65	87,89	87,62	88,18
29	88,73	86,81	88,33	87,68	89,32	88	88,36	87,25
30	89,03	86,23	88,23	88,53	88,9	87,46	87,94	87,44
31	88,8	87,38	88,08	88,41	88,82	87,51	88,32	88,3
32	89,31	86,54	88,16	87,36	88,75	87,36	89,1	88,26
33	89,95	87,26	88,17	88,08	89,65	88,14	88,3	88,54
34	89,38	86,68	88,77	87,9	89,33	87,16	89,28	87,16
35	89,16	86,93	88,01	88,5	89,12	87,89	88,26	87,32
36	89,68	86,6	88,67	87,65	89,16	86,75	89,27	87,7
37	88,8	86,45	87,4	87,51	90,12	88,7	88,39	87,59
38	88,64	87,46	88,84	87,31	90,31	87,9	88,43	87,21
39	88,9	87,44	89,3	87,12	89,5	87,78	87,59	87,82
40	88,8	86,67	88	87,26	89,75	88,3	87,12	87,61
41	89,02	87,18	87,47	87,59	89,42	87,8	88,86	87,66
42	88,92	86,22	87,85	87,12	89,74	87,24	88,81	88,31
43	88,79	86,39	87,37	87,64	89,39	87,48	87,85	87,93



Tabela 51 – Aplicação dos limites ao conjunto 4 de amostras

Amostras	Bicos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	88,91	87,77	88,53	89,4	89,32	90,33	88,97	89,99
2	88,91	88,75	89,68	91,22	89,96	89,27	89,49	90,76
3	91	88,41	89	91,06	90,18	91,08	90,48	90,32
4	90,14	88,39	91,17	89,96	89,76	90,84	89,9	91
5	<b>91,69</b>	89,52	90,86	<b>91,91</b>	90,68	90,01	90	91,4
6	<b>92,5</b>	90,71	91,22	90,48	90,12	<b>91,71</b>	91,37	91,18
7	91,05	89,55	91,32	89,44	89,55	90,82	91,64	89,54
8	91,21	89,73	91,36	90,79	90,5	<b>92,09</b>	89,88	91,4
9	91,3	89,46	91,14	91,06	89,78	90,78	90,37	90,89
10	89,64	89,16	91,45	89,66	89,69	89,48	90,59	91,51
11	90,77	88,97	90,52	90,09	91,13	91,13	90,97	91,36
12	91,49	89,79	<b>92,86</b>	90,7	91,22	<b>91,73</b>	90,62	91,12
13	90,14	88,6	90,5	91,09	89,54	<b>91,99</b>	90,89	91,04
14	91,19	89,69	<b>91,76</b>	91,2	90,41	90,05	90,7	89,45
15	90,92	90,04	91,03	91,14	90,6	90,7	89,86	91,23
16	90,35	89,57	<b>91,91</b>	90,96	90,31	91,09	91,46	91,24
17	<b>92,41</b>	90,12	<b>91,78</b>	91,19	<b>91,72</b>	91,05	90,53	91,63
18	91,36	90,4	91,14	<b>91,8</b>	90,23	90,81	90,39	<b>91,83</b>
19	91,47	90,09	<b>92,74</b>	90,82	90,24	91,07	91,11	90,7
20	91,18	88,8	91,36	90,91	90,41	91,19	91,01	90,51
21	91	88,69	91,64	90,81	90,64	90,47	90,59	91,22
22	91,24	88,5	89,98	90,4	89,39	90,23	90,93	91,24
23	89,79	89,68	90,19	90,49	90,47	90,41	91,09	90,41
24	89,82	89,11	90,59	89,99	90,14	90,78	90,5	90,23
25	89,42	89,55	90,95	89	90,46	90,46	91,32	90,85
26	91,44	89,64	90,99	90,04	90,1	<b>91,7</b>	90,88	90,21
27	<b>91,68</b>	88,2	91,04	90,06	90,01	90,61	90,79	<b>92,27</b>
28	91,61	89,69	91,59	89,94	89,84	90,36	91,45	90,93
29	<b>91,73</b>	89,27	91	90,04	90,32	89,77	90,26	90,5
30	91,31	88,92	<b>92,64</b>	89,53	89,84	90,27	89,71	89,86
31	<b>91,82</b>	89,27	<b>92,45</b>	90,91	90,13	90,62	91,51	91,36
32	<b>91,7</b>	89,11	<b>91,82</b>	<b>92,07</b>	90,3	90,42	91,16	91,59
33	<b>93,36</b>	89,5	<b>91,92</b>	90,96	90,45	91,41	91,36	<b>92,18</b>
34	91,48	90,22	<b>92,47</b>	90,72	90,22	90,37	91,08	91,27
35	<b>92,64</b>	88,91	<b>91,73</b>	91,44	90,72	90,26	90,81	<b>92,21</b>
36	<b>91,81</b>	88,63	91,19	91,18	90,32	89,78	<b>92,04</b>	<b>91,67</b>
37	<b>91,79</b>	89,61	91,6	90,56	91,17	90,73	90,48	<b>92,15</b>
38	91,64	88,73	<b>92,62</b>	<b>92,14</b>	90,23	89,09	91,18	91,41
39	91,46	88,89	91,25	90,62	90,76	89,91	<b>91,9</b>	<b>92,83</b>

Tabela 52 – Aplicação dos limites ao conjunto 5 de amostras

Amostras	Bicos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	89,5	87,38	<b>92,17</b>	88,12	89,42	88,73	90,05	90,6
2	90,92	87,74	91,08	88,34	90,32	88,8	90,34	90,9
3	91,51	88,14	90,78	88,53	91	88,72	91,46	91,53
4	91,5	87,75	90,92	88,11	90,73	89	91,58	90,56
5	90,9	87,86	90,48	87,8	90,24	88,87	<b>91,99</b>	89,62
6	90,52	88,14	91,31	88,94	90,08	88,77	<b>91,73</b>	90,74
7	90,67	88,35	90,44	88,15	90,52	88,87	91,11	91,09
8	91,64	88,63	91,32	88,6	91,25	89,05	<b>91,72</b>	91,06
9	90,85	88,24	90,49	87,91	90,48	89,17	91,36	91,06
10	90,38	87,95	90,86	88,02	90,06	88,77	91,03	90,68
11	91,01	88,09	90,48	88,29	90,2	88,68	91,26	90,38
12	90,13	88,24	90,54	88,01	90,28	89,06	91,46	90,91
13	90,86	87,84	90,5	88,39	90,23	88,6	91,11	91,09
14	90,98	88,31	90,64	88,02	90,54	88,5	91,36	90,61
15	91,07	87,33	91,03	87,56	89,96	87,74	90,48	89,75
16	90,41	87,56	90,19	87,91	90,14	87,97	90,57	90,19
17	90,73	87,39	90,56	87,56	89,85	88,06	90,6	90,06
18	90,31	87,4	90,19	87,99	90,07	87,88	90,63	89,74
19	90,19	87,74	90,33	88,19	89,7	87,45	90,21	89,64
20	90,24	86,96	89,53	86,88	88,99	87,88	90,47	89,41
21	90,28	86,81	90,82	87,37	89,66	87,7	91,48	89,58
22	89,53	87,12	89,79	86,89	89,29	87,2	90,21	89,7
23	89,52	88,09	89,56	87,02	89,27	87,24	89,95	89,5
24	90,77	88,69	90,78	88,19	91,05	89,65	<b>92,33</b>	90,3
25	90,34	88,06	90,13	88,84	89,62	89,25	91,05	90,02
26	89,93	88,12	90,14	88,39	89,65	89,22	90,87	89,73
27	90,34	87,22	89,91	87,75	90,34	88,92	91,01	90,53
28	90,32	87,99	90,62	88,85	89,46	88,98	91,22	89,56
29	91,21	87,58	90,47	88,01	88,98	88,73	91,26	89,58
30	90,04	87,09	90,88	88,8	89,32	88,29	91,22	89,4
31	90,24	87,37	90,46	87,83	89,31	88,98	<b>92,43</b>	89,6

Tabela 53 – Aplicação dos limites ao conjunto 6 de amostras

Amostras	Bicos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	88,81	90,49	<b>93,22</b>	88,8	89,13	<b>91,78</b>	<b>92,68</b>	<b>92,24</b>
2	90,49	89,07	<b>92,33</b>	90,09	90,81	<b>93,63</b>	<b>94,43</b>	91,27
3	90,79	90,11	<b>92,5</b>	89,6	90,55	<b>93,23</b>	<b>93,62</b>	91,64
4	89,59	88,54	90,87	87,94	88,75	91,32	90,3	89,14
5	89,12	88,52	90,4	87,57	88,7	90,55	90,9	89,12
6	89,01	88,68	90,57	87,72	88,84	90,72	90,93	90,23
7	88,51	88,07	89,97	87,19	88,84	90,54	90,43	89,23
8	88,63	88,52	89,93	87,55	88,3	90,49	90,65	89,52
9	89,07	89,15	90,58	87,98	89,36	91,22	90,3	89,46
10	88,37	88,95	90,38	88,07	88,95	90,75	90,66	89,13
11	88,6	88,31	90,25	88,14	88,84	91,03	90,7	89,45
12	89,23	90,55	90,67	88,58	88,56	90,25	87,75	89,04
13	88,43	88,07	87,5	90,4	89,18	90,34	89,5	89,19
14	88,18	88,25	90,8	87,8	88,75	90,21	90,48	89,18
15	89,66	88,52	90,25	88,5	88,39	<b>91,95</b>	89,89	90,62
16	88,39	89,07	89,94	87,23	88,18	90,18	<b>91,71</b>	88,8
17	87,59	87,51	89,57	86,11	87,87	89,49	89	88,48
18	87,57	87,48	89,46	86,75	87,55	90,61	88,4	88,86
19	87,61	87,19	89,96	86,66	87,71	89,75	88,38	88,48
20	87,12	87,13	89,53	86,68	87,52	89,7	88,43	88,06
21	87,7	87,4	90,55	87,17	87,42	89,68	88,34	89,25
22	87,47	86,75	90,38	86,8	87,3	89,52	87,82	88,25
23	87,84	86,92	89,37	86,45	87,57	89,48	88,21	88,41
24	87,19	86,98	89,38	86	86,89	88,75	87,98	88,19
25	86,45	87,2	89,25	86,08	86,7	89,55	87,88	88,48
26	88,5	89,58	91	89,63	88,35	90,8	89,34	89,2
27	91,43	91,52	91,58	90,4	91,57	<b>95</b>	<b>92,16</b>	<b>94,62</b>
28	91,07	90,77	<b>93,21</b>	90,83	91,28	<b>94,5</b>	<b>91,9</b>	<b>92,75</b>
29	90,39	90,57	<b>92,74</b>	91,12	91,09	<b>94,04</b>	<b>92,03</b>	<b>92,78</b>
30	<b>91,76</b>	90,55	<b>92,81</b>	91,25	90,58	<b>93,97</b>	<b>92,41</b>	<b>92,35</b>
31	91,05	90,17	<b>92,9</b>	90,6	90,43	<b>93,75</b>	<b>92,16</b>	<b>92,75</b>
32	91,48	90,79	<b>93,57</b>	91,31	91,13	<b>93,71</b>	<b>92,48</b>	<b>91,77</b>
33	91,62	90,73	<b>93,55</b>	89,75	90,66	<b>93,89</b>	<b>91,89</b>	<b>91,85</b>
34	89,43	89,46	<b>93,47</b>	89,7	90,04	<b>92,71</b>	<b>92,21</b>	<b>91,68</b>
35	91,31	91,06	<b>93,38</b>	89,8	90,93	<b>93,29</b>	<b>92,44</b>	<b>92,1</b>

## Gráfico de Controle para o Nível Base

Para melhor controle de causas especiais que afetem a todos os bicos propõe se utilizar, além da *group chart* para as observações dos bicos, um gráfico da série de observações do nível-base e ainda, um gráfico de MR para o nível base. Na primeira etapa de construção desses gráficos é necessária a obtenção de uma estimativa para  $\sigma$ . Para tanto se avaliará a possibilidade de utilizar um desvio-padrão combinado das amostras. Esse estimador somente será possível, ou seja, não tendencioso, se o nível-base não for autocorrelacionado. A seguir estão os correlogramas para o nível-base dos conjuntos de amostras 1, 3, 4, 5 e 6.1 e 6.2.

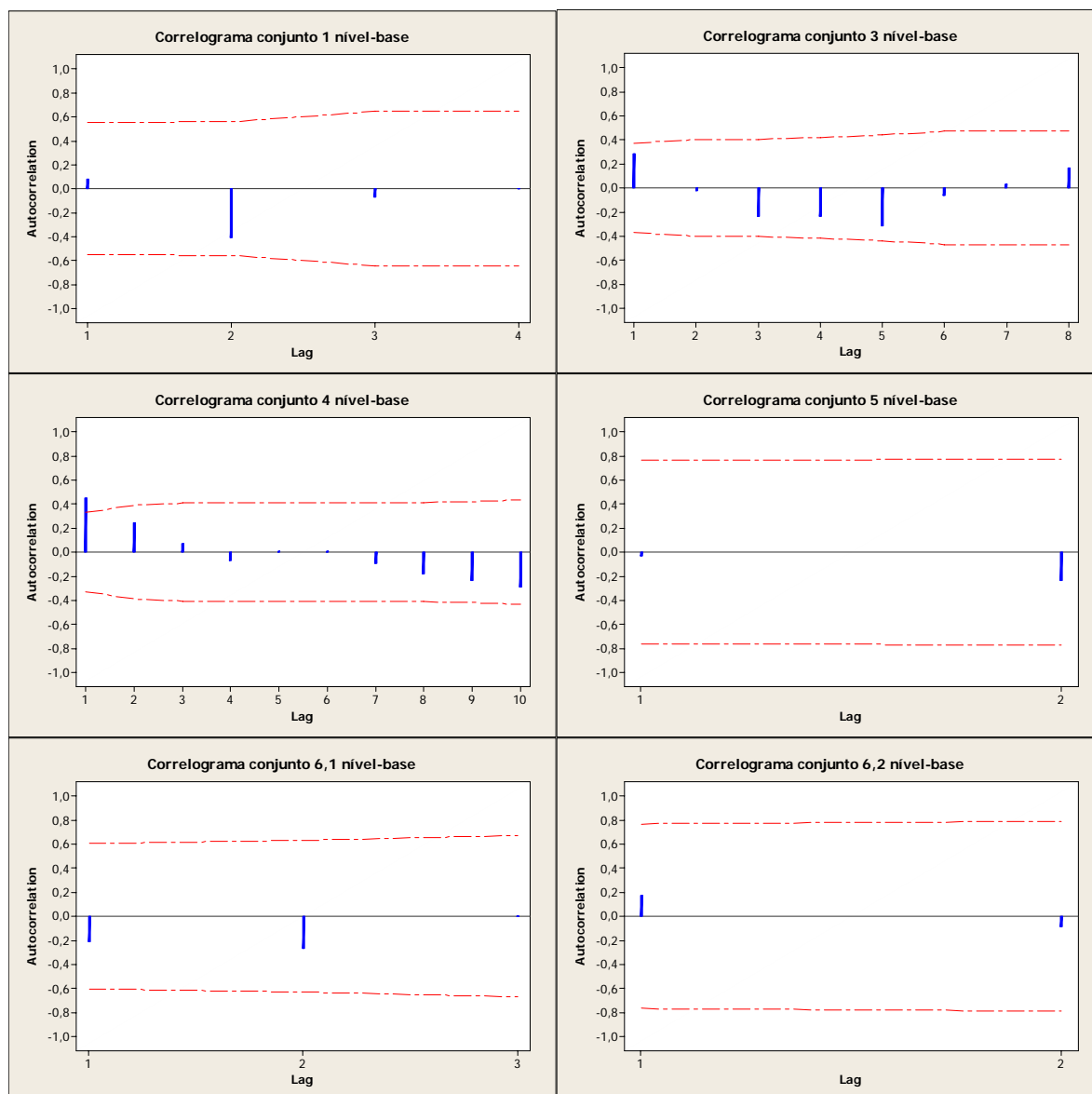


Figura 56 – Correlogramas para o nível-base dos conjuntos de amostras 1, 3, 4, 5, 6.1 e 6.2

Com exceção do conjunto 4 de amostras, os conjuntos de amostras não apresentaram autocorrelações significativas. Já foi comentado no final do cap.3 que tal correlação de “lag 1” no conjunto 4 de amostras deve ser espúrio. Então será usado o desvio-padrão combinado como estimador, calculado com a utilização do Minitab, ilustrado a seguir.

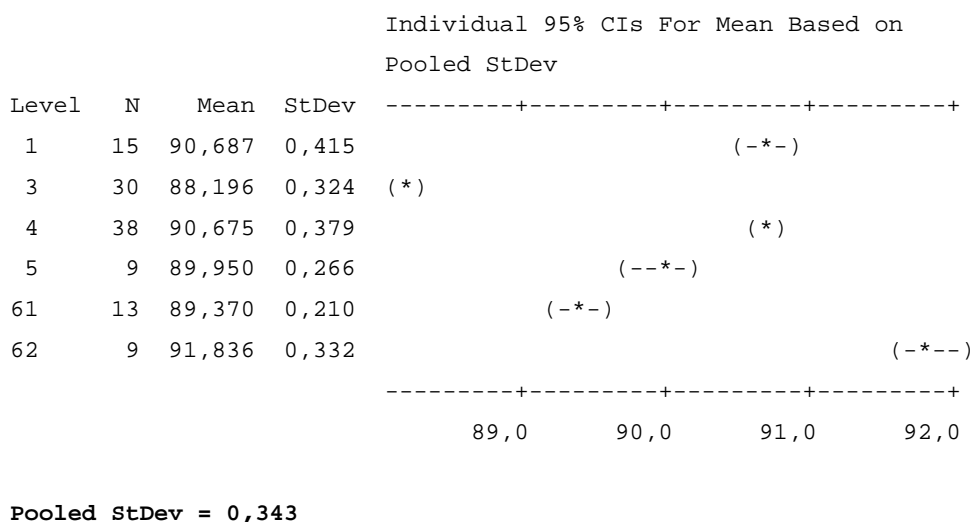


Figura 57 – Saída do MINITAB para estimar o desvio-padrão combinado

Os gráficos de controle MR e os gráficos de séries temporais para o nível-base, para todos os conjuntos de amostras (os conjuntos de amostras estão levando em conta todas as observações), estão a seguir e demonstram em geral um bom desempenho. Nos conjuntos 1 e 4 de amostras, o gráfico MR não sinalizou nenhum ponto fora do limite, significando que não houve nenhuma causa especial que tenha afetado a todos os bicos, como de fato não houve. No conjunto 3 de amostras o gráfico sinaliza devidamente quando há uma causa especial, que é justamente a espuma contida no final do tanque, a que afeta o volume em todos os bicos. Já nos conjuntos 5 e 6 de amostras o gráfico sinaliza como se houvesse uma causa especial. Na verdade até houve uma causa especial atuando, mas foi anterior ao sinal exibido pelo gráfico MR (no caso do conjunto 6 de amostras, foi anterior ao segundo sinal exibido pelo gráfico); ambos os sinais foram no momento em que entrou um novo lote de matéria-prima. Observando o gráfico da série temporal do nível-base, observa-se uma queda gradativa no peso anterior à troca do lote, indicando assim uma causa especial (espuma). No entanto, pelo fato de a queda ter sido gradativa o gráfico MR não foi capaz de detectar essa causa especial. Daí a importância de manter o gráfico de série temporal, para visualização de tendências no nível-base.

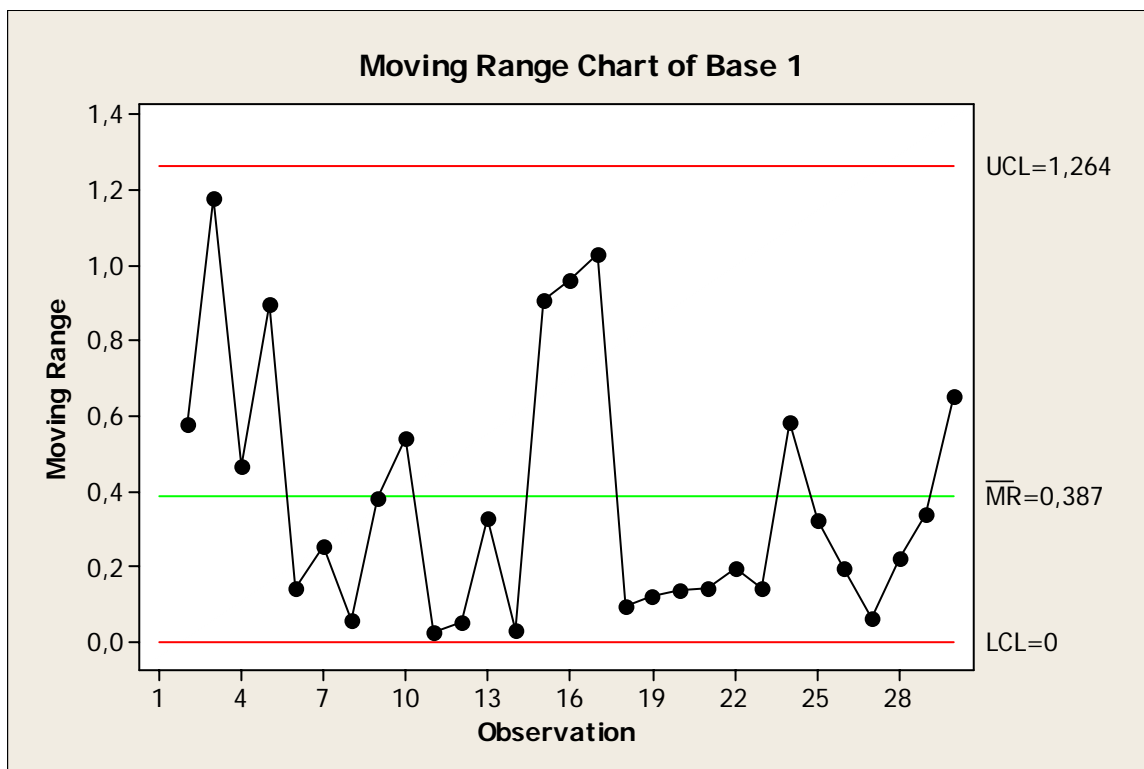


Figura 58 – Gráfico de MR para o nível-base do conjunto 1 de amostras

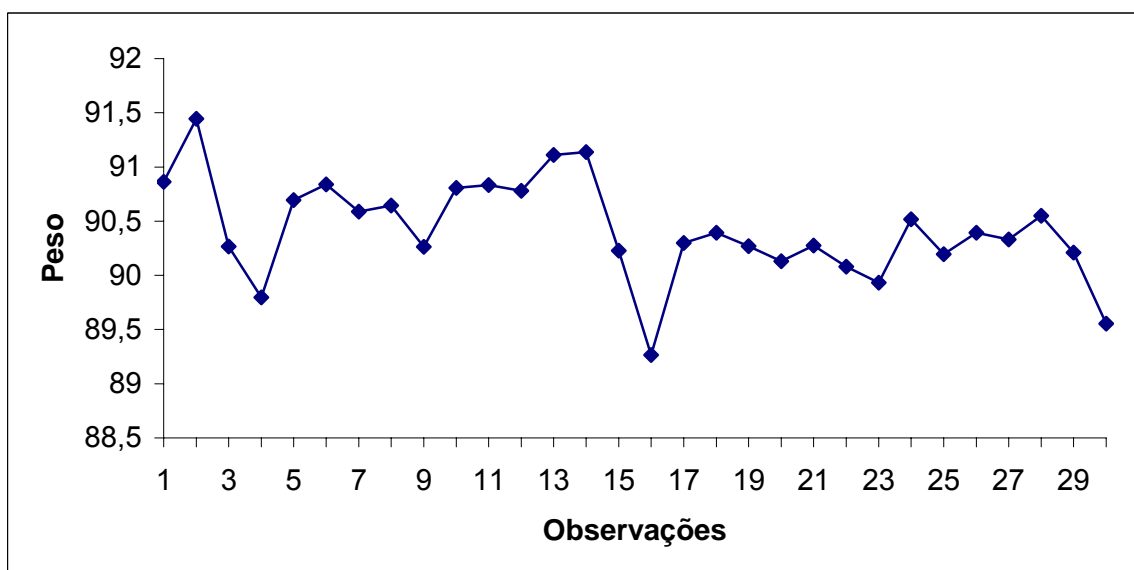


Figura 59 – Gráfico de série temporal para o nível-base do conjunto 1 de amostras

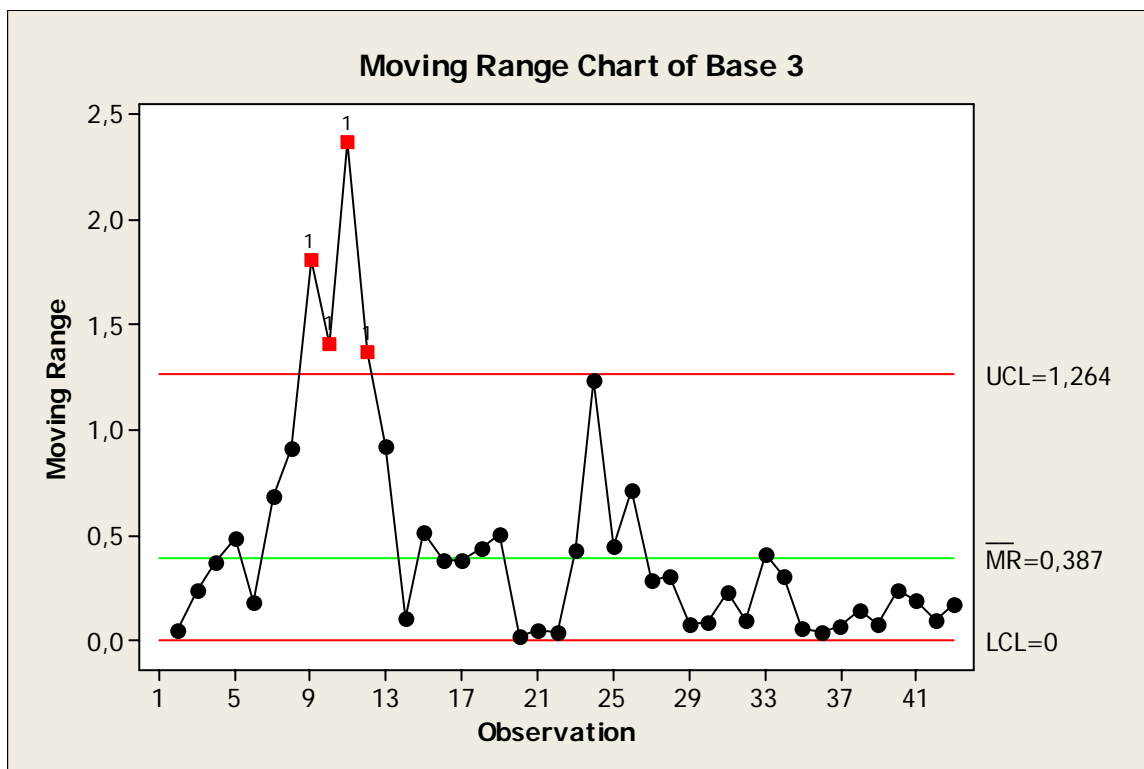


Figura 60 – Gráfico de MR para o nível-base do conjunto 3 de amostras

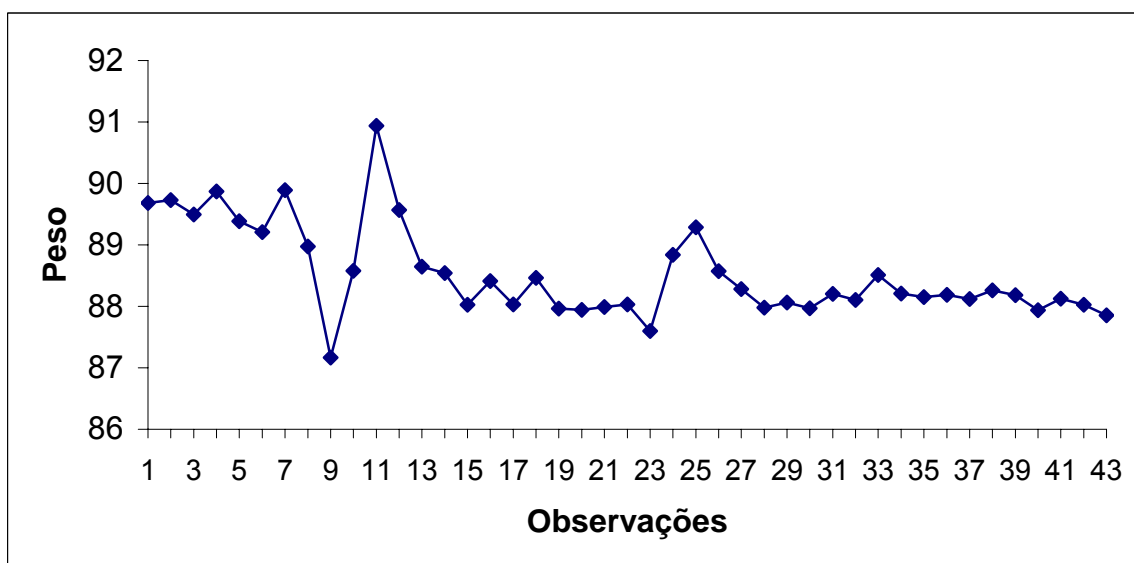


Figura 61 – Gráfico de série temporal para o nível-base do conjunto 3 de amostras

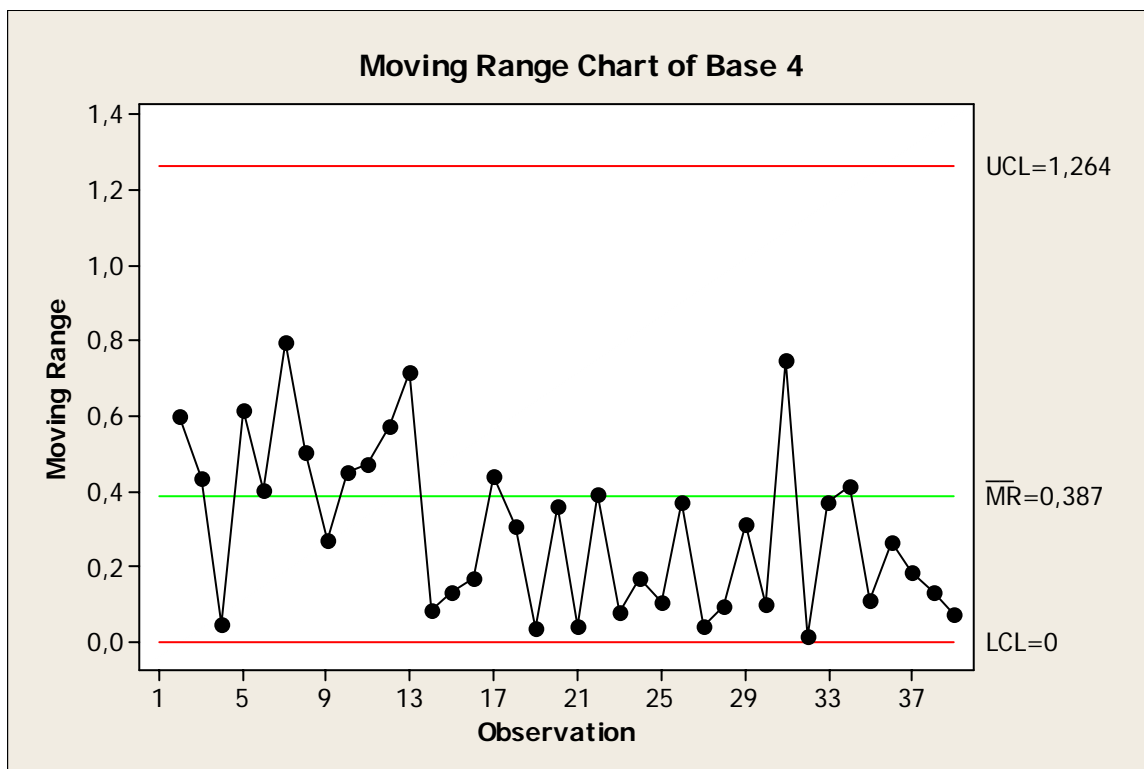


Figura 62 – Gráfico de MR para o nível-base do conjunto 4 de amostras

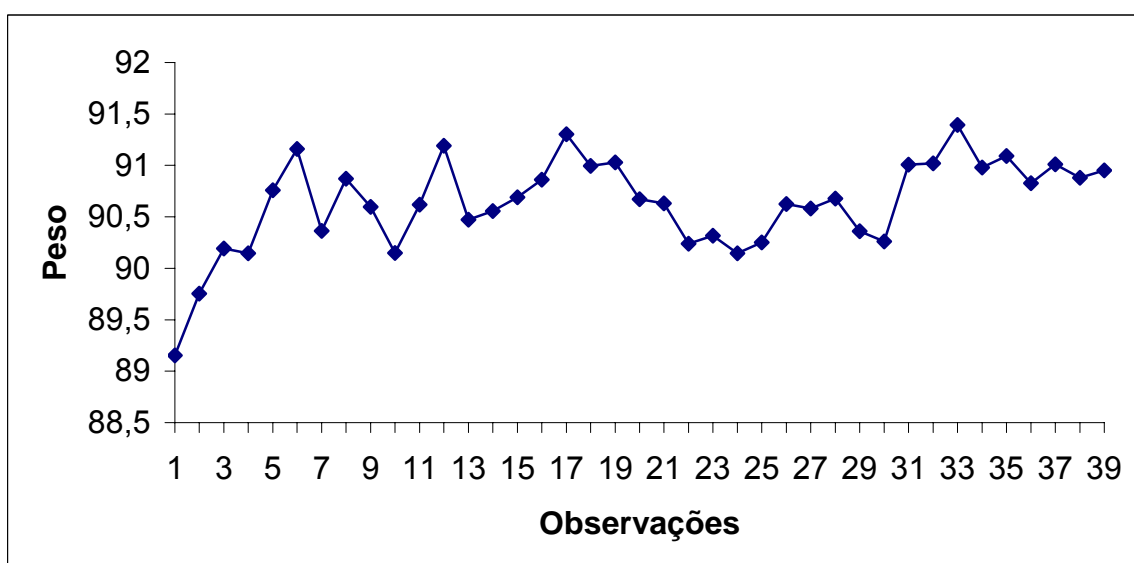


Figura 63 – Gráfico de série temporal para o nível-base do conjunto 4 de amostras



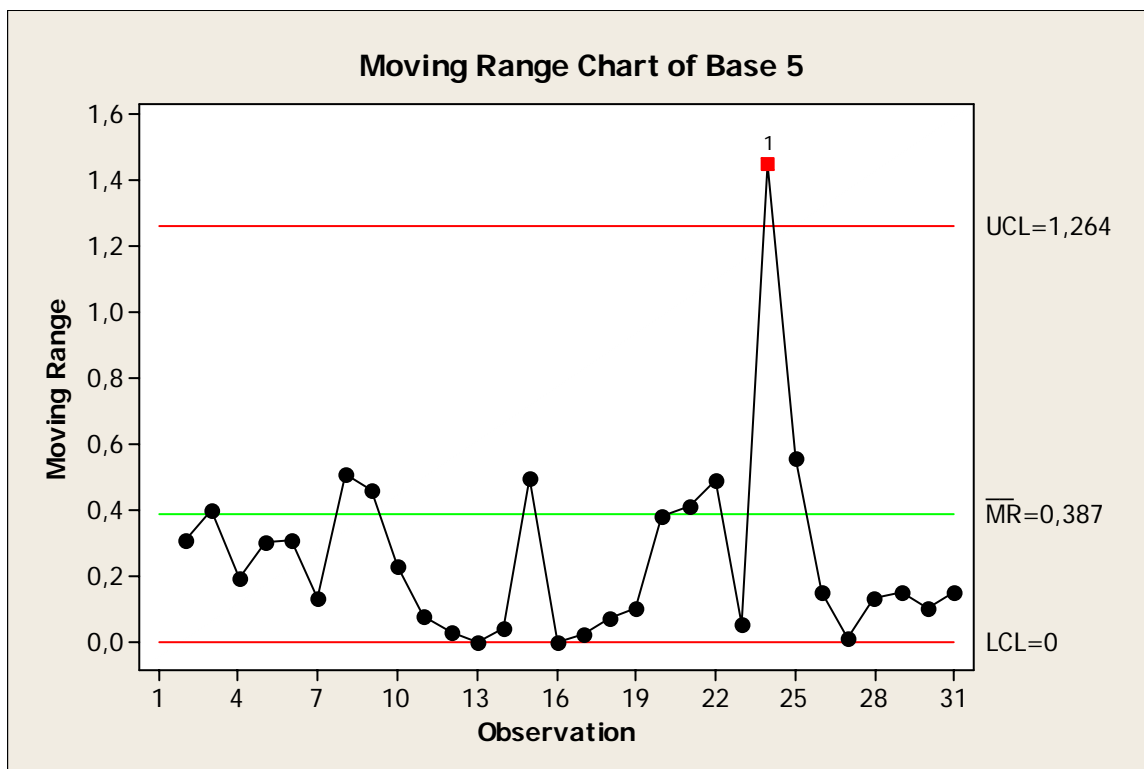


Figura 64 – Gráfico de MR para o nível-base do conjunto 5 de amostras

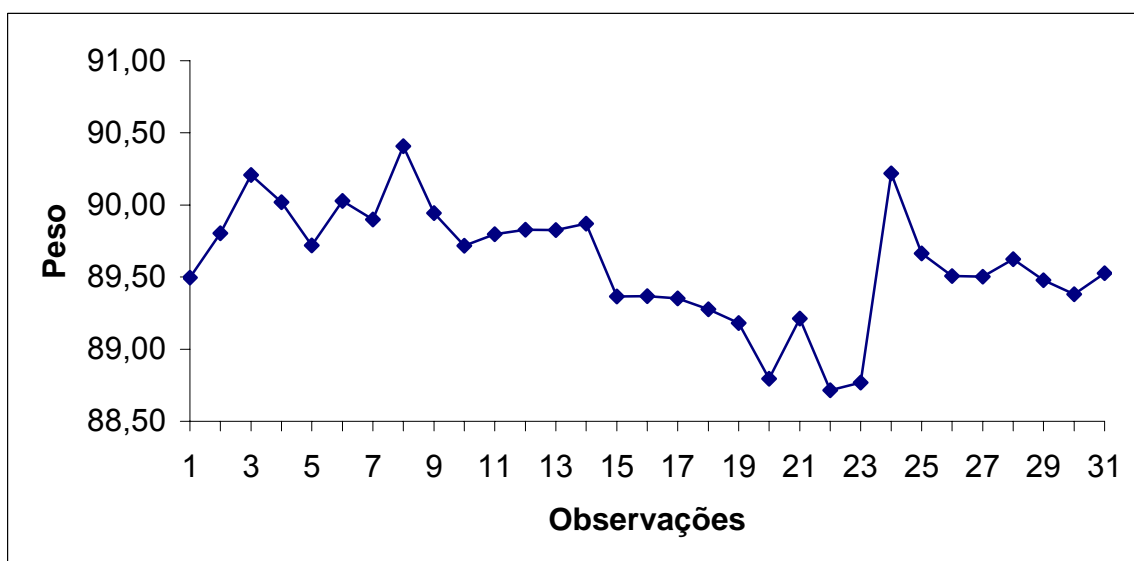


Figura 65 – Gráfico de série temporal para o nível-base do conjunto 5 de amostras

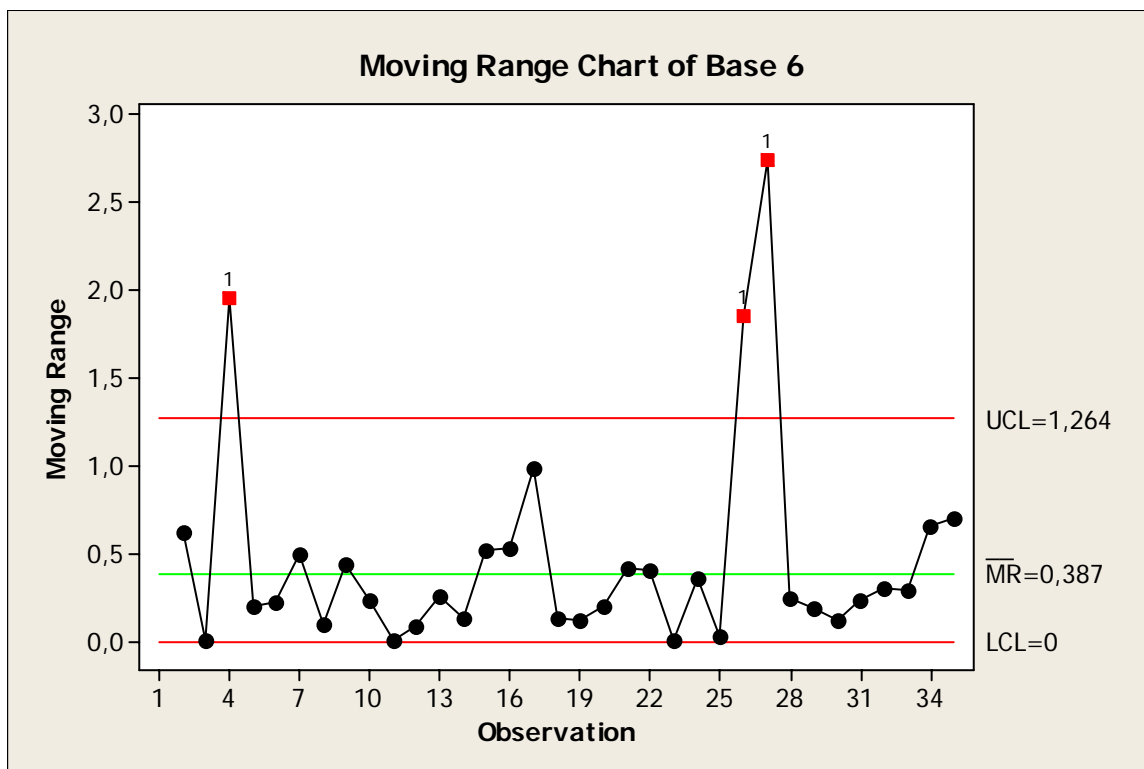


Figura 66 – Gráfico de MR para o nível-base do conjunto 6 de amostras

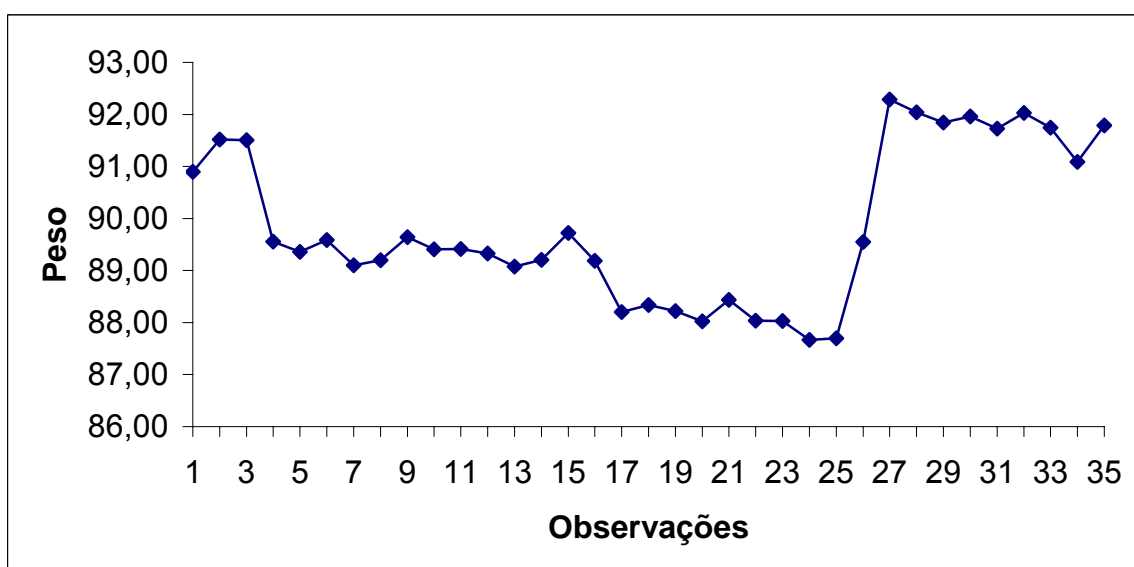


Figura 67 – Gráfico de série temporal para o nível-base do conjunto 6 de amostras