

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

RENATO LUIS VALENTE DE BOER

PROPOSTA DE UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA
VARIABILIDADE DOS PROCESSOS PRODUTIVOS SOBRE A EFICIÊNCIA
GLOBAL DE EQUIPAMENTOS E SEUS DESDOBRAMENTOS NO CONTEXTO DA
GESTÃO DO POSTO DE TRABALHO

São Leopoldo - RS

2010

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

RENATO LUIS VALENTE DE BOER

PROPOSTA DE UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA
VARIABILIDADE DOS PROCESSOS PRODUTIVOS SOBRE A EFICIÊNCIA
GLOBAL DE EQUIPAMENTOS E SEUS DESDOBRAMENTOS NO CONTEXTO DA
GESTÃO DO POSTO DE TRABALHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof^a. Dra. Miriam Borchardt

Co-Orientador: Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior

São Leopoldo - RS

2010

B672p

Boer, Renato Luis Valente de

Proposta de um modelo para avaliação do impacto da variabilidade dos processos produtivos sobre a eficiência global de equipamentos e seus desdobramentos no contexto da gestão do posto de trabalho / Renato Luis Valente de Boer. -- 2010.

144 f. : il.; 30cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2010.

Orientadora: Profa. Dra. Miriam Borchardt; Co-Orientador: Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior.

1. Engenharia da produção. 2. Gestão - Posto de Trabalho. 3. Eficiência Global de Equipamento. 4. Processo produtivo - Variabilidade. I. Título. II. Borchardt, Miriam. III. Antunes Júnior, José Antonio Valle

CDU 658.5

Catálogo na Publicação:
Bibliotecário Eliete Mari Doncato Brasil - CRB 10/1184

RENATO LUIS VALENTE DE BOER

PROPOSTA DE UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA
VARIABILIDADE DOS PROCESSOS PRODUTIVOS SOBRE A EFICIÊNCIA
GLOBAL DE EQUIPAMENTOS E SEUS DESDOBRAMENTOS NO CONTEXTO DA
GESTÃO DO POSTO DE TRABALHO

Dissertação apresentada à Universidade do Vale
do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Engenharia
de Produção e Sistemas.

Aprovado em 01 de junho de 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osiris Canciglieri Júnior – Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Prof. Dr. Giancarlo Medeiros Pereira - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Prof. Dr. Guilherme Luis Roehe Vaccaro - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Profa. Dra. Miriam Borchardt (Orientador)
Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior (Co-orientador)

Visto e permitida a impressão

São Leopoldo,

Prof. Dr. Ricardo Augusto Cassel
Coordenador Executivo PPG em
Engenharia de Produção e Sistemas

Dedico este trabalho a pessoas muito especiais:
aos meus pais, Renato e Valda, que me ensinaram a lutar;
à Clarice, minha esposa, que com seu amor e apoio me fez persistir;
à Fernanda, minha filha, com sua fé e confiança me fez acreditar.

AGRADECIMENTOS

São muitos os agradecimentos que devem ser feitos no que se refere à realização deste trabalho:

- às minhas gurias, Clarice e Fernanda, pela paciência, compreensão, suporte e apoio incondicional;
- à minha família, pela confiança e pelo apoio;
- aos amigos e sócios, Jacinto e Cintia, pelos conselhos e apoio
- ao pessoal de suporte, Carlos, Lúcia, Fernanda, Ariel e Klippel, por sua força, conhecimento e disposição, diante das minhas limitações;
- aos colegas do mestrado, pelas conversas e pela amizade;
- aos professores do mestrado pelos conhecimentos transmitidos;
- à Prof^a Dra. Miriam Borchardt e ao Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Júnior, por aceitarem a orientação deste estudo e conduzirem seu desenvolvimento, com muita sabedoria e paciência;
- às direções e pessoal das empresas estudadas;

RESUMO

Este trabalho tem como tema a análise da incorporação dos efeitos variabilidade dos processos sobre o indicador IROG (Índice de Rendimento Operacional Global) e os seus desdobramentos na GPT (Gestão do Posto do Trabalho). Como objetivo principal buscou-se a proposição de um modelo para avaliação do impacto da variabilidade sobre o IROG e a GPT. O modelo proposto foi testado em duas empresas do segmento metal-mecânico, a partir do estudo de quatro postos de trabalho. Parte-se, inicialmente de uma revisão bibliográfica dos conceitos da GPT e da evolução do uso do indicador IROG na avaliação da eficiência dos equipamentos vinculada à TPM (*Total Productive Maintenance*); considera-se ainda, as perdas por gestão tais como: falta de programação, falta de operador, reuniões, etc. Também fizeram parte da revisão bibliográfica os conceitos relacionados à variabilidade dos processos e formas para o seu monitoramento. Com base nos estudos de caso desenvolvidos em quatro equipamentos, comprovou-se que a aplicação do modelo proposto proporcionou melhorias nos resultados do IROG. Como exemplos destes resultados citam-se: o aumento do IROG no mês dezembro de 49% para 62% no caso 1 e de 71% para 77% no caso 3. Outro resultado percebido está relacionado ao uso do modelo como ferramenta de gestão, o que proporcionou aos envolvidos na GPT, um melhor entendimento da variabilidade, a correta identificação das causas comuns e especiais de variação e, conseqüentemente, a tomada de ações apropriadas nos postos de trabalho.

Palavras-chave: Gestão do Posto de Trabalho. Eficiência Global de Equipamentos. Variabilidade dos Processos.

ABSTRACT

This work has covered the analysis of the incorporation of the effects related to process variability on the OEE (Overall Equipment Effectiveness) Index and its consequences on WM (Workplace Management). The main objective was to propose a model for assessing the impact of variability on OEE and WM. The proposed model was tested in two metal-mechanic companies, by studying four work stations. It originally started with a review of the concepts of WM and the evolution of the use of OEE in evaluating the efficiency of equipment tied to the TPM (Total Productive Maintenance); it has been considered as well management wastes such as lack of production planning, lack of operator, meetings, etc. A review of the concepts related to the variability of processes and ways to monitor it were also taken into consideration. Based on case studies developed in four equipments, it was shown that the implementation of the proposed model provided improvements in the results of OEE. For instance: the OEE increased in last December from 49% to 62% in case 1 and from 71% to 77% in case 3. Another result is related to the perceived use of the model as a management tool, which provided for those involved in the WM a better understanding of variability, the correct identification of common and special causes of variation and, consequently, the implementation of appropriate action on the work stations

Key-words: Workplace Management. Overall Equipment Effectiveness. Process Variability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Produção de Autoveículos no Brasil (em milhões de unidades)	17
FIGURA 2: Capacidade Ociosa da Indústria de Autopeças no Brasil	18
FIGURA 3: Aumento da variedade de itens em produção em uma empresa de autopeças no Brasil.....	18
FIGURA 4: Estrutura de Gestão do Posto de Trabalho.....	31
FIGURA 5: Etapas para a implementação da GPT	32
FIGURA 6: Comportamento das Perdas Esporádicas e Crônicas	34
FIGURA 7: Relação entre o IROG e as sete perdas	36
FIGURA 8: Perdas de Disponibilidade e tipologia de paradas	37
FIGURA 9: Relação entre as parcelas do IROG, perdas e cálculo dos índices	42
FIGURA 10: Fluxograma para monitoramento de um processo.....	48
FIGURA 11: Representação de um gráfico de controle	49
FIGURA 12: Gráficos de controle por variáveis.....	50
FIGURA 13: Gráfico de controle por atributos.....	50
FIGURA 14: Testes de não aleatoriedade	52
FIGURA 15: Modelo conceitual da GPT com a incorporação da variabilidade	58
FIGURA 16: Fluxograma com as Etapas para a GPT	62
FIGURA 17: Rotina da Reunião Semanal	68
FIGURA 18: Rotina da Reunião Quinzenal	68
FIGURA 19: Rotina da Reunião Mensal.....	69
FIGURA 20: Fluxograma com as Etapas para a GPT	72
FIGURA 21: Componentes da Câmara de Freios	74
FIGURA 22: Fluxo parcial do processo de fabricação.....	75
FIGURA 23: Exemplo de relatório gerencial.....	76
FIGURA 24: Exemplo de um relatório gerencial.....	76
FIGURA 25: Exemplo de gestão visual	77
FIGURA 26: Estatísticas μ_{Global}	79
FIGURA 27: Estatísticas μ_1	80
FIGURA 28: Estatísticas μ_2	80
FIGURA 29: Estatísticas μ_3	80
FIGURA 30: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	85
FIGURA 31: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	85
FIGURA 32: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	86
FIGURA 33: Gráfico de Pré-controle μ_3	86
FIGURA 34: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	87
FIGURA 35: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	88
FIGURA 36: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	88
FIGURA 37: Gráfico de Pré-controle μ_3	88
FIGURA 38: Histograma Tempos Setup Novembro 2009.....	90
FIGURA 39: Pareto Causas de Manutenção Corretiva Novembro 2009.....	90
FIGURA 40: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	93
FIGURA 41: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	93
FIGURA 42: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	93
FIGURA 43: Gráfico de Pré-controle μ_3	93
FIGURA 44: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	96
FIGURA 45: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	96

FIGURA 46: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	96
FIGURA 47: Gráfico de Pré-controle μ_3	96
FIGURA 48: Histograma Tempos Setup Dezembro 2009.....	98
FIGURA 49: Pareto Causas de Manutenção Corretiva Dezembro 2009.....	98
FIGURA 50: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	99
FIGURA 51: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	100
FIGURA 52: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	100
FIGURA 53: Gráfico de Pré-controle μ_3	100
FIGURA 54: Estatísticas μ_{Global}	104
FIGURA 55: Estatísticas μ_1	105
FIGURA 56: Estatísticas μ_2	105
FIGURA 57: Estatísticas μ_3	105
FIGURA 58: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	106
FIGURA 59: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	106
FIGURA 60: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	107
FIGURA 61: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3	107
FIGURA 62: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	108
FIGURA 63: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	108
FIGURA 64: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	109
FIGURA 65: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	109
FIGURA 66: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	109
FIGURA 67: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3	110
FIGURA 68: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	111
FIGURA 69: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	111
FIGURA 70: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	111
FIGURA 71: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	112
FIGURA 72: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	112
FIGURA 73: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3	112
FIGURA 74: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	113
FIGURA 75: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	113
FIGURA 76: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	114
FIGURA 77: Exemplo de suporte Fundido	117
FIGURA 78: Fluxo parcial do processo de fabricação.....	117
FIGURA 79: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	120
FIGURA 80: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	120
FIGURA 81: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	120
FIGURA 82: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3	121
FIGURA 83: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	122
FIGURA 84: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	122
FIGURA 85: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	123
FIGURA 86: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3	123
FIGURA 87: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	123
FIGURA 88: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	124
FIGURA 89: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	124
FIGURA 90: Carta de Pré-controle μ_3	124
FIGURA 91: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	126
FIGURA 92: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	126
FIGURA 93: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	126

FIGURA 94: Carta de Pré-controle μ_3	127
FIGURA 95: Exemplo de Cubo de Roda	129
FIGURA 96: Fluxo parcial do processo de fabricação.....	129
FIGURA 97: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	131
FIGURA 98: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	131
FIGURA 99: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	131
FIGURA 100: Carta Pré-controle μ_3	132
FIGURA 101: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}	132
FIGURA 102: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1	132
FIGURA 103: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2	133
FIGURA 104: Carta Pré-controle μ_3	133

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Análise comparativa dos custos de uma célula de manufatura	17
TABELA 2 : Periódicos pesquisados sobre estudos que abordam os efeitos da variabilidade sobre o monitoramento e gestão dos indicadores de eficiência	23
TABELA 3: Passos para implantação de um gráfico de controle	51
TABELA 4: Testes de não aleatoriedade	51
TABELA 5: Estatísticas dos gráficos de controle	52
TABELA 6: Fórmulas para os gráficos por variáveis	53
TABELA 7: Fórmulas para os gráficos por atributos	53
TABELA 8: Fórmulas para os Gráficos por Variáveis.....	53
TABELA 9: Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa	55
TABELA 10: Fatores que afetam a variabilidade do IROG	78
TABELA 11: Dados de IROG do mês de outubro 2009	79
TABELA 12: Valores Individuais, Médias e Amplitudes Móveis para os Dados de IROG do mês de outubro 2009	83
TABELA 13: Análise de detecção de causas especiais no mês de novembro 2009.....	89
TABELA 14: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3	91
TABELA 15: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de novembro.....	92
TABELA 16: Resultados do IROG sem reincidência de causas.....	92
TABELA 17: Resultados para o teste de igualdades de médias	94
TABELA 18: Metas x Resultados do IROG em Novembro 2009.....	94
TABELA 19: Metas x Comportamento das médias e variações do μ_{Global}	95
TABELA 20: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Dezembro 2009.....	97
TABELA 21: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3	99
TABELA 22: Resultados para o teste de igualdades de médias	101
TABELA 23: Metas x Resultados do IROG em Novembro 2009.....	101
TABELA 24: Metas x Comportamento das médias e variações do μ_{Global}	102
TABELA 25: Fatores que Afetam a Variabilidade do IROG	103
TABELA 26: Dados de IROG do mês de outubro 2009	104
TABELA 27: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Outubro 2009	108
TABELA 28: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Outubro.....	108
TABELA 29: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Novembro 2009.....	110
TABELA 30: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Novembro	110
TABELA 31: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Dezembro 2009.....	113
TABELA 32: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Outubro 2009.....	115

TABELA 33: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Novembro 2009	115
TABELA 34: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Dezembro 2009	116
TABELA 35: Resultados para o teste de igualdades de médias	116
TABELA 36: Resultados para o teste de igualdades de médias	116
TABELA 37: Fatores que afetam a variabilidade do IROG	119
TABELA 38: Análise de detecção de causas especiais no mês de Novembro 2009	121
TABELA 39: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Novembro	122
TABELA 40: Análise de detecção de causas especiais no mês de Dezembro 2009	125
TABELA 41: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Dezembro	125
TABELA 42: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Novembro 2009	127
TABELA 43: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Dezembro 2009	128
TABELA 44: Resultados para o teste de igualdades de médias	128
TABELA 45: Fatores que afetam a variabilidade do IROG	130
TABELA 46: Resultados para o teste de igualdades de médias	133
TABELA 47: Metas x Resultados do IROG	134
TABELA 48 : Resultados do IROG nos postos de trabalho estudados	140

LISTA DE ABREVIATURAS

CCR's – Capacity Constrained Resources

CEP - Controle Estatístico de Processos

CUBES – *Capacity Utilization of Bottleneck Equipment System*

GPT – Gestão do Posto de Trabalho (GPT)

IPA – Índice de Produtos Aprovados

IPO – Índice de Performance Operacional

IROG – Índice de Rendimento Operacional Global

ITO – Índice de Tempo Operacional

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

RPQ's – Recursos com Problemas de Qualidade)

TEEP – *Total Effectiveness Equipment Performance*

TPM – *Total Preventive Maintenance*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1.2 TEMA E QUESTÃO DE PESQUISA	20
1.3 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	21
1.3.1 Objetivo Geral	21
1.3.2 Objetivos Específicos	21
1.4 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA PARA A ACADEMIA E PARA A INDÚSTRIA	22
1.5 DELIMITAÇÃO	24
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2 REVISÃO CONCEITUAL	26
2.1 GESTÃO DO POSTO DO TRABALHO	26
2.2 A AVALIAÇÃO DO IROG NO CONTEXTO DA GPT.....	33
2.3 A VARIABILIDADE NOS PROCESSOS.....	43
2.3.1 Conceitos de Variabilidade	43
2.3.2 O Monitoramento da Variabilidade	46
3 METODOLOGIA	54
3.1 MÉTODO DE PESQUISA	54
3.2 MÉTODO DE TRABALHO	56
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA A SER ESTUDADA.....	57
4 PROPOSTA DE UM MODELO DA GPT COM A INCORPORAÇÃO DO MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE	58
4.1 MODELO CONCEITUAL PROPOSTO.....	58
4.1.1 Rotina de Médio e Longo Prazo	59
4.1.2 Rotina Diária	59
4.2 MODELO ATUALMENTE UTILIZADO PELAS EMPRESAS ESTUDADAS	60
4.2.1 Etapa Gerencial de Curto Prazo	60
4.2.2 Etapa Operacional de Médio e Longo Prazo	61
4.2.3 Etapa Gerencial Diária	66
4.3 MODELO PROPOSTO COM A INCORPORAÇÃO DOS EFEITOS DA VARIABILIDADE	70
4.3.1 Etapa Gerencial de Curto Prazo	70
4.3.2 Etapa Operacional de Médio e Longo Prazo	70
4.3.3 Etapa Gerencial Diária	73
5 DESCRIÇÃO DOS CASOS	74
5.1 DESCRIÇÃO DO CASO 1.....	74
5.1.1 Descrição do equipamento	74
5.1.2 Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa	75
5.1.3 Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG	77
5.1.4 Coleta de dados para avaliação da variabilidade	78
5.1.5 Cálculo e apresentação das estatísticas descritivas	79
5.1.6 Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado	81
5.1.7 Cálculo dos limites de controle para os gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle	82

5.1.8	Elaboração dos gráficos de controle e pré-controle para os dados coletados em outubro 2009	85
5.1.9	Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais	86
5.1.10	Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais para os meses posteriores	87
5.2	DESCRIÇÃO DO CASO 2	102
5.2.1	Descrição do equipamento	102
5.2.2	Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa	102
5.2.3	Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG	102
5.2.4	Coleta de dados para avaliação da variabilidade	103
5.2.5	Cálculo e apresentação das estatísticas descritivas	104
5.2.6	Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado	106
5.2.7	Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais	106
5.3	DESCRIÇÃO DO CASO 3	117
5.3.1	Descrição do equipamento	117
5.3.2	Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa	118
5.3.3	Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG	118
5.3.4	Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado	119
5.3.5	Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais	119
5.4	DESCRIÇÃO DO CASO 4	128
5.4.1	Descrição do equipamento	128
5.4.2	Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa	129
5.4.3	Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG	130
5.4.4	Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado	130
5.4.5	Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais	130
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
6.1	DISCUSSÃO	135
6.2	CONCLUSÃO	138
6.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	140
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos últimos anos, a globalização e a abertura dos mercados aumentaram os níveis de competitividade, expondo as organizações a um ambiente de busca contínua pela sobrevivência. As constantes reduções no tempo de vida útil dos produtos e no *lead time* (tempo de atravessamento) de entrega e, por consequência, de fabricação, bem como o aumento nos níveis de qualidade exigem a construção de sistemas de produção com excelência.

A competição entre as empresas tem aumentado nos mercados nacional e internacional. Esse acirramento da competição dá origem a uma “pressão competitiva”, que direciona as empresas para a busca de mais eficiência nas suas operações e nos processos de gestão (ANTUNES JR et al, 2008).

Para a elaboração de sistemas produtivos eficazes é necessário compreender com detalhes temas como a inserção das organizações nos mercados e as formas mais eficazes de combinar os fatores de produção, tendo em vista os custos relativos dos mesmos. Dentre esses últimos, cita-se: custo do trabalho, energia, depreciação, etc., e a associação com a lógica de utilização dos métodos e técnicas de gestão.

Chiaradia (2004) e Passos (2004) destacam a importância da busca da melhor eficiência no uso dos equipamentos para a indústria metal-mecânica brasileira. No Brasil, os custos com depreciação horária dos equipamentos de usinagem são, em média, maiores que os custos com mão de obra. Esta lógica se inverte em países como os Estados Unidos e o Japão. A tabela 1 apresenta os custos comparativos da célula de manufatura exemplificada por Passos (2004). A célula estudada foi projetada com 10 máquinas e 6 operadores, podendo representar uma situação real de empresas do segmento metal-mecânico.

TABELA 1: Análise comparativa dos custos de uma célula de manufatura

País	Brasil	EUA	Japão
Mão de obra/mês	US\$ 10.160,28	US\$ 96.085,44	US\$ 79.200,00
Equipamentos/mês	US\$ 15.500,00	US\$ 10.075,00	US\$ 10.075,00
Custo/mês	US\$ 25.660,28	US\$ 106.159,44	US\$ 89.275,00

Fonte: Passos; 2004

Outro ponto a considerar é o aumento da utilização da capacidade produtiva da indústria metal-mecânica de autopeças verificada nos últimos anos, provocado pelo significativo aumento da produção de automóveis no Brasil. Também é importante considerar que existe uma tendência nesta indústria da produção de uma variedade significativa de produtos associados a tamanhos de lotes cada vez menores, o que implica na necessidade de aumentar significativamente a flexibilização da produção, sob pena de que as eficiências globais dos equipamentos sejam reduzidas consideravelmente. As figuras 1, 2, e 3 apresentam dados relativos à produção de automóveis, ociosidade da capacidade produtiva da indústria brasileira de autopeças e a evolução da variedade de tipos de produtos de uma empresa deste segmento.

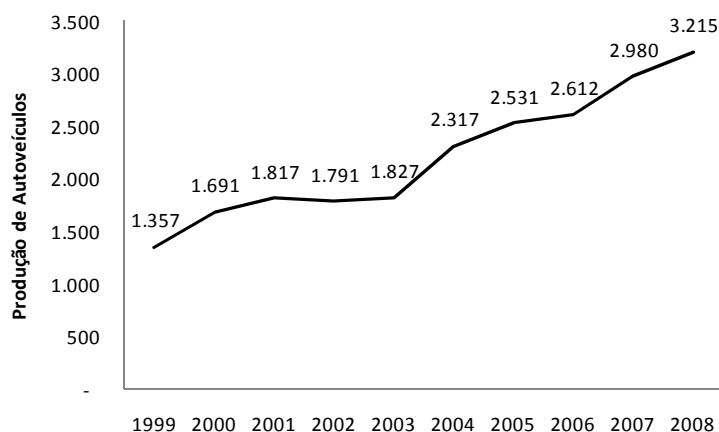


FIGURA 1: Produção de Automóveis no Brasil (em milhões de unidades)

Fonte: Anuário ANFAVEA 2009

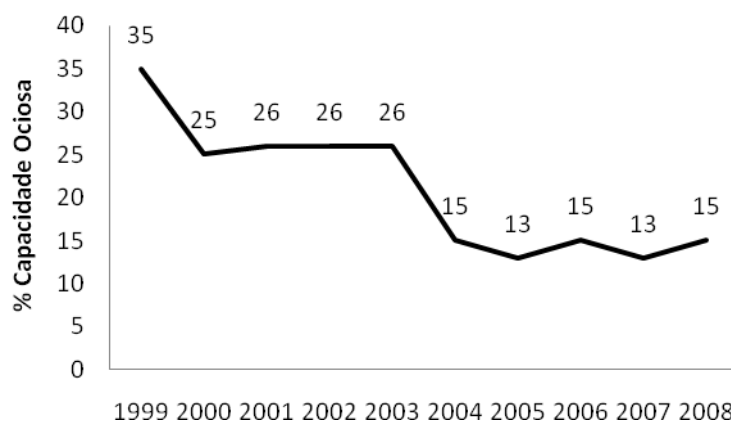


FIGURA 2: Capacidade Ociosa da Indústria de Autopeças no Brasil

Fonte: Desempenho do Setor de Autopeças 2009 – SINDIPEÇAS

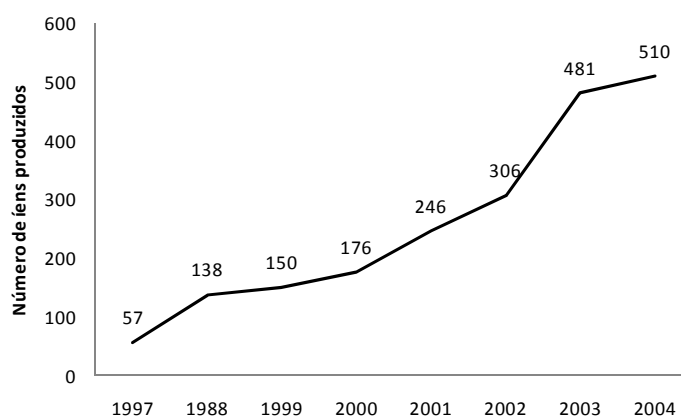


FIGURA 3: Aumento da variedade de itens em produção em uma empresa de autopeças no Brasil

Fonte: Antunes Jr. al, 2008

Uma das formas de melhorar a eficiência do sistema produtivo é o aprimoramento da gestão dos equipamentos ou postos de trabalho. Segundo Antunes e Klippel (2001), a Gestão do Posto de Trabalho (GPT) é um dos temas relevantes da gerência de produção atual. A GPT engloba a operação coordenada das áreas de produção, qualidade, processo, manutenção, segurança e melhorias, considerando a priorização de ações e recursos críticos, a medição de eficiência dos postos de trabalho e planos de melhoria voltados para os resultados globais da empresa.

A avaliação das eficiências dos postos de trabalho, proposta na GPT, é realizada pela medição do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). A

avaliação da eficiência tem origem conceitual no cálculo da OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) proposto por Nakajima (1989b). A avaliação da OEE combina fatores de tempo, velocidade e qualidade da operação, medindo o quanto cada um destes fatores contribui para aumentar o valor agregado do produto (SEIDEL, 2003).

Segundo Chiaradia (2004), o cálculo da OEE proposto por Nakajima considera apenas as perdas de eficiência relativas aos equipamentos. Chiaradia (2004) propôs a inclusão das perdas associadas a aspectos da gestão no cálculo da OEE, ampliando as abordagens de Jeong e Philips (2001) e Hansen (2002).

Para Hopp e Spearman (2001), a variabilidade está presente em todos os sistemas de produção e pode ter um grande impacto no seu desempenho. Por esta razão, a habilidade para medir, entender, e gerenciar a variabilidade é crítico para o gerenciamento efetivo da manufatura. Entre os elementos que afetam a variabilidade, pode-se citar: matérias-primas, método de trabalho, pessoas, condições ambientais, equipamentos, sistemas de medição e sistemas gerenciais.

Desta forma, a variabilidade dos processos pode influenciar os resultados das medições da IROG e impactar significativamente o gerenciamento do posto de trabalho. Algumas oscilações no IROG podem representar alterações devido a causas comuns de variação, que não representam mudanças nos patamares de desempenho (melhoria ou deterioração). Já no caso de causas especiais ou assinaláveis de variação torna-se importante a sua identificação mais próxima ao tempo das ocorrências, objetivando a tomada de ações de forma a reforçar mudanças positivas ou agir na correção ou mitigação de mudanças negativas. No caso de necessidade de melhoria de desempenho na utilização dos equipamentos, a correta identificação dos tipos de variação, causas comuns ou especiais, propicia a tomada de ações adequadas e consistentes.

As causas comuns correspondem a diversas pequenas fontes de variação de um processo que se encontra sob controle estatístico. As causas especiais consistem de situações específicas de uma máquina, operador, matéria-prima, meio ambiente ou método de medição que não seguem um padrão aleatório e contribuem de forma significativa para a variação. Um processo está sob controle estatístico quando apresenta somente causas comuns de variação com uma distribuição estável e repetitiva ao longo do tempo.

Segundo Deming (1990), confundir causas comuns com causas especiais de variação ocasiona frustração de todos, provoca um aumento da variabilidade e custos mais elevados.

Nenhum dos modelos propostos na literatura para avaliação da eficiência dos equipamentos ou postos de trabalho aborda os efeitos da variabilidade nos cálculos dos indicadores, no monitoramento dos resultados, na identificação de causas comuns e causas especiais de variação e na tomada de ações de melhoria adequadas. Entre estes modelos, menciona-se: OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Nakajima, 1989a e 1989b; Chiaradia, 2004), TEEP – *Total Effectiveness Equipment Performance* (Hansen, 2006), CUBES – *Capacity Utilization of Bottleneck Equipment System* (Jeong e Phillips, 2001) e IROG – Índice de Rendimento Operacional Global (Antunes e Klippel, 2001).

Desta forma, torna-se relevante o desenvolvimento de um modelo para avaliação dos índices de eficiência a serem utilizados na GPT que incorpore os efeitos e tipos de causas de variabilidade. A correta identificação das perdas e suas causas raízes, bem como a tomada de ações eficazes na gestão da rotina e da melhoria poderão proporcionar resultados efetivos e sustentáveis.

1.2 TEMA E QUESTÃO DE PESQUISA

A gestão do posto de trabalho proposta por Antunes e Klippel (2001) responde questões como a necessidade de focalizar as ações de rotina e melhoria nos recursos críticos, a utilização de um medidor de eficiência (IROG) que estimule a integração entre as áreas envolvidas, a execução de planos de melhoria unificados e sistêmicos que estimulem resultados globais da organização e a avaliação dos postos de trabalho críticos considerando-se os indicadores e os respectivos planos de ação de melhorias.

A avaliação da eficiência dos postos de trabalho ocorre pela medição e estratificação das parcelas que compõem o IROG (disponibilidade, desempenho e qualidade). Esta estratificação permite a identificação das seis grandes perdas propostas por Nakajima (1989a e 1989b) (quebra, *setup*/regulagens, ociosidade/pequenas paradas, redução de velocidade, defeitos de qualidade/retrabalhos e *startup*), acrescidas pela sétima perda (Gestão) proposta por Chiaradia (2004) que reduzem a eficiência dos postos de trabalho.

Através do desdobramento do cálculo de eficiência é possível identificar onde se encontram os potenciais de melhoria de eficiência da fábrica, permitindo o envolvimento de todas as áreas da empresa e auxiliando a liderança na administração dos recursos em suas áreas de negócios (CHIARADIA, 2004).

A variabilidade dos processos produtivos não é tratada nos modelos de avaliação da eficiência global dos equipamentos. Uma compreensão sobre os efeitos da variabilidade na avaliação do IROG, provavelmente, proporcionará uma melhor gestão do equipamento ou posto de trabalho. Esta poderá ocorrer pela correta identificação de causas comuns e causas especiais de variação, pela detecção de padrões de melhoria ou deterioração de desempenho, pela tomada de ações apropriadas sobre os processos e pelas melhorias de desempenho resultante da correta identificação das causas raízes.

Considerando os pontos acima, coloca-se a seguinte questão de pesquisa: Como a variabilidade dos processos produtivos afeta o IROG e seus desdobramentos para a Gestão do Posto de Trabalho?

Este trabalho aborda a incorporação do efeito da análise da variabilidade dos processos na gestão e monitoramento do IROG em postos de trabalho, utilizando como base empírica para construção e validação do modelo proposto, casos de quatro equipamentos em duas empresas do segmento metal mecânico do Estado do Rio Grande do Sul.

1.3 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da presente pesquisa consiste em propor um modelo de análise para verificar o impacto da variabilidade dos processos produtivos sobre o IROG e seus desdobramentos no contexto da Gestão do Posto de Trabalho (GPT).

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- estudo da Gestão do Posto de Trabalho no sistema produtivo do setor metal mecânico;

- estudo do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) no contexto da Gestão do Posto de Trabalho;
- estudo do efeito da variabilidade dos processos sobre o IROG e suas parcelas (índices de disponibilidade, desempenho e qualidade);
- proposta de um modelo de análise do impacto da variabilidade sobre o IROG e seus desdobramentos no contexto da GPT;
- avaliação do modelo proposto através de quatro estudos de caso no setor metal mecânico.

1.4 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA PARA A ACADEMIA E PARA A INDÚSTRIA

A GPT, através do seu medidor IROG, permite que as empresas monitorem e melhorem continuamente a eficiência de utilização dos seus recursos produtivos. Klippel et al (2003) e Klippel e Oliveira (2004) apresentam resultados positivos da aplicação da GPT em diferentes segmentos industriais. A melhoria do indicador IROG ocorre pela identificação das principais perdas e tomada de ações apropriadas.

O efeito da variabilidade nos processos produtivos não é considerado nos modelos de cálculo de eficiência dos equipamentos ou postos de trabalho (IROG, OEE, TEEP e CUBES). A tabela 2 apresenta os resultados de pesquisa em bases de periódicos internacionais, onde não foi constatada a existência de estudos que abordam os efeitos da variabilidade sobre o monitoramento e gestão dos indicadores de medição de eficiência. A pesquisa compreendeu o período de publicação entre os anos de 1996 até 2010 (março). Nesta pesquisa foi realizado o cruzamento de palavras-chaves como: OEE, TEEP, CUBES, TPM, *management*, *variation* e *variability*, *special causes* e *common causes*.

TABELA 2 : Periódicos pesquisados sobre estudos que abordam os efeitos da variabilidade sobre o monitoramento e gestão dos indicadores de eficiência

Bases	Periódicos
Emerald	Aircraft Engineering and Aerospace Technology Assembly Automation Integrated Manufacturing Systems International Journal of Operations & Production Management International Journal of Physical Distribution & Logistics Management International Journal of Productivity and Performance Management International Journal of Quality & Reliability Management Journal of Manufacturing Technology Management Journal of Quality in Maintenance Engineering The TQM Magazine Work Study
Science Direct	European Journal of Operational Research International Journal of Machine Tools and Manufacture International Journal of Production Economics Journal of Manufacturing Systems Journal of Operations Management Wear

A variabilidade pode afetar a definição de metas adequadas para os indicadores de eficiência, dificultar a detecção de mudança nos patamares de desempenho e a tomada de ações de melhoria apropriadas.

O desenvolvimento de um modelo que inclua o efeito da variabilidade na avaliação do IROG pode proporcionar um mecanismo para gestão eficaz do posto de trabalho pela correta identificação de causas de variação, detecção de tendências de desempenho e tomada de ações apropriadas, preenchendo uma lacuna nos modelos propostos.

Conforme já mencionado, a maximização da utilização dos ativos fixos é um dos fatores críticos para a competitividade da indústria metal-mecânica brasileira. A incorporação da variabilidade na avaliação do IROG e seus efeitos para a gestão dos postos de trabalho poderá proporcionar ganhos sustentáveis de competitividade e redução de custos.

O desenvolvimento de um modelo que incorpore a variabilidade no indicador IROG torna-se oportuno por possibilitar um processo mais acurado na gestão do posto de trabalho.

1.5 DELIMITAÇÃO

Este trabalho aborda a incorporação do efeito da variabilidade dos processos na gestão e monitoramento do IROG em quatro postos de trabalho de duas empresas do segmento metal mecânico do Estado do Rio Grande do Sul.

Os postos de trabalho estudados operavam com equipamentos de usinagem e prensas de estampagem, utilizados na produção seriada de itens discretos.

Foram analisados a gestão dos postos de trabalho estudados, os elementos da gestão que podem ser afetados pela variabilidade, o impacto da variabilidade sobre a gestão através do cálculo e avaliação do IROG e suas parcelas (índices de disponibilidade, desempenho e qualidade) e o desenvolvimento de um modelo para avaliação do IROG que incorpore a variabilidade dos processos e seus desdobramentos para a gestão dos postos de trabalho.

O modelo proposto foi testado em quatro postos de trabalho. Para tanto, foi envolvido o pessoal responsável pelo seu gerenciamento, incluindo os funcionários das áreas de produção, manutenção, engenharia, entre outras áreas ligadas.

A seguir, são citados alguns temas relacionados com a avaliação do IROG e a GPT que não serão abordados, por não se tratarem do foco principal deste estudo:

- os temas relativos ao TPM ou as ferramentas utilizadas, a partir do estudo do IROG, na melhoria de eficiência dos equipamentos;
- outros índices de avaliação de eficiência como, por exemplo: produtividade horária, custos de produção, índices de refugo, retrabalhos, etc;
- não foi analisada a atribuição das classificações de recursos gargalos, CCR's (Capacity Constraints Resources ou Recursos com Capacidade Restrita) ou RPQ's (Recursos com Problemas de Qualidade) para os equipamentos estudados, e;

- algumas limitações do indicador IROG, como a falta de sensibilidade do índice de qualidade para avaliação de processos com baixíssimos índices de refugos e/ou retrabalhos (baixos níveis de PPM), mas que podem impactar os clientes internos ou externos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em seis capítulos, a saber:

- Capítulo 1: introdução ao assunto com considerações iniciais, tema, questão de pesquisa, objetivo, importância, delimitação e estrutura;
- Capítulo 2: apresentação do referencial teórico que foi utilizado para a elaboração da dissertação;
- Capítulo 3: explicitação do método de pesquisa e do método de trabalho utilizado;
- Capítulo 4: apresentação de uma proposta de modelo para verificar o impacto da variabilidade dos processos produtivos sobre o IROG e seus desdobramentos no contexto da Gestão do Posto de Trabalho;
- Capítulo 5: apresentação e descrição de quatro postos de trabalho com as práticas de gestão aplicadas, os elementos da gestão que podem ser afetados pela variabilidade e o efeito da variabilidade sobre o IROG e suas parcelas;
- Capítulo 6: apresentação das discussões, conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO CONCEITUAL

A revisão conceitual abordará a Gestão do Posto de Trabalho, a Avaliação do IROG no contexto da GPT e a Variabilidade nos Processos.

2.1 GESTÃO DO POSTO DO TRABALHO

A concepção geral que norteia a abordagem da Gestão dos Postos de Trabalho (GPT) consiste em aumentar a utilização dos ativos (equipamentos, instalações e pessoal) nas organizações, visando a otimização dos mesmos, aumentando a sua capacidade e a flexibilidade da produção, sem que seja necessária a realização de investimentos adicionais (KLIPPEL et al., 2004).

Antunes e Klippel (2001) afirmam que as abordagens sobre as atividades de rotina e melhorias dos postos de trabalho acompanham a evolução histórica da engenharia de produção. O conceito de sistema e suas implicações vêm alterando a forma de pensar sobre os Sistemas Produtivos. Os conceitos, princípios e técnicas do Sistema Toyota de Produção (STP) e da Teoria das Restrições (TDR) indicam a necessidade de modificar a forma como a GPT vem sendo realizada nas organizações.

Antunes e Klippel (2001) destacam as duas óticas sistêmicas para interpretação do STP apresentadas por seus autores clássicos Shingo (1996a e 1996b) e Ohno (1997). A primeira está relacionada com a melhoria incremental e radical do fluxo de matérias-primas e/ou materiais no tempo e no espaço. Estas melhorias são abordadas pela sincronização da produção e pelas melhorias nas operações mais lentas do sistema produtivo. No STP, a efetivação desta ótica é realizada pela utilização de duas ferramentas básicas: o *Kanban* e a idéia de *Takt-Time* - que está vinculado diretamente com a noção de fluxo unitário de peças. Antunes e Klippel (2001) também destacam a existência de outras formas de gestão do fluxo de materiais na organização como os sistemas clássicos do tipo MRP/MRP II – tanto em termos de *software* como manuais - e a lógica do tipo Tambor-Pulmão-Corda (TPC) defendida no âmbito da Teoria das Restrições (GOLDRATT e COX, 1997).

A segunda ótica aborda a melhor forma de gestão dos postos de trabalho, incluindo o gerenciamento conjunto e unificado das pessoas e equipamentos (ou de

forma mais ampla, incluindo temas como: ferramentais, instruções de trabalho, ergonomia, gestão dos recursos humanos, etc.). Como base para esta análise será adotada a visão da chamada Gestão Sistêmica, Unificada/Integrada e voltada para as melhorias do processo ou, alternativamente, voltada para os resultados. Através da GPT, com a medição do IROG, pode ser analisado um amplo conjunto de tópicos entre os quais se inclui: troca rápida de ferramentas, paradas das máquinas devido a problemas de manutenção propriamente dita, queda de velocidade das máquinas (processo), qualidade (refugos e retrabalhos), operação em vazio da máquina, falta de operadores, etc. As melhorias no Posto de Trabalho devem ser executadas a partir das operações que restringem a correta operação do sistema de produção tanto em termos qualitativos como quantitativos. Na lógica do STP, esta prática é evidenciada em fábricas que utilizam plenamente o sistema *Kanban*.

A Teoria das Restrições (TDR) propõe que os sistemas de produção sejam geridos a partir das suas restrições visando alcançar a meta de “Gerar Dinheiro Hoje e no Futuro”. Para atingir este objetivo é proposta a adoção de indicadores globais e operacionais. Os indicadores globais são o lucro líquido, retorno sobre o investimento e caixa. Já os indicadores operacionais são o ganho, despesas operacionais e inventários.

Conforme Goldratt e Cox (1997), a TDR é desdobrada pela utilização dos 5 passos expostos abaixo:

Passo 1 – Identificar as restrições do sistema;

Passo 2 – Utilizar da melhor maneira possível as restrições do sistema;

Passo 3 – Subordinar todos os demais recursos à decisão tomada no Passo 2;

Passo 4 – Elevar a Capacidade das Restrições;

Passo 5 – Voltar ao passo 1, não deixando que a inércia tome conta do sistema.

Dias (2005) destaca a necessidade inicial de classificação dos recursos disponíveis no processo produtivo, possibilitando a análise dos procedimentos de intervenção e tratamento dos principais tipos de recursos quanto à sua forma de gestão. Esta fase do processo é importante uma vez que o tratamento do recurso depende do seu grau de importância dentro do processo produtivo. A classificação e

o tratamento apresentados sugerem a utilização dos conceitos, princípios e técnicas da TDR. Considerando uma macro-classificação inicial, pode-se dizer que os recursos produtivos estão classificados em recursos críticos e recursos não-críticos. Para a TDR, e conseqüentemente para a implementação da GPT, os recursos críticos são aqueles que restringem um aumento de produtividade, e desta maneira limitam a meta principal de uma empresa, ou seja, “ganhar dinheiro hoje e no futuro”.

Conforme Klippel et al (2004), os recursos críticos podem ser divididos em três classificações: Gargalos, Recursos com Capacidade Restrita (*Capacity Constraints Resources* - CCRs) e Recursos com Problemas de Qualidade (RPQ). Os Gargalos são os recursos cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender a demanda do mercado. Estes recursos são aqueles com menor capacidade dentro do processo produtivo e determinam o ritmo de produção para a fábrica. Os CCRs são os recursos que, em média, apresentam capacidade de produção superior à demanda de mercado, porém quando estes recursos não são apropriadamente programados e gerenciados, podem apresentar os efeitos de um recurso gargalo através de um pico de desbalanceamento entre a sua demanda e respectiva capacidade. Os RPQs também são críticos para a gestão de um sistema produtivo. A gestão dos RPQs se faz importante principalmente quando estes recursos se localizam após um recurso gargalo no fluxo de produção.

Dias (2005) afirma que, para o gerenciamento do posto de trabalho dos recursos críticos, torna-se necessária uma mudança de cultura organizacional. Todos os colaboradores envolvidos com um posto de trabalho crítico devem compreender e aplicar a gestão de maneira que estes recursos sejam sempre prioritários em relação aos recursos não-críticos.

Conforme Dias (2005), algumas questões importantes englobam a operação de um posto de trabalho, considerando que muitos fatores e relações influenciam a maneira pela qual um recurso produtivo se comporta. Estas relações se devem às ações e intervenções realizadas nos recursos, envolvendo diversas áreas e profissionais da organização. A seguir são apresentados alguns exemplos:

- Produção: através da gestão da produtividade realizada pelos operadores e supervisores da área;

- Qualidade: através da análise da qualidade dos produtos fabricados e índices de refugo e retrabalho;
- Processo: através da análise de valor, buscando aumentar o valor agregado durante o processamento dos produtos;
- Manutenção: buscando o aumento da eficiência dos postos de trabalho através da Manutenção Produtiva Total (TPM);
- Segurança: envolvendo as questões relativas às condições de trabalho e ergonomia;
- Melhorias: na busca do aumento da produtividade e redução das paralisações.

Hurley (1996) também destaca a importância do recurso restritivo para um sistema de produção e a necessidade de ser operado por pessoal altamente treinado, bem como a priorização para aplicação de programas como TPM e redução de *setups*.

Delbridge e Barton (2002) enfatizam a importância dos papéis dos trabalhadores do chão de fábrica, técnicos e outros profissionais, no compartilhamento e aplicação de conhecimento na solução de problemas e na busca de melhoria contínua dos sistemas produtivos.

Segundo Abrahamsson e Gerdin (2006), nas últimas décadas, vários métodos foram introduzidos para aumentar a eficiência na produção (incluindo, TQM, JIT e Produção Enxuta). Em parte, estes métodos exploram diferentes idéias, mas também comungam algumas características comuns. Uma destas características é a ênfase na necessidade da organização trabalhar estimulando a comunicação e cooperação lateral (em oposição a organização vertical e hierárquica). Outro denominador comum é a necessidade de múltiplas habilidades e um aumento do volume de trabalho, o que implica que todos os empregados, incluindo os operadores da fábrica, devam participar no planejamento e melhoria dos processos produtivos.

Antunes e Klippel (2001) apresentam alguns questionamentos que surgem ao analisar a GPT de forma mais abrangente:

- quais são as prioridades que devem ser seguidas pelos operadores nas atividades de rotina e de melhorias a serem realizadas no posto de trabalho?
- as prioridades de ações no dia a dia, em termos de todos os postos de trabalho, devem ser as mesmas? Se não, como definir estas prioridades para cada caso em particular?
- todos os postos de trabalho devem ser gerenciados de forma similar?
- existe algum indicador capaz de envolver e integrar os diferentes atores que trabalham junto ao posto de trabalho? Como este indicador pode auxiliar na lógica de gerenciamento da rotina e das melhorias no posto de trabalho na organização?

Antunes e Klippel (2001) destacam a necessidade do envolvimento de diferentes profissionais ou especialistas na gestão de um dado posto de trabalho. Desta forma, torna-se importante a ação coordenada destes profissionais na busca de um objetivo comum. Na GPT é importante considerar ações de forma a:

- focalizar as ações de gestão das rotinas e melhorias nos recursos críticos;
- utilizar um medidor de eficiência nos postos de trabalho críticos que permita e estimule a integração entre todos os setores envolvidos;
- realizar planos de melhorias sistêmicos, unificados, visando atingir os resultados globais pretendidos pela organização;
- avaliar os postos de trabalho críticos levando em consideração os indicadores e os respectivos planos de ação de melhorias.

As ações eficazes de melhorias nos postos de trabalho pressupõem atividades conjuntas e coordenadas, incluindo o pessoal responsável pelo processo, manutenção, troca rápida de ferramentas, qualidade, produção, ergonomia, etc. Neste sentido é preciso “romper” as lógicas segmentadas, tipicamente associadas às noções tayloristas, de tratamento do problema da GPT nas organizações (KLIPPEL et al., 2003).

Conforme Antunes e Klippel (2001), a estrutura lógica da abordagem proposta na GPT compreende cinco elementos fundamentais: (1) Entradas do Sistema; (2) Processamento propriamente dito; (3) Saídas do Sistema; (4) Treinamento e (5) Gestão do Sistema. A figura 4 apresenta esta estrutura lógica:

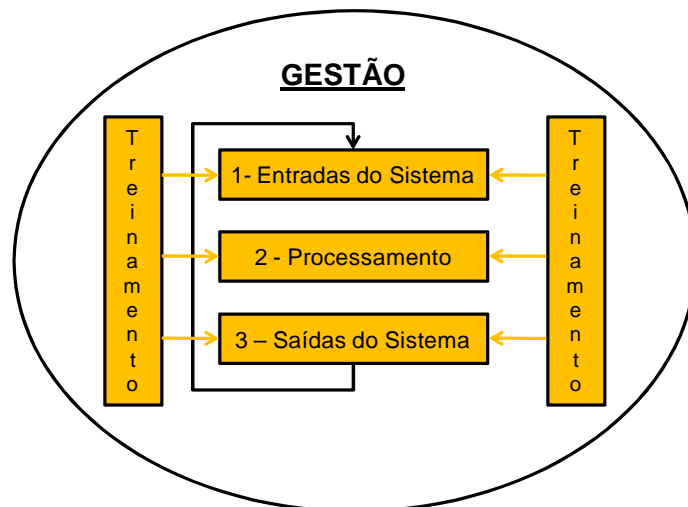


FIGURA 4: Estrutura de Gestão do Posto de Trabalho

Fonte: Antunes e Klippel, 2001

As questões relacionadas com as Entradas do Sistema consistem o conjunto de postos de trabalho que serão considerados, utilizando-se informações sobre demanda e capacidade a partir do Planejamento, Programação e Controle da Produção e Materiais (PPCPM) e informações do pessoal envolvido, como programadores da produção, supervisores de fábrica e analistas da qualidade.

Quanto ao Processamento do Sistema, após a definição dos postos de trabalho críticos, propõe-se a abordagem com a lógica de uma “Gestão Sistêmica, Unificada/Integrada e Voltada aos Resultados”. Gestão Sistêmica, pois deve-se considerar a visão sistêmica da fábrica como um todo, implicando na subordinação da utilização dos recursos de melhorias dos postos de trabalho. Gestão Unificada/Integrada na medida em que as ações nestes postos de trabalho sejam feitas de forma conjunta entre os profissionais envolvidos. Ainda, a Gestão Voltada aos Resultados, ou seja, as melhorias nos indicadores destes postos de trabalho devem levar à melhoria dos resultados gerais da organização. Para tanto, é necessário calcular as eficiências destes postos de trabalho a partir do cálculo do índice de rendimento operacional global (IROG).

As Saídas do Sistema permitem direcionar o gerenciamento das restrições para as atividades de rotina e para a realização de melhorias na organização. O treinamento viabiliza a GPT segundo a lógica proposta, sendo necessário o treinamento/capacitação de todos os envolvidos no processo, abordando desde o

preenchimento correto do diário de bordo até o entendimento da concepção geral do método proposto.

Por fim, a Gestão do Sistema se dá através da realização de reuniões periódicas, específicas, tais como: reuniões entre os gerentes/supervisores de produção; reuniões com a Gerência Industrial, entre outras.

Dias (2005) apresenta o conjunto de etapas necessárias para compor os procedimentos para implementação da GPT. Estes procedimentos têm por objetivo descrever as etapas necessárias para que uma empresa seja bem sucedida na implementação desta abordagem. As etapas gerais e procedimentos para a implantação da GPT, de acordo com a priorização segundo o IROG nos recursos críticos do fluxo de produção em uma organização, estão descritas resumidamente na figura 5.

ETAPAS DA GESTÃO DO POSTO DE TRABALHO
1. Definição de um grupo de trabalho dentro da organização responsável pela implantação da Gestão dos Postos de Trabalho através do gerenciamento dos recursos críticos.
2. Definição da metodologia para elaborar o cálculo do IROG, propriamente dito, dos Postos de Trabalho Críticos.
3. Cálculo do IROG dos Postos de Trabalho.
4. Análise detalhada das causas das paradas explicitadas no cálculo do IROG.
5. Elaboração de planos detalhados de melhorias para as principais causas de redução do IROG dos Postos de Trabalho.
6. Geração de um painel visual para a gestão do IROG dos Postos de Trabalho / Equipamentos Críticos identificados na Empresa.
7. Medição contínua do IROG nas Máquinas Críticas
8. Implantação da Gestão dos Postos de Trabalho através da gestão do IROG dos Equipamentos Críticos.

FIGURA 5: Etapas para a implementação da GPT

Fonte: Dias, 2005

Antunes e Klippel (2001) apresentam os seguintes resultados práticos passíveis de serem obtidos através da aplicação do método para a GPT:

- no caso da existência de gargalos internos ao Sistema Produtivo pode ser alcançada uma melhoria do TEEP, com a utilização de um nível baixo de investimento, o que acarretará ganhos significativos no desempenho econômico da organização;
- o controle do desempenho da rotina dos equipamentos permite obter o desempenho econômico global projetado pela organização, sem a utilização de recursos adicionais (horas-extras, contratação de pessoal desnecessário, etc.);

- permitir a gestão global do sistema produtivo com foco nas restrições. Desta forma, os gerentes, supervisores e trabalhadores podem focar seus esforços de melhorias nos postos de trabalho críticos (gargalos, CCRs e recursos com problema de qualidade);
- o Sistema permite a definição da capacidade produtiva real da fábrica, na medida em que a mesma é o resultado da produtividade horária do posto de trabalho gargalo multiplicado pela eficiência do mesmo - IROG. A medida do IROG é essencial para o cálculo da capacidade real da organização;
- deixar claro aos trabalhadores em seus respectivos postos de trabalho as prioridades das rotinas de trabalho e atividades de melhorias a serem buscadas continuamente.

2.2 A AVALIAÇÃO DO IROG NO CONTEXTO DA GPT

Segundo Antunes et al (2008), a abordagem da GPT não implica em uma inovação radical nas formas de gestão, mas sim uma reordenação e reconceitualização de práticas já existentes, considerando os conceitos de visão sistêmica, integrada/unificada e voltada para os resultados. Desta forma, um ponto chave para a implementação da GPT é a avaliação das eficiências destes postos de trabalho, realizado a partir do cálculo do índice de rendimento operacional global (IROG).

A avaliação do IROG na abordagem da GPT representa o acompanhamento do desempenho dos postos de trabalho e a identificação dos pontos e elementos para a otimização da sua eficiência.

A capacidade de registrar os indicadores chaves e investigar como a produção contribui para o desempenho global é de vital importância para avaliar e compreender como realizar medições de perturbações nos processos de fabricação (JONSSON e LESSHAMMAR, 1999).

A adoção do IROG como medidor e a melhoria das eficiências dos postos de trabalho críticos pressupõem, dentro dos princípios da GPT, a ação integrada das diferentes áreas ou funções da organização (produção, qualidade, manutenção, processo, grupos de melhoria, troca rápida de ferramentas, etc).

A origem da avaliação da eficiência de equipamentos está vinculada ao cálculo da OEE proposto por Nakajima (1988) no âmbito da TPM (*Total Preventive Maintenance*). O cálculo da OEE exerce um papel fundamental na maximização da eficiência dos equipamentos, por tratar-se da métrica que não somente gera o resultado de eficiência, como permite análises mais detalhadas das perdas a partir do desdobramento do cálculo (CHIARADIA, 2004).

Hansen (2006) apresenta as perdas e ineficiências como uma fábrica escondida, representando uma parcela do recurso da empresa que não está sendo aproveitado.

As perdas, de acordo com Nakajima (1989b), Ljungberg (1998) e Tajiri e Gotoh (1992), podem ser classificadas em duas categorias, crônicas e esporádicas, dependendo da frequência e intensidade com que ocorrem. As perdas crônicas são geralmente pequenas em intensidade e de difícil visualização. Também são de difícil identificação por serem resultado de várias causas concorrentes. As perdas esporádicas são mais evidentes, uma vez que ocorrem rapidamente e representam grandes desvios do estado normal. Elas ocorrem de forma irregular, e os seus efeitos dramáticos são geralmente considerados problemas sérios. As perdas crônicas também podem levar a problemas sérios, que resultam na baixa utilização de equipamentos e custos elevados, em função de ocorrerem repetidamente, mesmo considerando o efeito individual menor. As perdas crônicas são mais difíceis de serem identificadas, uma vez que podem ser vistas como o estado normal de operação. A figura 6 apresenta o comportamento típico das perdas esporádicas e crônicas nas medições de eficiência.

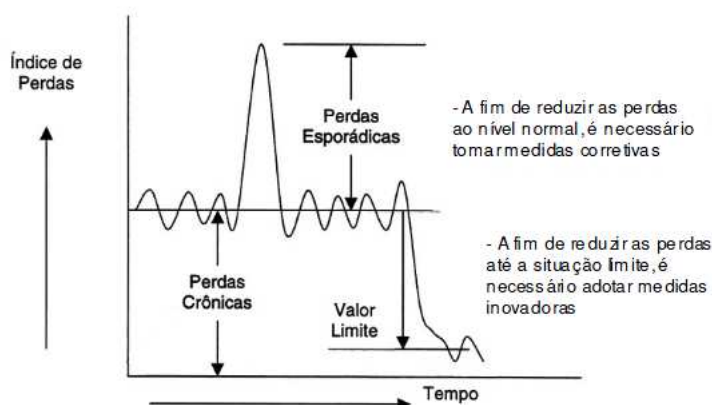


FIGURA 6: Comportamento das Perdas Esporádicas e Crônicas
Fonte: Chiaradia (2004)

Jonsson e Lesshammar (1999) e Dal et al (2000) descrevem as seis grandes perdas definidas por Nakajima (1989b):

1. Perdas por Parada do Equipamento: são classificadas como perdas de tempo quando a produtividade é reduzida e como perdas de quantidade quando causadas por produtos defeituosos.
2. Perdas por *Set-up* e Ajustes: resultam do tempo de parada e de produtos defeituosos, que ocorrem quando a produção de um item é encerrada e o equipamento é ajustado para atender os requisitos de outro item.

As duas primeiras grandes perdas são conhecidas como perdas por tempo de parada, e são utilizadas para ajudar a calcular o valor verdadeiro para a disponibilidade do equipamento.

3. Perdas por Operação em Vazio ou Pequenas Paradas: ocorre quando a produção é interrompida por mau funcionamento temporário do equipamento ou se o mesmo está sem alimentação de materiais.
4. Perdas por Redução de Velocidade: refere-se à diferença entre a velocidade projetada e a velocidade de operação atual.

A terceira e quarta grandes perdas são perdas de velocidade que determinam o desempenho da máquina, isto é, as perdas que ocorrem como uma consequência de operar abaixo das condições ótimas.

5. Rendimento Reduzido: ocorre durante os estágios iniciais da produção, do arranque da máquina até a sua estabilização.
6. Quebras e Retrabalhos de Qualidade: são perdas na qualidade causadas pelo mau funcionamento do equipamento de produção.

As duas perdas finais são consideradas como perdas devido a defeitos, sendo que um número grande de ocorrências, significa uma taxa menor de qualidade das peças dentro da fábrica.

O modelo de perdas de Nakajima (1989a e 1989b) considerava apenas as perdas vinculadas aos equipamentos no cálculo das eficiências. A partir deste modelo, Chiaradia (2004) inseriu uma sétima perda ao modelo original, denominada Perda por Gestão, ampliando as abordagens de Hansen (2006) e Jeong e Phillips (2001) que já tratavam perdas do sistema de produção. A integração das áreas de

apoio tem como objetivo aumentar a agregação de valor e a redução dos custos de produção. A figura 7 apresenta a relação entre o IROG e as sete perdas. Além da inclusão da perda por gestão, Chiaradia (2004) vincula a perda por queda de rendimento ao índice de disponibilidade, alterando a classificação original de Nakajima (1989a e 1989b) que vinculava ao índice de qualidade. As medições de IROG nas empresas estudadas seguem a classificação de Chiaradia (2004).

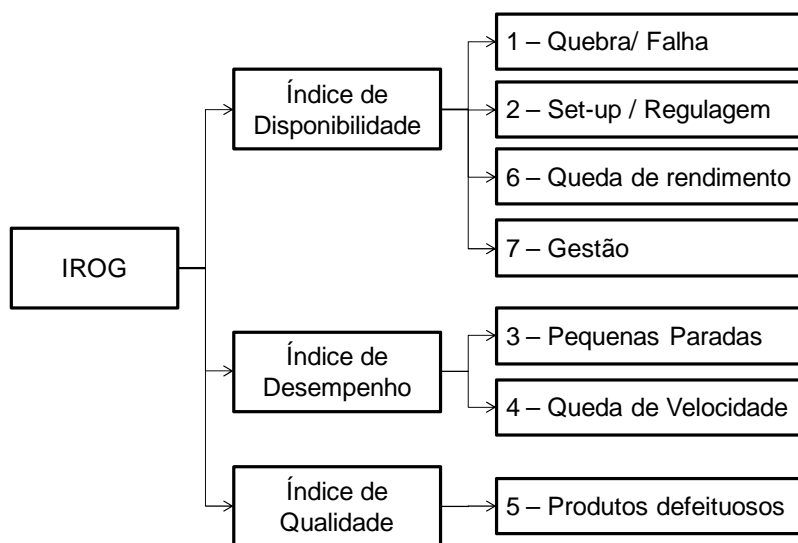


FIGURA 7: Relação entre o IROG e as sete perdas
Fonte: Adaptado de Chiaradia (2004)

As perdas por gestão se caracterizam por situações não associadas diretamente ao equipamento, mas que impedem que o equipamento permaneça em produção. As perdas por gestão podem ser classificadas programadas e não programadas. A perda por gestão programada não entra no cálculo do tempo de carga, não afetando o resultado da IROG, enquanto que a perda não programada recebe o mesmo tratamento das demais perdas do índice de disponibilidade, afetando o resultado final da IROG (CHIARADIA, 2004).

A figura 8 apresenta a relação entre as perdas do índice de disponibilidade e a tipologia de paradas baseada em uma empresa do segmento metal-mecânico.

1- Perda por Quebra/Falha	1	Manutenção Corretiva - Mecânica
	2	Manutenção Corretiva - Eletrônica
	3	Manutenção Corretiva - Preset
	5	Falha Energéticos (Ar, Água, Energia, etc)
	6	Regulagem de Máquina
	8	Troca de Ferramentas de Corte
2- Perda por Setup e Regulagens	7	Setup
3- Perda por Queda de Rendimento	9	Aquecimento
7A- Perda por Gestão (Paradas Programadas)	10	Refeição
	13	Ginástica Laboral
	16	Sem Programação de Produção
7B- Perda por Gestão (Paradas não programadas)	4	Manutenção Preventiva
	11	Reunião
	12	TPM Operador
	14	Engenharia / Protótipo
	15	Preenchimento de Documentação
	17	Falta de Peças
	18	Falta de Matéria-prima
	19	Falta de Dispositivo / Documentação
	20	Falta de Ferramenta
	21	Aguardando Liberação Dimensional
	22	Transporte de Peças
	23	Falta de Operador
	24	Operador Fazendo Outra Operação
	25	Aferição de Dispositivos
26	Aguardando Operação Posterior	

FIGURA 8: Perdas de Disponibilidade e tipologia de paradas
Fonte: Chiaradia (2004)

As medições de eficiência dos equipamentos podem ser aplicadas em três diferentes níveis dentro de um ambiente de produção. No primeiro, como um referencial (*benchmark*) para avaliar o desempenho inicial de uma fábrica como um todo. Estas medições iniciais poderão ser comparadas com valores futuros, de forma a quantificar o nível de melhoria realizado. No segundo nível, o cálculo de eficiência pode ser realizado para uma linha de fabricação, podendo ser usado na comparação de desempenho com toda a fábrica e ressaltando as linhas com piores desempenhos. Em terceiro, no nível de máquinas individuais, podendo identificar qual é a máquina de pior desempenho e, portanto, indicar onde concentrar os recursos (NAKAJIMA, 1989b ; DAL et al, 2000)

Nakajima (1989b), Jonsson e Lesshammar (1999), Dal et al (2000), Nachiappan e Anantharaman (2006), Jeong e Phillips (2001), Hansen (2006) e Klippel et al (2004) apresentam os métodos e fórmulas para o cálculo de eficiência (OEE, TEEP e IROG) de equipamentos ou postos de trabalho.

Na seqüência serão apresentados os desdobramentos das equações utilizadas para o cálculo das eficiências adaptadas por Klippel et al (2004) à gestão do posto de trabalho.

A equação 1 apresenta a fórmula do cálculo do IROG – Índice de Rendimento Operacional Global dos postos de trabalho:

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{T} \quad (1)$$

onde: tp = tempo de ciclo ou tempo padrão de um produto i
q = quantidade do produto i
T = tempo disponível

A multiplicação do tempo de ciclo de um produto pela quantidade produzida deste produto em um determinado equipamento, corresponde ao tempo de agregação de valor deste equipamento no processo de produção, ou seja, o tempo que o equipamento funcionou adicionando valor ao produto em processo.

O tempo de ciclo é o tempo que um operador devidamente treinado processa uma peça em um equipamento específico, de forma a realizá-la em ritmo normal. Isto significa não executar a tarefa de forma acelerada, possibilitando manter este ritmo durante todo o período de trabalho, e não realizá-la de forma muito lenta, como ocorre quando um operador se encontra em fase de treinamento ou não está familiarizado com a operação. Desta forma, é fundamental a existência de padrões operacionais documentados.

Klippel et al (2004) destacam que o IROG deve ser calculado de forma diferente dependendo se o posto de trabalho for um recurso restritivo ou não. O tempo disponível T deve ser considerado de forma diferente. O cálculo do IROG é feito considerando:

- se o posto de trabalho é um recurso crítico ou gargalo, o indicador IROG é denominado de TEEP - Produtividade Efetiva Total do Equipamento (*Total Effective Equipment Productivity*). O tempo T considerado na equação 1 é o tempo total – no caso dos recursos críticos gargalos, 24 horas/dia ou 1440 min/dia. Considerando que o posto de trabalho é um gargalo, todo o tempo disponível deve ser utilizado na produção. Este índice indica o tempo que pode ser ganho para produzir e corresponde a produtividade real do sistema produtivo no gargalo;

- se o posto de trabalho é um recurso crítico não gargalo (CCRs e RPQs), o indicador IROG é denominado de OEE - Índice de Eficiência Global (*Overall Equipment Efficiency*). O tempo T considerado na equação 1 é o tempo disponível, obtido pela diferença entre o tempo total e o tempo das paradas programadas. Por não se tratar de um posto de trabalho gargalo, é possível programar certas paradas (almoço, ginástica laboral, etc.), uma vez que a não paralisação deste equipamento geraria estoques intermediários antes do gargalo. Este índice indica a eficácia do equipamento durante o tempo de operação programado.

O cálculo da eficiência global dos equipamentos pode ser desdobrado com a finalidade de identificar as principais causas das ineficiências (ou perdas) observadas nos postos de trabalho.

A equação 1 anteriormente apresentada para o cálculo do IROG, também pode ser expressa em função dos seguintes índices de eficiência:

$$\mu_{global} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (2)$$

onde: μ_1 = Índice de Tempo Operacional (ITO)
 μ_2 = Índice de Performance Operacional (IPO)
 μ_3 = Índice de Produtos Aprovados (IPA)

O ITO corresponde ao tempo em que o equipamento ficou disponível, excluindo-se as paradas não programadas. É relacionado, portanto, com a parada do equipamento, isto é, quando a velocidade do mesmo cai a zero, sendo calculado pela seguinte equação:

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo Total} - \sum \text{Tempo Paradas}}{\text{Tempo Total}} \quad (3)$$

onde: Tempo Total = corresponde ao tempo total programado (tempo disponível)
 Tempo Paradas = corresponde ao tempo de paradas não programadas

Um baixo valor para o ITO indica que o equipamento sofreu muitas paradas não programadas. O Tempo Total a ser considerado na equação 3 se refere ao tempo em que o recurso ficou disponível. Se por questões de demanda de mercado o recurso for programado em menos tempo, este deve ser o tempo considerado na equação. Este raciocínio é diferente se, por exemplo, o recurso ficar parado devido à

falta de peças por outros motivos (diferentes da falta de programação). Isto porque, havendo a programação de operação, o recurso estava disponível neste período, devendo ser considerado o Tempo Total. Os recursos que processam pouca variedade de peças têm a tendência de ter um ITO elevado devido a pouca necessidade de paradas para *setup*. Quando há grande variedade de peças, são exigidos muitos *setups* e, as paradas aumentam consideravelmente.

O ITO está relacionado com as perdas por Parada do Equipamento e *Setup/Ajustes* da abordagem de Nakajima (1989b), acrescidas pela perda por Gestão proposta por Chiaradia (2004).

O IPO corresponde à *performance* do recurso, sendo calculado em função do tempo disponível e a redução da velocidade, operação em vazio e paradas momentâneas do mesmo. Está relacionado com a queda de velocidade do recurso (velocidade diferente da nominal e diferente de zero), sendo calculado pela equação 4:

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo Total} - \sum \text{Queda Velocidade}}{\text{Tempo Total}} \quad (4)$$

Estas paradas são de difícil mensuração. O índice de *performance* também pode ser calculado a partir da equação 2, anteriormente apresentada, como segue:

$$\mu_2 = \frac{\mu_{global}}{\mu_1 \times \mu_3} \quad (5)$$

Existem basicamente duas causas para que o IPO tenha um valor baixo:

- causas técnicas, como por exemplo, operação em vazio por falta de alimentação de peças (sem agregação de valor) ou tempo de ciclo muito alto (redução da velocidade de processamento) em função da falta de treinamento do operador (ocorrendo a agregação de valor, porém com ritmo do tempo de ciclo menor);
- falta de dados no Diário de Bordo, quando o operador não registra os motivos das paradas (como por exemplo, um número elevado de pequenas paradas não registradas pelo operador, mas que no somatório acabam ocasionando

um tempo de paralisação elevado, influenciando diretamente para um baixo valor do índice).

O IPO está relacionado com as perdas por Operação em Vazio ou Pequenas Paradas e as perdas por Redução de Velocidade da abordagem de Nakajima (1989b).

O IPA está relacionado com a qualidade das peças produzidas, sendo calculado em função do tempo de operação real, excluindo o tempo gasto com refugo e/ou retrabalho, através da equação 6:

$$\mu_3 = \frac{\text{Tempo Operação Real} - \sum \text{Tempo (Refugo + Retrabalhos)}}{\text{Tempo Operação Real}} \quad (6)$$

O IPA também pode ser calculado, caso não sejam conhecidos os tempos da equação 6, em função das quantidades produzidas conformes e não conformes, pela equação 7:

$$\mu_3 = \frac{\sum \text{Peças Boas Produzidas} - \sum \text{Peças Refugadas e/ou Retrabalhadas}}{\sum \text{Peças Boas Produzidas}} \quad (7)$$

Este índice está relacionado com o desempenho da qualidade do processo produtivo. Pode ser de fácil visualização, considerando que normalmente o equipamento é imediatamente paralisado após a constatação da fabricação de produtos defeituosos e a necessidade imediata de correção do defeito que está originando o retrabalho ou refugo.

Conforme Klippel *et al* (2004), a produtividade horária determina a quantidade de peças produzidas em um determinado posto de trabalho durante o período de uma hora. A questão importante acerca da produtividade horária consiste no fato de que esta indica a quantidade que deveria ser produzida em uma hora, com eficiência de produção de 100%. A capacidade real do posto de trabalho consiste no fator entre a produtividade horária e a eficiência global do recurso, ou seja, o IROG.

Klippel *et al* (2004) apresentam exemplo considerando um recurso gargalo com uma produtividade de 450 peças por hora e um IROG calculado de 62%. Neste caso, a capacidade real deste recurso seria de:

$$\text{Capacidade} = 450 \times 0,62 = 279 \text{ peças/ hora} \quad (8)$$

Este exemplo explicita a importância do cálculo de eficiência do recurso crítico. A primeira avaliação de capacidade considerando 450 peças por hora com 100% de eficiência dificilmente é atingida. O valor de 279 peças por hora com 62% torna-se uma avaliação mais acurada da capacidade média do gargalo (ou da fábrica).

A figura 9 apresenta a relação entre as parcelas do IROG, as perdas e cálculo dos índices.

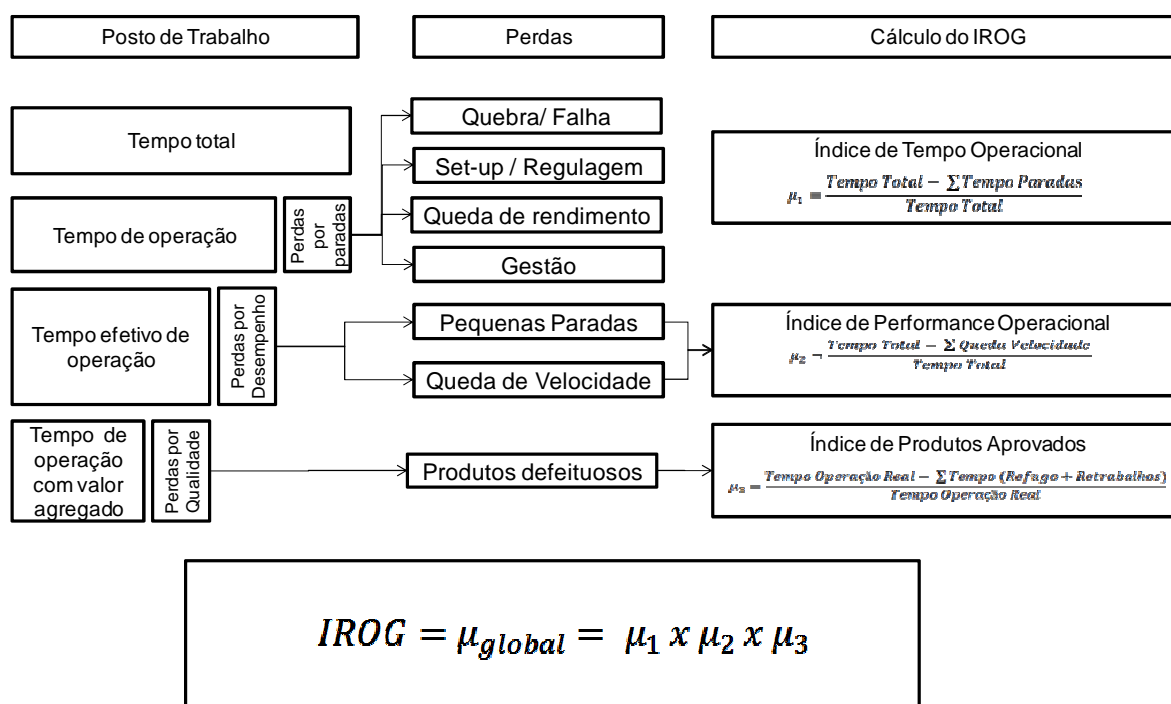


FIGURA 9: Relação entre as parcelas do IROG, perdas e cálculo dos índices
Fonte: Adaptado de Chiaradia (2004)

Antunes et al (2008) destacam a importância da divulgação dos resultados em pontos estratégicos da organização, com o objetivo de direcionar as ações de rotina e melhorias. Para as ações de rotina, os gráficos de IROG devem ser fixados junto aos postos de trabalho permitindo o monitoramento constante por parte do operador e supervisor. Sempre que o IROG cair abaixo do padrão mínimo estabelecido, ações gerenciais devem ser tomadas. Ciclos de melhoria podem ser iniciados a partir de percepções consistentes de queda do IROG, com aplicação de ferramentas da qualidade ou outros métodos adequados à organização e a implementação dos planos de ação gerados nos postos de trabalho estudados. Os gráficos do IROG

(diário, semanal e mensal), os planos de ação e as informações sobre o tratamento de anomalias também podem ser enviadas a outras áreas da organização, como a gerência industrial, as unidades de manufatura e a melhoria contínua.

2.3 A VARIABILIDADE NOS PROCESSOS

2.3.1 Conceitos de Variabilidade

Snee (2006) afirma que o pensamento estatístico é particularmente importante em função dos seus três elementos chave – processo, variação e dados – incluindo o processo que produz a variação, as fontes de variação e os dados para lidar com a variação. Adicionalmente, são apresentadas algumas leis da variabilidade aplicadas nas atividades de melhoria:

- a variação é fato da vida, presente em todas as coisas e atividades;
- toda variação é provocada;
- a variação pode ser prevista;
- as fontes de variação são aditivas;
- as variações podem ser quantificadas;
- um pequeno número de fontes contribui para a maior parte da variação;
- os dados de processo contêm variações produzidas tanto pelo processo como pelo sistema de medição;
- as variações das entradas do processo afetam a variação das saídas do processo;
- a variação afeta o gerenciamento da qualidade.

Siebels (2004) define variação como a mudança nos dados, características ou funções de produtos ou processos provocadas por um dos quatro fatores: causas especiais, causas comuns, causas estruturais e supercontrole.

As causas especiais ou causas assinaláveis de variação surgem em função de circunstâncias especiais, não sendo partes inerentes do processo. Correspondem a eventos não usuais, mas evitáveis. Uma vez identificadas, estas causas podem ser evitadas no futuro (WOODALL et al, 2004).

As causas comuns são as variações inerentes ao processo ao longo do tempo. Estas variações afetam todos os resultados e pessoas envolvidas no processo. São fatores, geralmente numerosos e com importância relativamente pequena de contribuição para a variação. São difíceis de serem detectadas e identificadas (SIEBELS, 2004). Woodall et al. (2004) destacam que as causas comuns não podem ser reduzidas substancialmente sem mudanças fundamentais no processo.

As causas estruturais são causadas por mudanças regulares e sistemáticas, tais como padrões sazonais. São exemplos de causas estruturais os erros provocados por trabalhadores temporários contratados para cuidarem de ordens urgentes (SIEBELS, 2004).

O supercontrole ocorre quando são tomadas ações para compensar a variação em um sistema estável. O supercontrole aumenta ao invés de reduzir a variação do processo (SIEBELS, 2004).

Montgomery (2001) destaca que o monitoramento da variabilidade do processo é parte importante de qualquer procedimento de controle. O monitoramento da variabilidade é tão importante quanto o monitoramento da média.

Britz et al (2000) destacam que a variação pode ser incorporada aos processos através das suas entradas (recursos, materiais, mão de obra, etc.) ou nas atividades que transformam estas entradas em saídas. A variação resulta em perdas de qualidade dos produtos e serviços para o cliente e uma operação ineficiente do processo. A variação é tipicamente originada de uma das seis fontes:

- pessoas: através das diferentes maneiras de executar as tarefas, diferentes estilos de aprendizagem, diferentes competências e habilidades;
- máquinas: através do uso de equipamentos com desempenho diferente ou com problemas de capacidade;
- materiais: devido aos diferentes fornecedores para os mesmos materiais ou variações de entrega para entrega com o mesmo fornecedor;
- métodos: através de procedimentos pobremente descritos ou procedimentos não robustos para as outras fontes de variação;

- medição: através da inabilidade para medir precisamente e com acuracidade as saídas dos processos;
- meio ambiente: aspectos físicos (temperatura, umidade, etc.) e do posto de trabalho (políticas, atitudes da gerência, colegas de trabalho, etc.).

A variabilidade existe em todos os sistemas de produção e pode ter um enorme impacto no seu desempenho. Por esta razão, a habilidade para medir, entender e trabalhar a variabilidade é crítica para um gerenciamento efetivo da manufatura (HOPP e SPEARMAN, 2001).

Hopp e Spearman (2004) afirmam que a variabilidade se manifesta nos processos produtivos através da variação de atributos como: dimensões físicas, tempos de processo, prazos de entrega, taxas de rendimento, níveis de qualidade, etc. As causas da variabilidade podem ser classificadas em fatores internos (tais como *set-ups*, paradas programadas ou não programadas, flutuações no ritmo de produção provocado pelos operadores, perdas de rendimento, retrabalho, mudanças de engenharia) e fatores externos (incluindo demanda irregular, variedade de produtos para satisfazer as necessidades do mercado, mudanças de pedidos de clientes, etc.).

Hopp e Spearman (2001) também classificam a variabilidade em controlável ou aleatória. A variação controlável ocorre como resultado direto da tomada de decisões. Como exemplos deste tipo de variação cita-se a produção de vários produtos na mesma planta (diferenças nas dimensões, tempos de produção, etc.). A variação aleatória é consequência de eventos que estão além do nosso controle imediato. Os períodos de tempo entre as demandas dos clientes e o tempo entre falhas dos equipamentos são exemplos deste tipo de variação.

Existem dois tipos distintos de processos de interesse nos esforços de melhoria. Estes processos se caracterizam por produzir:

- o produto ou serviço fornecido pela organização aos seus clientes;
- os dados utilizados para medir e monitorar o desempenho do processo.

Ao procurar compreender as causas de variação é importante os gestores distinguirem as diferenças entre estes dois tipos de processos e considerar ambos como possíveis fontes de problema (SNEE, 2006).

Hare et al (1995) afirmam que a variação só pode ser eliminada se os gestores entenderem a diferença entre causas comuns e causas especiais de variação.

Deming (1990) diz que uma falha de interpretação vista em toda a parte é identificar que qualquer evento (defeito, erro, acidente) seja atribuível a alguém ou a alguma causa especial. O problema é que a maioria dos eventos das áreas de serviço ou produção está no sistema. Confundir causas comuns com causas especiais ocasiona frustração de todos, aumenta a variabilidade e gera custos mais elevados.

2.3.2 O Monitoramento da Variabilidade

Hopp e Spearman (2001) sugerem o uso de medições tradicionais da estatística como variância, desvio-padrão e o coeficiente de variação para avaliação da variabilidade nos processos produtivos.

Segundo Montgomery e Runger (2003), a variabilidade ou dispersão dos dados podem ser descritas pela variância (s^2) ou desvio-padrão (s) das amostras. A equação 9 apresenta os cálculos da variância e do desvio-padrão.

Se x_1, x_2, \dots, x_n for uma amostra de n observações e média aritmética \bar{x} , então a variância da amostra será:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (9)$$

O desvio padrão da amostra, s , é a raiz quadrada da variância da amostra.

Hopp e Spearman (2001) apresentam o coeficiente de variação (CV) como uma forma razoável de medir a variabilidade relativa entre processos. A equação 10 demonstra o cálculo do coeficiente de variação:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (10)$$

Uma das formas de acompanhamento da variabilidade dos processos são os gráficos de controle estatístico de processos (CEP).

Grant e Leavenworth (1996) apresentam os princípios fundamentais envolvendo o controle estatístico de processos:

- em função da aleatoriedade, as medições de qualidade dos produtos manufaturados estão sempre sujeitas a certa quantidade de variabilidade;
- algum sistema constante de causas aleatórias de variação é inerente a qualquer esquema de produção ou inspeção;
- a variação dentro deste padrão estável é inevitável;
- as razões para variações fora deste padrão estável podem ser descobertas e corrigidas.

Um sistema constante operando somente com causas aleatórias ou comuns de variação é definido como um sistema estável ou com estabilidade estatística. As variações fora deste sistema estável são chamadas de causas assinaláveis ou causas especiais. As causas assinaláveis ou especiais podem ser detectadas com o uso dos gráficos de controle e eliminadas através de análises e ações corretivas. Também pela identificação de certa variação inevitável (causas comuns), a carta de controle avisa quando o processo deve rodar sem interferências, evitando freqüentes ajustes desnecessários que tendem a aumentar a variação, ao invés de reduzi-la.

Ramos (2000) destaca que a importância de se distinguir entre causas comuns e causas especiais de variação reside, principalmente, no fato de que o tipo de ação e responsabilidade pela sua adoção está em diferentes esferas da empresa. A eliminação de uma causa especial exige uma ação local, que pode ser tomada por pessoal próximo ao processo, como, por exemplo, os operadores. Já as causas comuns exigem ações sobre o sistema de trabalho como um todo, que somente podem ser tomadas pela administração

Um processo é dito estável quando somente causas comuns estão atuando. Porém esta não é a condição natural de qualquer processo, podendo-se esperar a presença de causas especiais atuando, sendo necessário um esforço contínuo para eliminá-las e estabilizar o processo. Uma vez estabilizado o processo, é possível verificar se as especificações ou necessidades dos clientes podem ser atendidas. Caso o processo não seja capaz, deve-se atuar na eliminação das causas comuns

de variação, diminuindo a variabilidade das características que determinam o desempenho do produto ou processo.

Os gráficos de controle possuem três objetivos básicos:

- verificar se o processo estudado é estatisticamente estável, ou seja, se não há a presença de causas especiais de variação;
- verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre o mesmo; e
- permitir o aprimoramento do processo, mediante a redução da sua variabilidade.

A figura 10 apresenta um fluxograma com os passos a serem seguidos em um processo monitorado com o auxílio de um gráfico de controle. O monitoramento ocorre através de medições no produto ou processo em determinados períodos de tempo. As medições são registradas nos gráficos de controle para avaliação da estabilidade do processo. Caso apresentem sinais de instabilidade, devem ser tomadas ações para identificação e remoção das causas especiais. Se o processo permanecer estável, nenhuma ação é requerida.

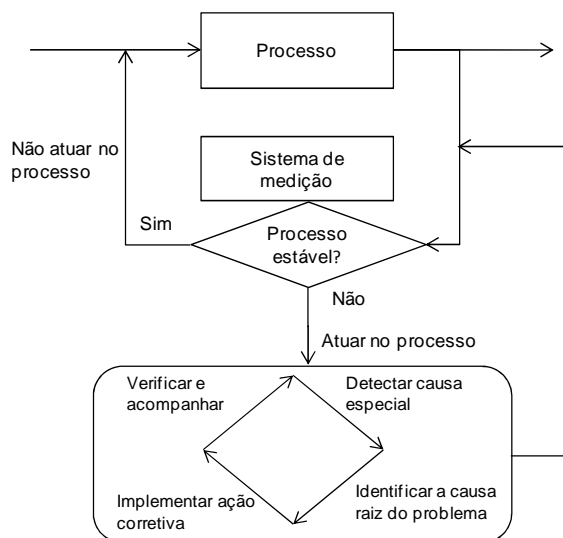


FIGURA 10: Fluxograma para monitoramento de um processo

Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

Montgomery (2001) apresenta um típico gráfico de controle (figura 11), que representa a demonstração gráfica de uma característica que está sendo medida ou calculada a partir de uma amostra versus o número da amostra ou o tempo. O

gráfico contém uma linha central ou média (LC ou LM) que representa o valor médio da característica correspondente ao processo em estado sob controle (apenas causas comuns presentes). Outras duas linhas horizontais, chamadas de limite de superior de controle (LSC) e limite de inferior de controle (LIC), também são apresentadas no gráfico. Estes limites de controle são escolhidos de forma que se o processo estiver sob controle, quase todos os pontos amostrados irão cair entre estes pontos. Enquanto os pontos medidos estiverem entre os limites de controle, o processo é considerado sob controle e nenhuma ação é necessária. Entretanto, um ponto fora dos limites é interpretado como evidência que o processo está fora de controle, e uma investigação a ação corretiva é requerida para encontrar e eliminar a causa assinalável ou as causas responsáveis por este comportamento. Mesmo que todos os pontos estejam dentro dos limites de controle, se os mesmos tiverem um comportamento sistemático ou não randômico, pode também significar que o processo esteja fora de controle.

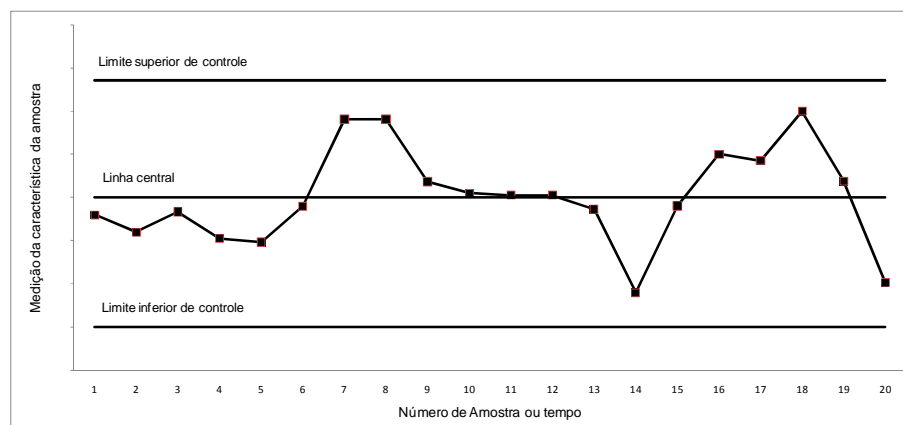


FIGURA 11: Representação de um gráfico de controle
Fonte: Montgomery (2001)

Os gráficos de controle podem ser classificados em dois tipos gerais. Se a característica avaliada puder ser medida e expressa com um número em uma escala contínua de medição, ela é usualmente chamada de variável. Nestes casos é conveniente descrever esta característica com uma medida de tendência central e outra de variabilidade. Gráficos de controle para tendência central e variabilidade são chamados coletivamente de gráficos de controle por variáveis. Muitas características não são medidas em escalas contínuas ou até mesmo escalas quantitativas. Nestes casos cada produto poderia ser julgado em conforme ou não

conforme com base na existência ou não de determinado atributo, ou poderia ser contado número de características aparecendo em determinado produto. Os gráficos de controle para estas situações são chamado de gráficos de controle por atributos. (MONTGOMERY, 2001).

As figuras 12 e 13 apresentam alguns exemplos de gráficos de controle por variáveis e atributos utilizados em aplicações industriais e de serviços.

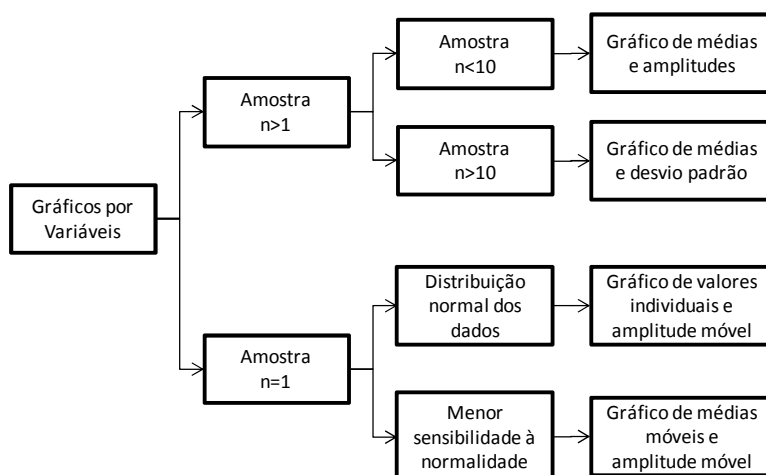


FIGURA 12: Gráficos de controle por variáveis

Fonte: Adaptado de Ramos (2000)

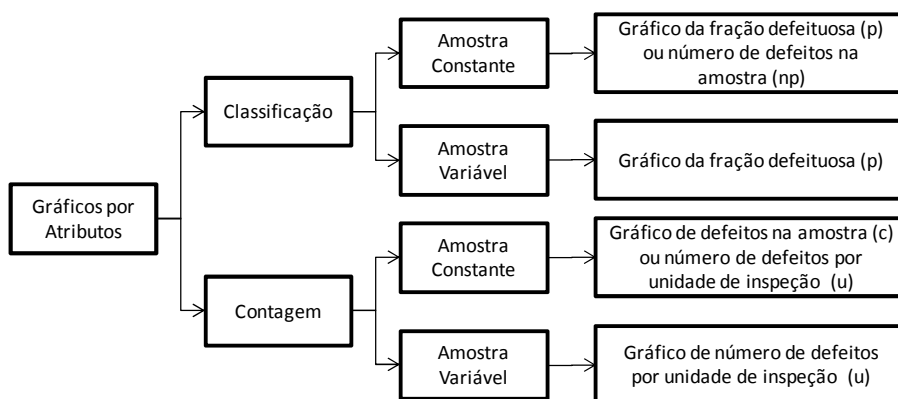


FIGURA 13: Gráfico de controle por atributos

Fonte: Adaptado de Ramos (2000)

Ramos (2000) descreve os passos a serem seguidos para a construção de gráficos de controle, de forma a permitir a sua correta análise. A tabela 3 apresenta as etapas para o estabelecimento de um gráfico de controle inicial.

TABELA 3: Passos para implantação de um gráfico de controle

Etapa	Atividade
1	Coletar dados durante um certo período de tempo, até que todos os tipos de variação os quais se está interessado em avaliar tenham oportunidade de aparecer
2	Calcular as estatísticas que resumem a informação contida nos dados (médias, amplitudes, desvios padrões, proporções, número de defeitos, etc.)
3	Calcular os limites de controle com base nas estatísticas
4	Marcar os pontos (estatísticas) nos gráficos de controle e unindo-os para facilitar a visualização do comportamento do processo
5	Marcar os limites de controle
6	Analisar os gráficos de controle quanto a presença de causas especiais (tendências, ciclos, estratificação, etc.)
7	Quando for detectada a presença de causas especiais, buscar identificar, eliminar e prevenir a sua repetição

Fonte: Ramos (2000)

Ramos (2000) e Montgomery (2001) apresentam regras para teste de não aleatoriedade em gráficos de controle. Ramos (2000) enfatiza que não existem testes que possibilitem a identificação de toda e qualquer causa especial e a importância da experiência dos profissionais nesta análise. A tabela 4 e figura 14 apresentam algumas regras de não aleatoriedade.

TABELA 4: Testes de não aleatoriedade

Teste	Critério
1. Ponto fora dos limites de controle	<ul style="list-style-type: none"> Um único ponto acima do LSC ou abaixo do LIC.
2. Presença de ciclos ou tendências	<ul style="list-style-type: none"> Seis pontos consecutivos aumentando ou diminuindo. Pontos oscilando para cima e para baixo, formando ciclos.
3. Estratificação ou falta de variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Quinze pontos consecutivos na zona C. Quatorze pontos consecutivos se alternando para cima e para baixo.
4. Seqüência de pontos próximos aos limites de controle	<ul style="list-style-type: none"> Oito pontos consecutivos fora da zona A. Dois em três pontos consecutivos na zona A. Quatro em cinco pontos consecutivos fora da zona C.
5. Seqüência de pontos do mesmo lado da linha média	<ul style="list-style-type: none"> Nove pontos consecutivos do mesmo lado da linha média.

Fonte: Ramos (2000)

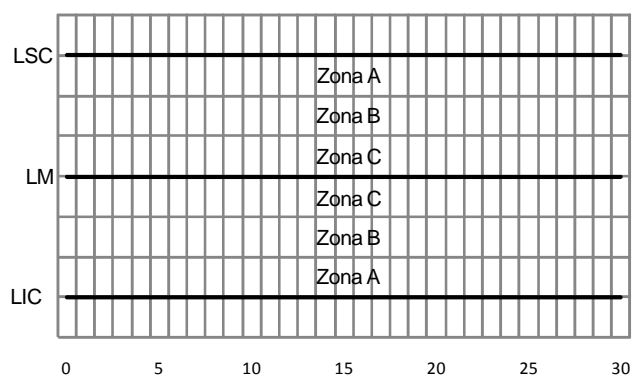


FIGURA 14: Testes de não aleatoriedade
Fonte: Ramos (2000)

A tabela 5 apresenta as definições das estatísticas utilizadas nos gráficos de controle, as tabelas 6 e 7 as fórmulas utilizadas nos cálculos dos limites de controle e, a tabela 8, algumas constantes utilizadas nestes cálculos.

TABELA 5: Estatísticas dos gráficos de controle

Estatística dos Gráficos	Símbolos	Definição
Valores Individuais	x	Medições individuais das variáveis monitoradas
Médias do Subgrupos	\bar{x}	Média das medições dentro do subgrupo
Médias Móveis	\bar{x}_m	Média dos valores individuais, tomando-se m a m valores
Amplitudes	R	Diferença entre o maior e menor valor dentro de um subgrupo
Amplitudes Móveis	R_m	Diferença entre o maior e menor valor individual, tomando-se m a m valores
Desvio Padrão	s	Desvio padrão dentro do subgrupo
Proporção	p	Proporção de itens defeituosas em cada subgrupo
Número de defeituosos	np	Quantidade de itens defeituosas em cada subgrupo
Número de Defeitos	c	Quantidade de defeitos por subgrupo
Número de Defeitos por unidade	u	Quantidade de defeitos por unidade amostrada

Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

TABELA 6: Fórmulas para os gráficos por variáveis

Gráfico	Linha Média (LM)	Limite Superior de Controle (LSC)	Limite Inferior de Controle (LIC)
Valores Individuais	$\bar{\bar{x}}$ Média dos valores	$\bar{\bar{x}} + 2,66 \times \bar{R}m$	$\bar{\bar{x}} - 2,66 \times \bar{R}m$
Médias	$\bar{\bar{x}}$ Média das médias dos subgrupos	$\bar{\bar{x}} + A_2 \times \bar{R}$ ou $\bar{\bar{x}} + A_3 \times \bar{s}$	$\bar{\bar{x}} - A_2 \times \bar{R}$ ou $\bar{\bar{x}} - A_3 \times \bar{s}$
Médias Móveis	$\bar{\bar{x}}$ Média dos valores	$\bar{\bar{x}} + A_2 \times \bar{R}m$	$\bar{\bar{x}} - A_2 \times \bar{R}m$
Amplitudes	$\bar{\bar{R}}$ Média das amplitudes	$D_4 \times \bar{R}$	$D_3 \times \bar{R}$
Amplitudes Móveis	$\bar{\bar{R}}m$ Média das amplitudes móveis	$D_4 \times \bar{R}m$	$D_3 \times \bar{R}m$
Desvio Padrão	$\bar{\bar{s}}$ Média dos desvios padrões dos subgrupos	$B_4 \times \bar{s}$	$B_3 \times \bar{s}$

Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

TABELA 7: Fórmulas para os gráficos por atributos

Gráfico	Linha Média (LM)	Limite Superior de Controle (LSC)	Limite Inferior de Controle (LIC)
Proporção ou Fração Defeituosa	\bar{p} Média das proporções	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
Número de Defeituosos	\bar{np} Média do número de defeitos	$\bar{np} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$\bar{np} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
Número de defeitos na amostra	\bar{c} Média do número de defeitos	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
Número de defeitos por unidade	\bar{u} Média do número de defeitos por unidade	$\bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$\bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

TABELA 8: Fórmulas para os Gráficos por Variáveis

n	A2	A3	B3	B4	D3	D4
2	1,880	2,695	-	3,267	-	3,267
3	1,023	1,954	-	2,568	-	2,574
4	0,729	1,628	-	2,266	-	2,282
5	0,577	1,427	-	2,089	-	2,114
6	0,483	1,287	0,030	1,970	-	2,004
7	0,419	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924
8	0,373	1,099	0,185	1,815	0,136	1,864
9	0,337	1,032	0,239	1,761	0,184	1,816
10	0,308	0,975	0,284	1,716	0,223	1,777

n - tamanho do subgrupo

Fonte: Adaptado de Montgomery (2001)

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo Gil (2007b), método pode ser definido como caminho para se chegar a um determinado fim. Método científico é, portanto, o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para atingir o conhecimento.

Gil (2007a e 2007b) define pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos.

Segundo Santos (2000), as pesquisas podem ser caracterizadas em função dos seus objetivos, dos procedimentos de coleta adotados e das fontes de informações utilizadas na pesquisa.

Segundo Gil (2007b), com relação aos objetivos gerais, as pesquisas podem ser classificadas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

As pesquisas exploratórias buscam proporcionar um melhor entendimento do problema, de forma a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Estas pesquisas buscam o aperfeiçoamento de idéias ou a descoberta de intuições.

As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis.

As pesquisas explicativas têm como preocupação central identificar os fatores que determinam, ou que contribuem, para compreender os fenômenos estudados. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica o porquê das coisas.

As pesquisas também podem ser classificadas com base nos procedimentos de coleta utilizados. Gil (2007a) apresenta como tipos de coleta de dados a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental, a pesquisa experimental, a pesquisa *ex-post facto*, o levantamento e o estudo de caso.

Santos (2000) define como fontes de informação os lugares ou situações de onde são coletados os dados e informações utilizados na pesquisa. São três as possíveis fontes de dados: campo, laboratório e bibliografia.

Yin (2005) apresenta cinco diferentes estratégias de pesquisa: experimento, levantamento, análise de arquivos, pesquisa histórica e estudo de caso.

Segundo Yin (2005), cada estratégia apresenta vantagens e desvantagens dependendo basicamente de requisitos como: o tipo de questão de pesquisa, o controle que o pesquisador possui sobre os eventos e se o foco está em fenômenos históricos ou contemporâneos.

A tabela 9 apresenta as relações entre os requisitos básicos e a estratégias de pesquisa:

TABELA 9: Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa

Estratégia	Forma de questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais	Focaliza acontecimentos contemporâneos
Experimento	como, por que	sim	sim
Levantamento	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim
Análise de arquivos	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim/não
Pesquisa histórica	Como, por que	não	não
Estudo de Caso	Como, por que	não	sim

Fonte: Yin, 2005

Segundo Yin (2005), a estratégia estudo de caso é caracterizada quando se aplica uma questão do tipo “como” ou “por que” sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos, no qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle.

O projeto do Estudo de Caso, em linhas gerais, “é a seqüência lógica que conecta dados empíricos às questões de pesquisa iniciais do estudo e, em última análise, às suas conclusões” (YIN, 2005:41).

Conforme Roesch (2005), existem Estudos de Caso cujo objetivo consiste em relatar práticas de organizações ou recomendar alternativas para as suas políticas.

Para assegurar obtenção desta seqüência lógica, Yin (2005) apresenta cinco componentes básicos para um projeto de pesquisa de um Estudo de Caso: as

questões do estudo, suas proposições do estudo, sua(s) unidade(s) de análise, a lógica que une os dados às proposições e os critérios para interpretar as constatações.

Esta pesquisa caracteriza-se como: (i) exploratória, pois busca proporcionar um melhor entendimento do efeito da variabilidade na eficiência global de equipamentos e gestão do posto de trabalho; (ii) de campo, em função das observações serem realizadas diretamente nos objetos de estudo; (iii) um estudo de caso, sendo o objeto a ser estudado profundamente, a avaliação do efeito da variabilidade dos processos produtivos sobre o IROG e a gestão do posto de trabalho em quatro equipamentos de duas indústrias do setor metal-mecânico.

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

O desenvolvimento desta dissertação foi baseado nas seguintes etapas de trabalho:

- revisão bibliográfica: foi realizada uma pesquisa bibliográfica em publicações nacionais e internacionais buscando uma fundamentação teórica sobre a gestão do posto de trabalho (GPT), a avaliação do IROG no contexto da GPT e a variabilidade dos processos;
- desenvolvimento de um modelo de análise para verificar o impacto da variabilidade dos processos produtivos sobre o IROG e seus desdobramentos no contexto da Gestão do Posto de Trabalho (GPT);
- descrição das práticas de gestão aplicadas aos postos de trabalho estudados;
- análise dos elementos da gestão do posto de trabalho que possam ser afetados pela variabilidade dos processos;
- avaliação dos métodos de cálculo do IROG utilizado pelas empresas nos equipamentos estudados;
- coleta de dados do IROG (dados históricos da empresa), abrangendo certo período de tempo, de forma que todos os tipos de variação de interesse tenham oportunidade de aparecer;

- cálculo das estatísticas que resumem a informação contida nos dados;
- avaliação do tipo de gráfico de controle a ser utilizado;
- cálculo dos limites de controle para os gráficos de controle;
- elaboração dos gráficos de controle para os índices μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} com a marcação das linhas de média, dos limites de controle e marcação dos pontos dos dados coletados;
- análise dos gráficos de controle dos índices de μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} quanto a presença de causas especiais;
- estabilização do processo pela identificação de causas especiais e óbvias (evidentes) de variação nos índices de μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} , buscando a sua eliminação e prevenção de repetição;
- discussão sobre a implementação de possíveis ações de melhorias para as causas especiais e causas comuns de variação dos índices de μ_1 , μ_2 e μ_3 do IROG dos postos de trabalho;
- elaboração do Relato do Caso: formulação documental do trabalho de pesquisa visando o registro acadêmico dos resultados e registro de possibilidades de melhoria para a organização.

Na elaboração dos cálculos estatísticos, histogramas, diagramas de Pareto e gráficos de controle foi utilizado o *software* Minitab versão 14.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA A SER ESTUDADA

Os estudos de casos foram realizados em duas empresas do segmento metal-mecânico localizadas no Estado do Rio Grande do Sul. Ambas são fornecedoras de grandes *players* mundiais atuando em segmentos de montadoras de veículos comerciais, montadoras de implementos rodoviários, reposição e exportação.

Estão incluídos na amostragem postos de trabalho que operam com equipamentos de estamparia e usinagem, incluindo duas prensas, um torno automático e um centro de usinagem.

4 PROPOSTA DE UM MODELO DA GPT COM A INCORPORAÇÃO DO MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE

4.1 MODELO CONCEITUAL PROPOSTO

A figura 15 apresenta um modelo conceitual desenvolvido para a GPT com a incorporação do monitoramento da variabilidade.

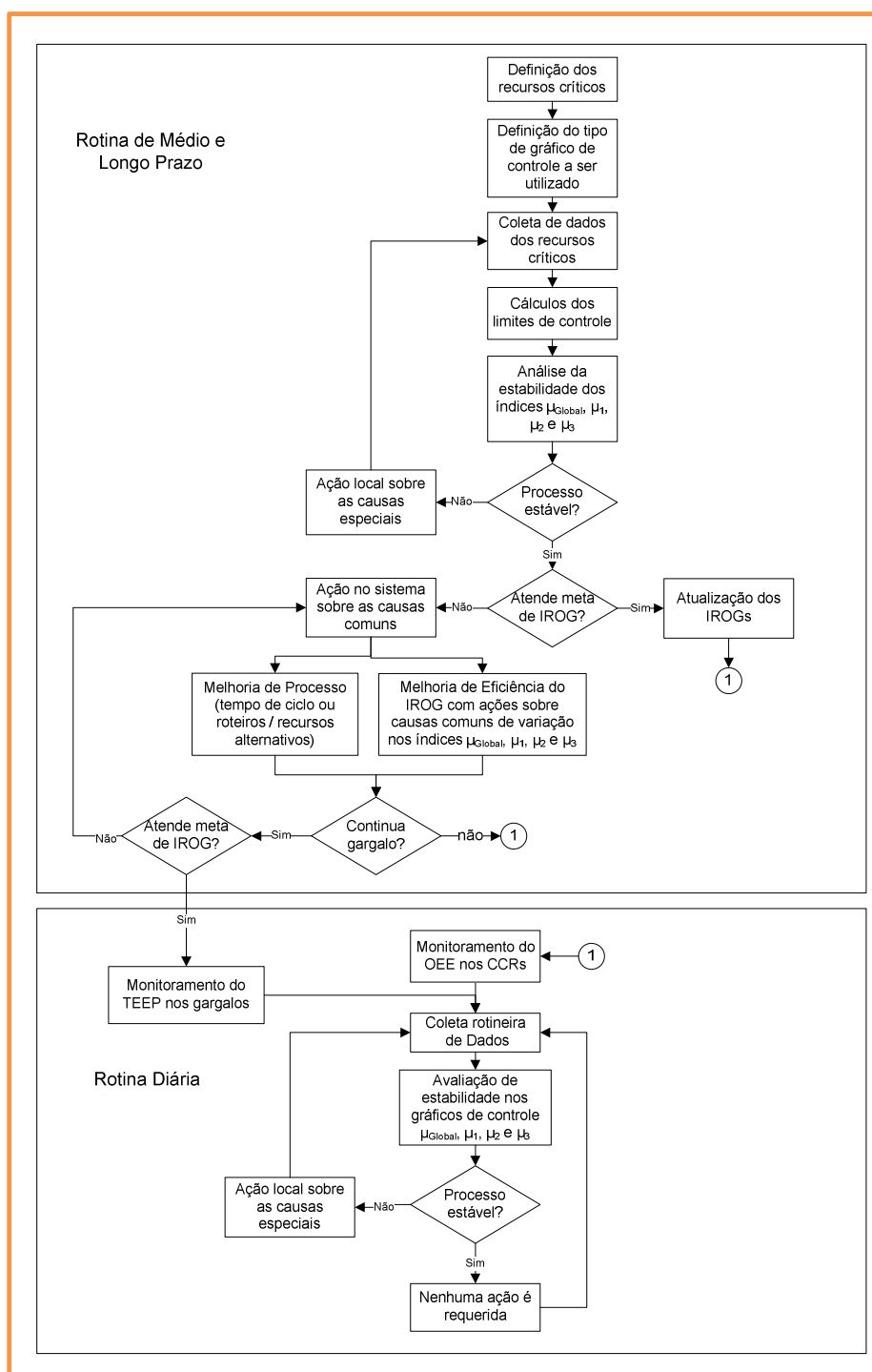


FIGURA 15: Modelo conceitual da GPT com a incorporação da variabilidade

4.1.1 Rotina de Médio e Longo Prazo

A rotina de médio e longo prazo parte de uma lista de recursos críticos. A lista de recursos críticos é elaborada a partir de avaliações de capacidade versus demanda e a identificação dos recursos gargalo.

A seleção do tipo de gráfico de controle a ser utilizado é baseada na natureza da distribuição dos dados coletados. O monitoramento do IROG e seus índices de disponibilidade (μ_1), desempenho (μ_2) e qualidade (μ_3) é realizado por gráficos de controle específicos. É possível a utilização de tipos de gráficos diferentes para cada um dos índices.

A coleta de dados é realizada durante um período de tempo suficiente de forma que todos os tipos de variabilidade tenham a oportunidade de aparecer. Os cálculos dos limites de controle são realizados de acordo com o tipo de gráfico selecionado. Após a determinação dos limites de controle, os dados coletados são marcados nas cartas de controle e uma análise de estabilidade é realizada.

Caso o processo seja instável, são realizadas ações locais sobre as causas especiais até a sua estabilização. Se o processo apresentar um comportamento estável, torna-se viável uma comparação do desempenho dos indicadores do IROG com as metas estabelecidas. Se a meta está sendo atendida, o IROG passa ser monitorado na rotina diária com a utilização dos gráficos de controle. Se a meta não estiver sendo atingida, são tomadas ações sobre o sistema (ou causas comuns de variação) buscando melhoria no desempenho. O monitoramento dos recursos críticos (gargalos, CCRs ou RQPs) segue a rotina diária, com a utilização dos gráficos de controle.

4.1.2 Rotina Diária

O monitoramento diário ocorre com a coleta de dados (diária ou por turno) nos recursos críticos para o IROG e seus índices (μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3) e marcação destes nos seus respectivos gráficos de controle. A cada medição é realizada uma avaliação de estabilidade, sendo tomadas ações locais no caso de detecção de causas especiais. Se o processo permanecer estável, nenhuma ação é requerida.

4.2 MODELO ATUALMENTE UTILIZADO PELAS EMPRESAS ESTUDADAS

A figura 16 apresenta o modelo atualmente utilizado pelas empresas estudadas para a GPT. O fluxograma está dividido em três etapas, a Gerencial de Curto Prazo, com focalização no curto prazo; a Operacional de Médio e Longo Prazo, com focalização no médio e longo prazo e a Gerencial Diária, com foco de análise diária.

4.2.1 Etapa Gerencial de Curto Prazo

Nessa etapa são tomadas as decisões necessárias para definição das estratégias de curto prazo de forma que sejam atendidos os pedidos em carteira para o período. Inicialmente, é realizada uma análise da capacidade imediata da fábrica, com o objetivo de definir quais gargalos e recursos com restrição de capacidade (CCR's – *Capacity Constrained Resources*) serão priorizados pelas ações de curto prazo e quais serão monitorados no médio e longo.

No banco de dados estão contidas as informações necessárias para alimentar a análise gerencial de Capacidade x Demanda, que é utilizada para a tomada de decisão para a focalização no curto prazo. As informações básicas no banco de dados incluem os tempos de processamento (ou tempos de ciclo dos produtos (t_{pi})) devidamente atualizados e os roteiros de produção (principais e alternativos).

A análise de Capacidade x Demanda (CxD) relaciona, em termos de tempos, a capacidade da fábrica em função das quantidades demandadas pelo mercado. De posse dos relatórios recebidos do pessoal do PCP (Planejamento e Controle da Produção), que destacam o tempo disponível para a produção (T), as quantidades a serem produzidas de cada produto (q_i) e as informações provenientes da fábrica relativas às eficiências das máquinas (μ_{global}), são analisadas as relações entre Capacidade e Demanda.

A partir da análise de Capacidade x Demanda, é verificada a existência de grupos de máquinas que são gargalos no processo produtivo. Caso o recurso não seja gargalo, este é direcionado para um monitoramento com base na OEE – gargalo, *Overall Equipment Efficiency*, no qual se admite a existência de paradas programadas para os recursos monitorados. Para os gargalos, o monitoramento é

realizado com base na TEEP – *Total Effective Equipment Productivity*, no qual não se admite a existência de paradas programadas para os recursos monitorados.

As ações de curto prazo dependem das decisões imediatas tomadas pela coordenação da unidade de negócio, cujo reflexo vai até um horizonte de 30 dias após a tomada de decisão. Estas ações estão vinculadas a alternativas como:

- i. aumento do tempo disponível de produção (T) – através do acréscimo de mais um turno de produção ou da introdução de horas-extras;
- ii. redução da demanda no gargalo – a partir da produção, em recursos não gargalos, de parte da demanda que passa pelo gargalo (q_i).

Qualquer das alternativas a ser escolhida para minimizar os problemas do gargalo no curto prazo, é comunicada ao PCP, com a finalidade de atualizar o cálculo de Capacidade x Demanda e a programação da produção, permitindo uma análise mais acurada em termos de Gestão do Posto de Trabalho (GPT).

4.2.2 Etapa Operacional de Médio e Longo Prazo

Esta etapa engloba as decisões necessárias para que sejam definidas as estratégias de médio e longo prazo. O ponto de partida é a elaboração da lista de recursos críticos (gargalos e CCR's) a serem monitorados, incluindo as eficiências atuais de cada recurso, que serve de base para priorizar as ações da GPT. Esta lista é originada na análise periódica da relação entre Capacidade e Demanda.

A coleta de dados de produção e de paradas nos recursos críticos é realizada por meio de um diário de bordo. O diário de bordo é preenchido manualmente pelos operadores desses recursos ou por coletores eletrônicos de dados. Os diários são substituídos sempre a cada 24 (vinte e quatro) horas, possibilitando uma leitura completa do período, conforme o calendário de produção para o recurso.

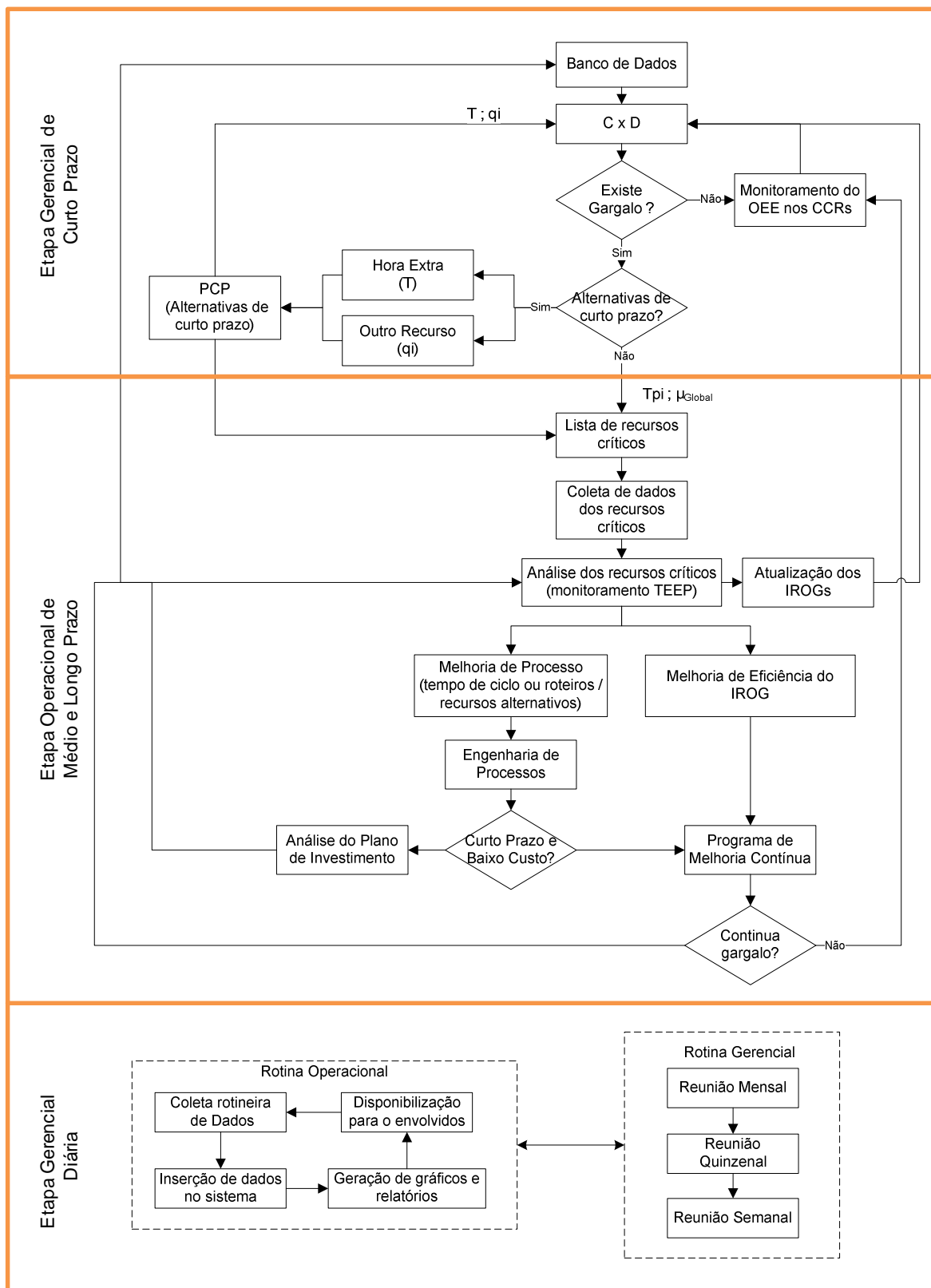


FIGURA 16: Fluxograma com as Etapas para a GPT

Fonte: Dados da empresa adaptados pelo Autor

A análise dos recursos críticos baseia-se nos valores encontrados para a eficiência global (μ_{Global}), para o índice de disponibilidade (μ_1), para o índice de desempenho (μ_2) e para o índice de qualidade (μ_3), levando em consideração as metas de IROG definidas para um período subsequente. Esta análise está voltada para a rotina de produção, cujo objetivo é o de manter os níveis de eficiência do sistema de produção (IROG).

Na avaliação da melhoria de eficiência (IROG) são consideradas as ações constantes no plano de ação para a manutenção da rotina de produção, observando os seguintes pontos:

- pendências existentes em planos de ação anteriores;
- calendário de Manutenção Preventiva;
- calendário de Manutenção Autônoma (se possuir).

A análise dos índices que compõem o IROG (μ_1 , μ_2 e μ_3) é realizada com base nas informações coletadas no chão de fábrica, através dos diários de bordo. A identificação de anomalias, ou seja, situações que provocam grande variação nos índices do IROG, ocorre pela avaliação dos dados de produção e paradas não programadas.

Na detecção de qualquer anomalia, é considerada a possibilidade de existirem divergências entre os tempos de ciclo existentes no banco de dados (tempo padrão de operação) e o tempo real realizado pelo operador durante a produção. Um tempo de ciclo real menor em relação ao tempo de ciclo registrado pelo sistema implica em variação do IROG global para cima. As alterações podem ser observadas no índice de desempenho operacional (μ_2), que indicará um valor (taxa) acima de 95%, alertando para a existência de problemas relativos aos tempos de ciclo.

Um tempo de ciclo real maior em relação ao tempo de ciclo registrado pelo sistema implica em variação do IROG global para baixo. As alterações podem ser igualmente observadas no índice de desempenho operacional (μ_2), que indicará um valor (taxa) muito baixo (menor que 65%), servindo de alerta para a existência de problemas relativos aos tempos de ciclo. Também é analisada a possibilidade do baixo índice de desempenho operacional ser decorrente de perdas operacionais relativas ao *lay-out* do posto de trabalho e/ou aos movimentos realizados pelo

operador durante a operação, bem como pelo não registro no diário de bordo de paradas ocorridas durante o período de produção.

No caso de constatação de divergências entre os tempos de ciclo existentes no banco de dados (tempo padrão de operação) e o tempo real realizado pelo operador durante a produção, a engenharia de processos revisa os tempos e atualiza o sistema (banco de dados).

Outra possibilidade de anomalia é a existência de divergências entre as quantidades reais produzidas e as lançadas no sistema. Estas diferenças, principalmente nos casos de coleta manual de dados através de diário de bordo, ocorrem em função de uma eventual falha humana durante o lançamento. Nesse caso, a verificação e a correção da divergência são realizadas pela liderança local de produção, sendo, em seguida, revistos os gráficos do IROG com as novas quantidades.

Além da análise dos tempos e das quantidades, são especificados os tipos de anomalias ocorridas no recurso monitorado, com o objetivo de se estabelecer as ações pertinentes. A análise do índice μ_1 leva em consideração o gráfico de Pareto das maiores causas de paradas que ocorreram no período monitorado. O plano de ação é preenchido com pelo menos uma ação para cada causa de parada até o limite de 80% do tempo total de paradas não programadas.

As metas de IROG, para as unidades de negócio, são definidas durante a reunião de análise crítica trimestral do indicador de eficiência (IROG). Nesta reunião é analisada a capacidade de produção das unidades de negócio comparando com a previsão de demanda para um horizonte de três meses consecutivos, a partir da data da reunião. Após a análise, verifica-se a existência e identifica-se os grupos de máquinas gargalos de cada unidade, os quais, por consequência, farão parte dos grupos de recursos monitorados pelo indicador de Eficiência (IROG).

A partir da revisão trimestral das metas de IROG, pode ocorrer a necessidade de se incrementar os índices de eficiência de alguns recursos restritivos, no sentido do atendimento da demanda para o período previsto.

No caso de necessidade de incremento no IROG, são avaliadas oportunidades de melhorias nos roteiros e/ou recursos alternativos, nos tempos de

ciclo e no melhor aproveitamento do processo produtivo (fluxo de pessoas, materiais e informações).

As melhorias vinculadas aos roteiros e/ou aos recursos alternativos requerem equipamentos flexíveis que possam servir como alternativa aos equipamentos gargalos, sem perderem, no entanto, a capacidade no atendimento de suas rotinas de produção. A partir da avaliação do custo e prazo envolvidos, são propostas melhorias de processo com vistas à alteração dos roteiros de fabricação através de um plano de ação. Uma vez implementadas as melhorias, as alterações dos roteiros de fabricação são atualizadas no banco de dados.

As melhorias nos tempos de ciclo dos recursos monitorados ocorrem a partir de definições de necessidade e viabilidade técnica. Caso requeiram investimentos em dispositivos, ferramentas e componentes de máquinas, são realizadas análises específicas sobre o custo e o benefício envolvidos para a devida efetivação da melhoria. Após a efetivação das melhorias, o banco de dados deve ser alimentado com os tempos de ciclo atualizados.

As melhorias na eficiência produtiva (IROG) estão relacionadas, também, ao melhor aproveitamento do processo produtivo no que tange ao fluxo das pessoas, dos materiais e das informações relativas à produção.

As melhorias relativas ao fluxo das pessoas envolvem a análise de *lay-out* do posto de trabalho, da linha de produção e/ou da unidade de negócio. Esse tipo de melhoria visa reduzir a movimentação dos operadores no posto de trabalho para acessar materiais (peças em processamento), ferramentas ou dispositivos da operação.

As melhorias relativas ao fluxo dos materiais envolvem, além da análise de *lay-out* do posto de trabalho, da linha de produção e/ou da unidade de negócio, uma organização focada no programa 5S, das áreas úteis próximas ao posto de trabalho. Estas áreas são, em geral, aquelas utilizadas para alocação dos materiais necessários à produção – peças, matérias-primas, equipamentos e dispositivos.

As melhorias relativas ao fluxo das informações envolvem uma rotina de comunicação entre a coordenação, lideranças de produção e os operadores, estabelecendo um modelo de gerenciamento das informações da rotina de produção.

A rotina de análise e acompanhamento dos resultados é realizada por relatórios, painéis de gestão visual e um conjunto de reuniões específicas, possibilitando a tomada de decisão e a efetivação das ações necessárias às melhorias.

As áreas de engenharia de processo e melhoria contínua suportam as atividades de melhoria de desempenho do IROG. O setor de melhoria contínua pode executar projetos *Kaizen* (grupo de melhorias multifuncional reunido para execução de melhorias em curto espaço de tempo (de 3 a 5 dias)) com o suporte da engenharia de processos e em acordo com a coordenação de cada unidade de negócio, para realizar melhorias específicas de processos em recursos monitorados, quando devidamente solicitados.

Os recursos trabalhados poderão atingir, ou não, os objetivos propostos das metas de IROG nos prazos definidos. A equipe de gestão de cada unidade de negócio avaliará os resultados obtidos periodicamente nos recursos monitorados e definirá a permanência ou a retirada desses recursos do programa de melhoria contínua.

4.2.3 Etapa Gerencial Diária

As atividades do gerenciamento diário do IROG envolvem atividades nos níveis operacional e gerencial.

As atividades operacionais são aquelas relativas à coleta das informações operacionais no chão de fábrica, ao lançamento dessas informações no sistema de monitoramento e a reposição e atualização dessas informações nos quadros de gestão visual dos postos monitorados.

A atualização dos gráficos nos quadros de gestão visual das máquinas monitoradas é realizada diariamente para os índices do IROG e, semanalmente, para os gráficos de Pareto dos motivos de paradas e planos de ação.

Os gráficos a serem atualizados nos quadros de gestão visual são os seguintes:

- i. máquinas com monitoramento OEE:
 - a. gráfico de eficiência global – IROG (μ_{Global}) com base OEE;
 - b. gráfico de Pareto das 10 (dez) maiores causas de paradas;
 - c. plano de ação relativo às maiores causas de paradas;

- d. e, um espaço no quadro de gestão visual para que os operadores possam registrar suas sugestões de melhorias;
- ii. máquinas com monitoramento TEEP
 - a. gráfico de Eficiência Global – IROG (μ_{Global}) com base TEEP;
 - b. gráfico de Pareto das 10 (dez) maiores causas de paradas;
 - c. gráficos específicos de μ_1 , μ_2 e μ_3 ;
 - d. plano de ação relativo às maiores causas de paradas;
 - e. e, um espaço no quadro de gestão visual para que os operadores possam registrar suas sugestões de melhorias.

As atividades gerenciais são aquelas relativas a rotina de análise dos dados operacionais do chão de fábrica, incluindo a identificação de anomalias no processo produtivo e a definição e acompanhamento das ações para a melhoria da eficiência dos recursos monitorados.

Esta rotina constitui-se em uma seqüência de reuniões sistemáticas, em cada unidade de negócio, com o objetivo de manter o alinhamento da estratégia de monitoramento do IROG e fazer uma avaliação dos resultados das ações necessárias à melhoria dos mesmos. As reuniões são realizadas com freqüência semanal, quinzenal e mensal.

As reuniões semanais de análise do IROG ocorrem em cada turno, com a participação do facilitador (líder de produção da área), auxiliar operacional (responsável pela digitação dos dados no sistema e pela atualização dos gráficos e relatórios) e outros convidados. Tem por objetivo a verificação da ocorrência de anomalias localizadas, fazer a revisão do plano de ação em andamento e orientar a freqüência de atualização dos gráficos. Durante a reunião semanal é revisado o plano de ação em andamento para os postos monitorados e são acrescentadas ações necessárias relativas à análise atual. A figura 17 apresenta a rotina da reunião semanal.

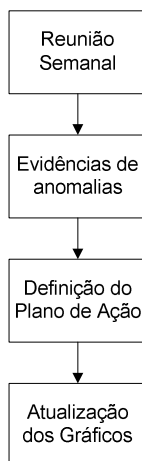


FIGURA 17: Rotina da Reunião Semanal

As reuniões quinzenais de análise do IROG têm o objetivo de revisar os planos de ação das máquinas monitoradas, fazer uma análise do IROG com relação aos objetivos a serem atingidos e sugerir investimentos de baixo custo e curto prazo ao coordenador da unidade de negócio. Participam da reunião o responsável pela implementação da GPT na unidade de negócios, o auxiliar operacional e outros convidados. A figura 18 apresenta a rotina da reunião quinzenal.

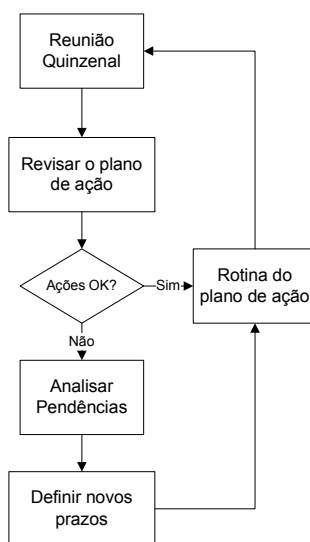


FIGURA 18: Rotina da Reunião Quinzenal

As reuniões mensais de análise do IROG têm os seguintes objetivos:

- i. avaliar os resultados globais da unidade de negócio à luz dos resultados do IROG;

- ii. analisar os planos de ação e as reincidências de anomalias no processo de produção, principalmente as anomalias referentes aos tempos operacionais e às quantidades produzidas;
- iii. avaliar a evolução dos indicadores globais de eficiência e sugerir ações de curto e médio prazo para a Unidade de Negócio;
- iv. avaliar a necessidade de realizar cronoanálise dos tempos operacionais e/ou reduzir os tempos de ciclo dos recursos monitorados, providenciando a devida comunicação a engenharia de processos.

Devem participar na reunião mensal o coordenador da unidade de negócio, facilitadores, o implementador do IROG e outros convidados. A figura 19 apresenta a rotina mensal de acompanhamento do IROG.

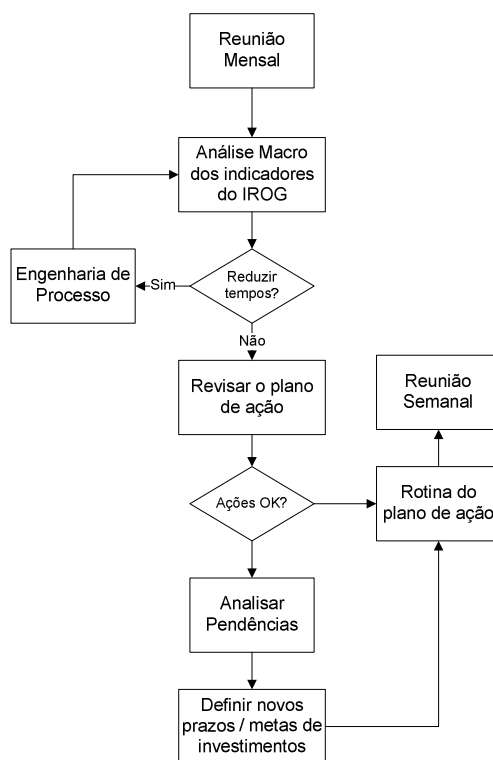


FIGURA 19: Rotina da Reunião Mensal

A análise dos índices de IROG pode indicar a necessidade de redução dos tempos de ciclo, sendo necessário o acionamento da engenharia de processos.

Na revisão do plano de ação são verificadas quais ações foram devidamente concluídas e, se os prazos para a efetivação das ações restantes encontram-se

atualizados. Se todas as ações encontram-se atualizadas e/ou em tempo hábil para implantação, deverá ser mantido o planejamento de rotina do plano de ação.

Caso existam ações pendentes, estas devem ser reavaliadas quanto à aplicabilidade e viabilidade (custo x benefício) e ter seus prazos de implantação reavaliados em função da necessidade da unidade de negócio. Em função dos novos prazos e/ou novas ações, é estabelecida uma nova rotina do plano de ação visando o aumento dos índices de eficiência – IROG.

As avaliações mensais devem considerar os investimentos necessários observados durante a reunião, assim como os investimentos sugeridos nas reuniões quinzenais.

4.3 MODELO PROPOSTO COM A INCORPORAÇÃO DOS EFEITOS DA VARIABILIDADE

A figura 20 apresenta o modelo que incorpora os efeitos da variabilidade na GPT das empresas estudadas. O fluxograma está igualmente dividido nas três etapas do modelo original, a Gerencial de Curto Prazo, a Operacional de Médio e Longo Prazo e a Gerencial Diária.

4.3.1 Etapa Gerencial de Curto Prazo

Nesta etapa não ocorreram mudanças em relação ao modelo original. As atividades desenvolvidas são as mesmas descritas na seção 4.2.1.

4.3.2 Etapa Operacional de Médio e Longo Prazo

Nessa etapa é incorporada a utilização dos gráficos de controle para inclusão da avaliação dos efeitos da variabilidade na tomada de decisões. A lista dos recursos críticos, oriundos da análise de CxD, com as eficiências atuais serve como base para as ações da GPT.

A natureza e a distribuição dos dados coletados do IROG definem a seleção dos gráficos de controle adequados para o monitoramento dos índices de μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} .

A coleta de dados de produção e de paradas nos recursos críticos é realizada por meio do diário de bordo. Com base nos dados coletados e nos gráficos de controle selecionados são calculados os limites de controle a serem adotados.

Após a marcação das observações (por turno ou diárias) nos gráficos de controle, devem ser realizadas análises separadas de estabilidade dos índices de μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} . A análise individual de cada índice direciona corretamente eventuais ações corretivas. Também possibilita que causas especiais não identificadas no gráfico de controle do μ_{Global} , mas assinaladas em um dos índices desdobrados (μ_1 , μ_2 ou μ_3), sejam tratadas adequadamente. As causas especiais identificadas devem ser tratadas e removidas com planos de ação apropriados.

Caso o processo apresente um comportamento estável, ou seja, só existam causas comuns atuando, deve-se comparar os resultados do IROG com as metas necessárias para o atendimento da demanda. Se o valor do IROG não atender a meta, deverão ser elaborados planos de ação específicos para os índices de μ_1 , μ_2 e μ_3 direcionados às causas comuns de variação. Uma vez implementadas as melhorias, os valores do índice μ_{Global} devem ser atualizados nas análises de CxD. As necessidades de desempenho do IROG nos recursos críticos, oriundas das análises de CxD, podem agora ser comparadas com processos estáveis (e previsíveis), tornando estas previsões mais acuradas.

As ações locais sobre as causas especiais e as ações no sistema sobre as causas comuns de variação envolvem as atividades de melhoria de eficiência e de processos descritas na seção 4.2.2. A condução destas ações devem primeiramente focar a estabilização dos processos, ou seja, a remoção das causas especiais de variação. Posteriormente os planos de ação devem ser direcionados para as ações sobre o sistema (causas comuns). Uma vez efetivadas as melhorias, o banco de dados deve ser atualizado.

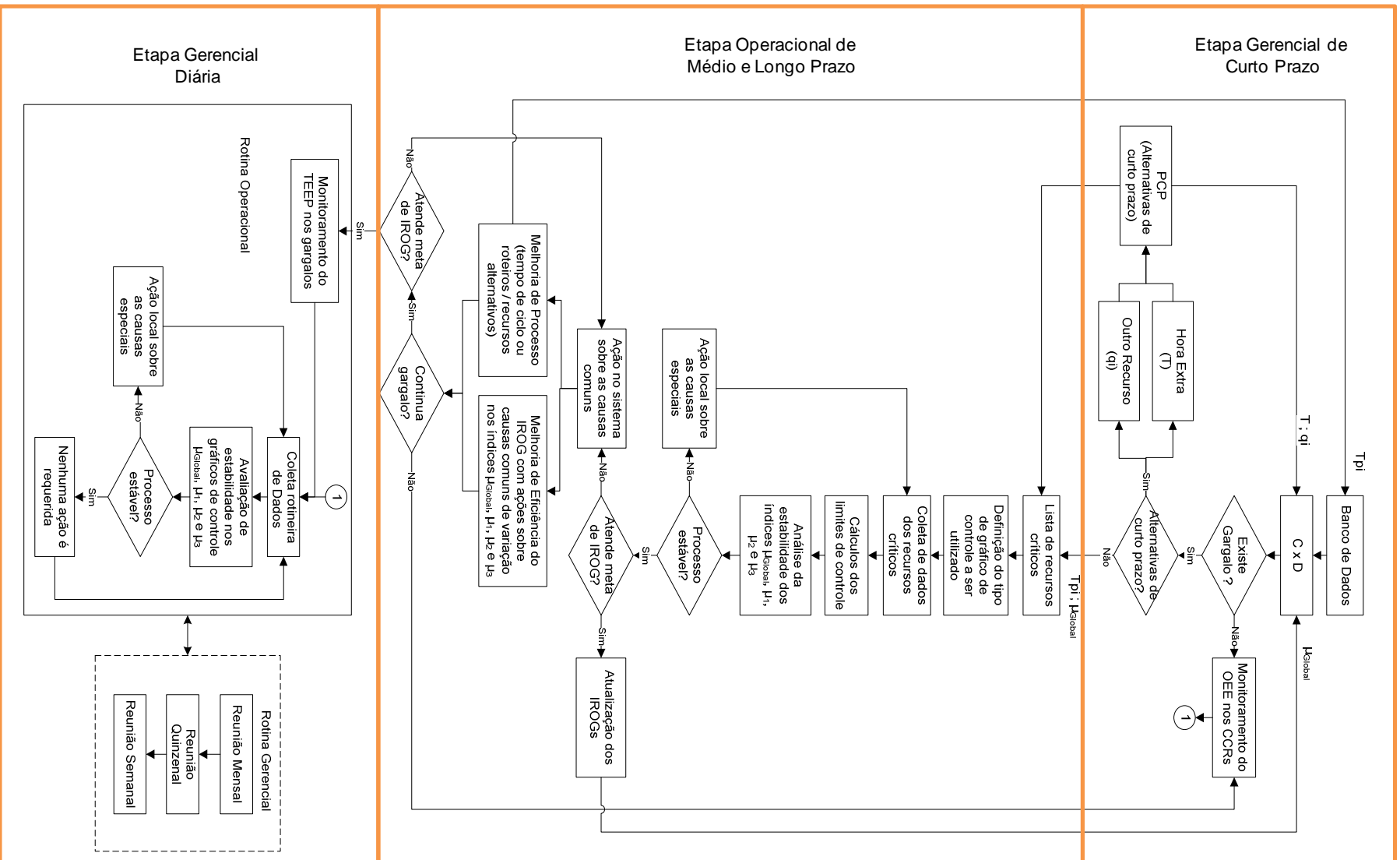


FIGURA 20: Fluxograma com as Etapas para a GPT

4.3.3 Etapa Gerencial Diária

Após a estabilização do processo, viabiliza-se o monitoramento dos índices do IROG através dos gráficos de controle estatístico. A coleta de dados segue as rotinas já apresentadas, com registros nos diários de bordo, alimentação dos sistemas informatizados e geração dos gráficos. A tabulação de dados poderá ser por turno de produção ou diária. Os índices de μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} devem ser monitorados em gráficos de controle separados, permitindo análises e tomadas de ações específicas.

Na medida em que as observações são coletadas e os pontos são marcados nos gráficos de controle, devem ser realizadas avaliações sobre a estabilidade do processo, ou seja, se o processo continua operando sem a presença de causas especiais. Se não forem identificadas causas especiais, nenhuma ação é requerida. Caso sejam detectadas causas especiais devem ser tomadas ações locais imediatas.

Os gráficos de controle devem estar dispostos junto aos postos de trabalho viabilizando uma gestão adequada com a tomada de ações em tempo hábil. Os mesmos gráficos podem ser disponibilizados para as demais áreas envolvidas na GPT.

Outros relatórios ou gráficos gerenciais também devem ser disponibilizados para todas as áreas envolvidas e para os quadros de gestão visual junto aos postos de trabalho monitorados.

As rotinas das reuniões quinzenais e mensais são mantidas conforme descrito na seção 4.2.3. A reunião semanal continua direcionada na avaliação dos resultados, porém a definição de ações sobre as causas especiais passam a ser tomadas localmente no momento mais próximo da sua ocorrência (ou detecção). Na reunião semanal os resultados das ações são analisados e validados.

A mesma rotina de gerenciamento diário pode ser aplicada aos recursos que apresentam um comportamento estável nas medições do IROG, porém ainda não atingiram a meta necessária para o atendimento da demanda.

5 DESCRIÇÃO DOS CASOS

5.1 DESCRIÇÃO DO CASO 1

5.1.1 Descrição do equipamento

O primeiro equipamento a ser analisado é uma prensa de 600 toneladas, marca Gutmann de fabricação nacional (prensa 2). Este equipamento está operando há 13 anos na estampagem de componentes (nervura, cobertura, suporte, tampa e tapa-pó) utilizados na fabricação de câmaras de freios. A figura 21 mostra alguns dos componentes que compõem uma câmara de freio. O equipamento está disposto em um *layout* por processo, sendo atendido por dois operadores por turno de produção e operando com tempo de ciclo entre 6 s e 20 s.

A figura 22 apresenta um fluxograma parcial do processo de fabricação de um componente da câmara de freio produzido na prensa estudada.

O equipamento foi selecionado pela gestão da organização para monitoramento do IROG por ser um recurso com restrição de capacidade (CCR).

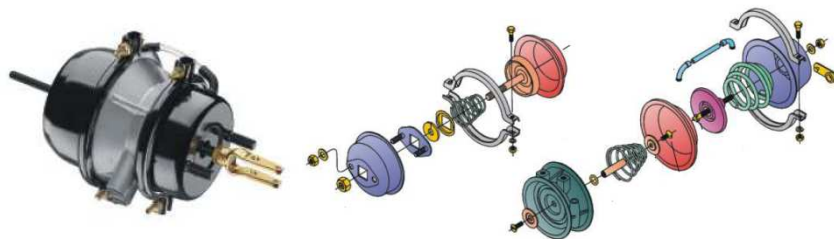


FIGURA 21: Componentes da Câmara de Freios

Fonte: Dados da empresa

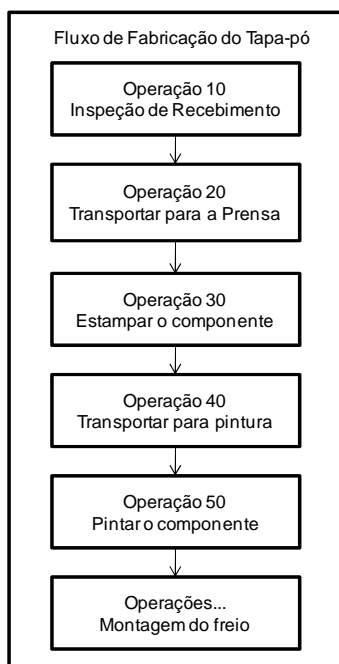


FIGURA 22: Fluxo parcial do processo de fabricação
Fonte: Dados da empresa

5.1.2 Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa

A empresa monitora o IROG dos seus recursos críticos (incluindo a prensa 2) através de dados coletados a partir de diários de bordo preenchidos pelos operadores nos diferentes turnos de produção. O cálculo do IROG para o equipamento estudado segue as equações definidas no capítulo 2 – seção 2.2.

As anotações no diário de bordo incluem o código da peça em produção, as quantidades produzidas, os tempos e tipos de paradas (baseado em códigos de paradas pré-estabelecidos) e as quantidades de peças refugadas e retrabalhadas.

As informações coletadas são digitadas diariamente em um *software* específico, sendo gerados relatórios e gráficos gerenciais, os quais são direcionados aos diferentes níveis da organização. As figuras 23, 24 e 25 apresentam exemplos de relatórios disponibilizados para as gerências, para as áreas de apoio e para os quadros de gestão visual junto aos postos de trabalho monitorados.

As metas de IROG são estabelecidas pela gerência considerando as necessidades de demanda comparadas com as capacidades de produção disponíveis. Estas metas são desdobradas para os índices de μ_1 , μ_2 e μ_3 de forma a compor o IROG desejado. Os gráficos e relatórios de gestão comparam a meta com

o desempenho de cada ponto monitorado. Também são gerados gráficos de Pareto semanais acumulando os valores de paradas que impactam diretamente a avaliação do índice de disponibilidade (μ_1). Em função destes relatórios, as equipes das áreas de apoio e produção geram planos de ação específicos para melhorar o desempenho do IROG. O acompanhamento dos planos de ação é realizado por um *software* de gestão na intranet, reuniões específicas e nos quadros de gestão visual junto aos postos de trabalho.

GESTÃO DO POSTO DE TRABALHO

MÊS		OUTUBRO			TEMPOS MÉDIOS DE SETUP	
SETOR	ESTAMPARIA			Frequência T3	0	
EQUIPAMENTO	PRENSA 2			Frequência T1	69	
GARGALO?	NÃO			Frequência T2	62	
ÍNDICE GLOBAL	67%	ATUAL	77%	Tempo Médio (min) T3	0	
μ_1	85%	87%		Tempo Médio (min) T1	21	
μ_2	80%	88%		Tempo Médio (min) T2	14	
μ_3	100%	100%		Frequência Total	131	
				Tempo Médio (min) Total	18	

DIA / TURNO	Paradas		T. Disponível		Tempo		Produção		Eficiência OEE			
	Prog.	N Prog.	TEEP	OEE	Real	Refugo	Total	Min	Global	μ_1	μ_2	μ_3
T3	0	0	0	0	0	0	0	0				
T1	1467	1918	12348	10881	8963	2	41630	7105	65%	82%	79%	100%
T2	1155	1390	11628	10473	9083	7	44185	7251	69%	87%	80%	100%
TOTAL	2622	3308	23976	21354	18046	9	85815	14356	67%	85%	80%	100%
1 3	0	0	0	0	0	0	0	0				
1 1	60	85	588	528	443	0	2346	296	56%	84%	67%	100%
1 2	10	50	552	542	492	0	1873	367	68%	91%	75%	100%
1 T	70	135	1140	1070	935	0	4219	663	62%	87%	71%	100%
2 3	0	0	0	0	0	0	0	0				
2 1	60	128	588	528	400	0	1942	329	62%	76%	82%	100%
2 2	10	47	552	542	495	0	2509	480	89%	91%	97%	100%
2 T	70	175	1140	1070	895	0	4451	809	76%	84%	90%	100%

FIGURA 23: Exemplo de relatório gerencial

Fonte: Dados da empresa

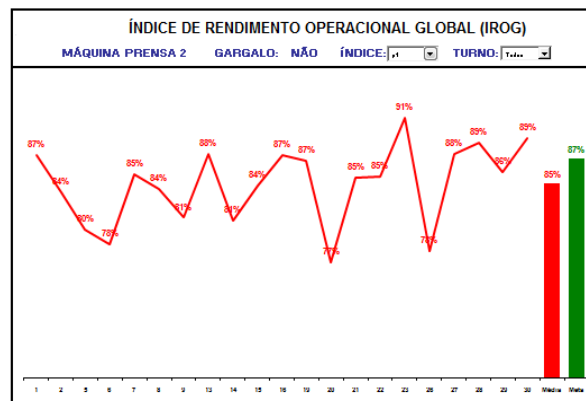


FIGURA 24: Exemplo de um relatório gerencial

Fonte: Dados da empresa



FIGURA 25: Exemplo de gestão visual
Fonte: Dados da empresa

5.1.3 Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG

Como forma de entender o processo e o efeito da variabilidade sobre a avaliação do IROG foram realizadas sessões de *brainstorming* com o grupo de trabalho responsável pela implementação da GPT na empresa estudada. As reuniões envolveram pessoal de diferentes áreas de atuação (produção, processo, qualidade, manutenção e setup) e foram utilizados diagramas de causa e efeito como ferramenta suporte para avaliação dos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 . Neste momento o objetivo foi relacionar as prováveis causas ou fatores que poderiam afetar a variabilidade, sem avaliar a sua magnitude ou eventuais correlações. A tabela 10 apresenta as causas de variabilidade levantadas que afetam a Prensa 2.

TABELA 10: Fatores que afetam a variabilidade do IROG

Fatores	Material	Mão de Obra	Máquina	Medição	M. Ambiente	Método
μ_1	Falta de material	Experiência	Sistema Alimentação	Rotina de Medição	Manutenção do equipamento vizinho (falta de espaço)	Inspeção Qualidade
	Falta de Caixas Metálicas	Fadiga Habilidade Treinamento Ginástica Laboral Refeição Falta de operador Deslocamento do operador Reunião / Preleção	Mix de produção Manutenção corretiva Regulagens Setup Manutenção de ferramental Falta de Energia Manutenção Autônoma Quebra de ferramental	Deslocamento para a tridimensional Espera para o uso da bancada de medição		Aguardando Manutenção Limpeza / organização / 5S Falta de padronização do setup
μ_2	Irregularidade da chapa	Experiência	Pequenas regulagens	Registros na produção	Calor/frio	Ajuste Velocidade
	Rebarbas na chapa	Fadiga Habilidade Registro incorreto Falta de registro Cronometragem de tempos incorreta Falta de treinamento	Desgaste/folgas Regulagem de golpes Carro Hidráulico Lubrificação insuficiente Falha na Alimentação Tempo de ciclo incorreto Paradas para limpeza Velocidade incorreta	Acuracidade da coleta manual Relógio não padronizado	Umidade Ruído	Falta de anotação para paradas sem códigos Falta de operação padrão Falta método para registro de pequenas paradas
μ_3	Incorreto	Ajuste incorreto	Aumento de velocidade	Incorreta	Calor/frio	Ajuste Velocidade
	Superfície Irregular Dimensões fora do especificado Composição fora do especificado	Falta de Atenção Fadiga Falta de treinamento	Desgaste da ferramenta Ajuste incorreto Setup incorreto Quebra de ferramenta	Local inadequado Instrumentos errados	Umidade	Falta de operação padrão Falta de padronização do setup

5.1.4 Coleta de dados para avaliação da variabilidade

Para mensurar a variabilidade do processo produtivo sobre o IROG na Prensa 2 foram coletados dados referentes ao mês de outubro 2009. Os dados foram estratificados por dia e turnos de produção e estão apresentados na tabela 11.

TABELA 11: Dados de IROG do mês de outubro 2009

Eficiência OEE - Outubro 2009											
Dia	Turno	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Dia	Turno	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1	1	56,10	83,90	66,87	100,00	16	2	86,95	94,57	91,94	100,00
1	2	67,65	90,77	74,52	100,00	19	1	79,06	82,95	95,31	100,00
2	1	62,28	75,76	82,21	100,00	19	2	59,30	90,60	65,46	100,00
2	2	88,56	91,33	96,97	100,00	20	1	69,87	80,39	86,91	100,00
5	1	68,51	82,40	83,14	100,00	20	2	51,26	72,61	70,59	100,00
5	2	69,31	77,27	89,69	100,00	21	1	64,10	83,90	76,40	100,00
6	1	63,48	73,47	86,46	99,94	21	2	62,67	86,51	72,44	100,00
6	2	61,45	83,40	73,75	99,89	22	1	58,66	79,68	73,62	100,00
7	1	76,82	87,08	88,22	100,00	22	2	61,72	91,29	67,64	99,95
7	2	68,48	83,73	81,79	100,00	23	1	63,65	89,80	70,88	100,00
8	1	68,12	83,98	81,16	99,95	23	2	82,88	92,74	89,37	100,00
8	2	80,19	84,02	95,44	100,00	26	1	51,54	67,23	76,66	100,00
9	1	73,88	79,53	92,90	100,00	26	2	59,85	89,21	67,09	100,00
9	2	79,36	82,63	96,08	99,96	27	1	62,03	86,27	71,90	100,00
13	1	81,79	88,64	92,27	100,00	27	2	61,24	88,82	68,95	100,00
13	2	64,83	86,23	75,18	100,00	28	1	67,80	87,69	77,32	100,00
14	1	54,54	72,82	74,90	100,00	28	2	51,10	89,63	57,01	100,00
14	2	81,56	88,22	92,44	100,00	29	1	69,41	86,74	80,02	100,00
15	1	55,40	84,85	65,29	100,00	29	2	72,90	84,44	86,38	99,95
15	2	67,10	83,82	80,13	99,90	30	1	60,87	90,91	66,95	100,00
16	1	63,20	79,92	79,07	100,00	30	2	67,26	87,32	77,02	100,00

Fonte: Dados da Empresa

5.1.5 Cálculo e apresentação das estatísticas descritivas

Com base nos dados de outubro 2009, foram calculadas as médias, medianas, desvios-padrões, testes de normalidade e construídos intervalos de confiança. Estes dados foram utilizados para os cálculos dos limites para os gráficos de controle a serem inicialmente utilizados. As figuras 26, 27, 28 e 29 apresentam os dados referentes ao IROG desdobrados nos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 .

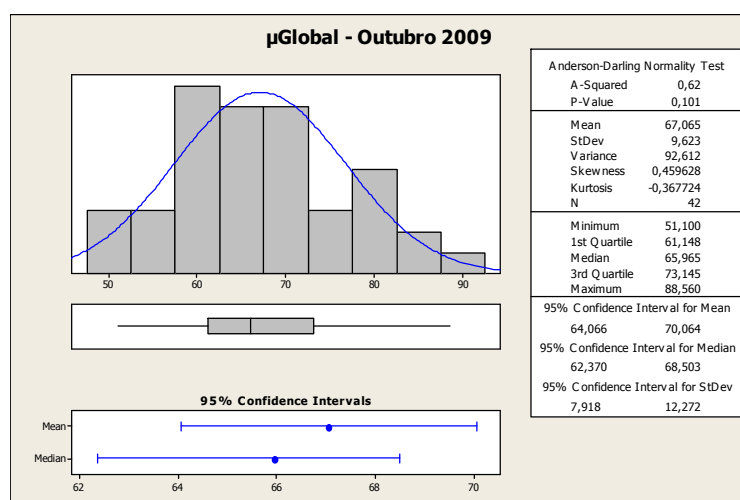
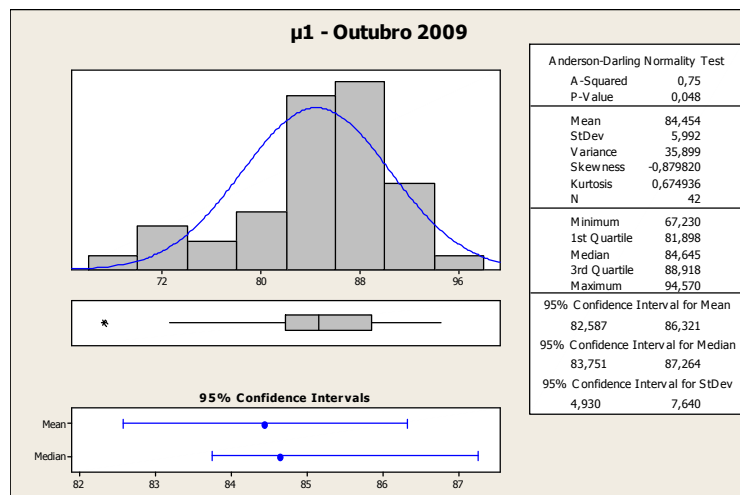
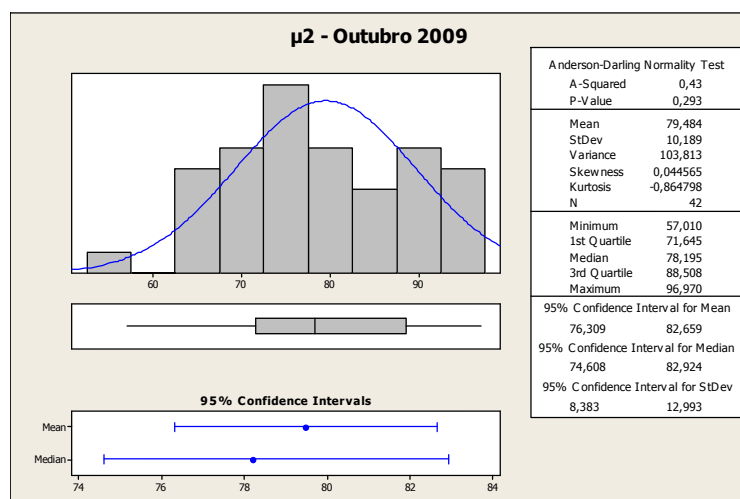
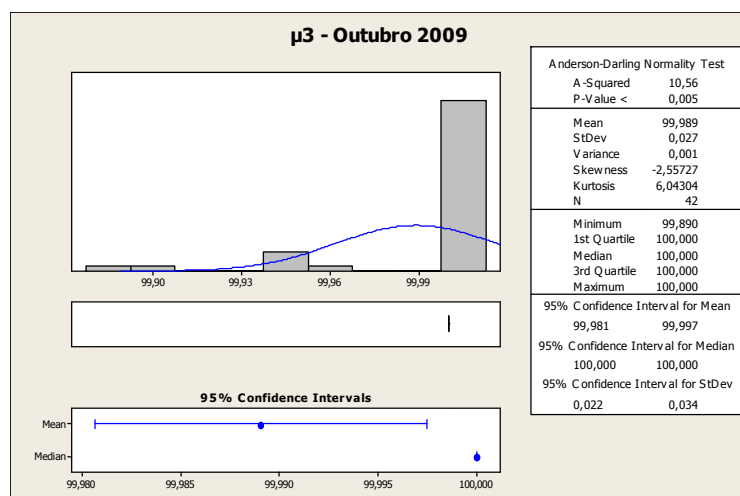


FIGURA 26: Estatísticas μ_{Global}

FIGURA 27: Estatísticas μ_1 FIGURA 28: Estatísticas μ_2 FIGURA 29: Estatísticas μ_3

5.1.6 Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado

Em função da natureza dos dados (variáveis) e da freqüência da coleta de dados (uma vez por turno), uma primeira indicação de gráfico de controle sugere o uso dos gráficos de valores individuais e amplitudes móveis.

Considerando a maior sensibilidade das médias para detecção de causas especiais e a redução da preocupação com as distribuições de valores individuais fortemente assimétricas, os gráficos de médias e amplitudes móveis apresentam-se como uma alternativa vantajosa (RAMOS, 2000; MONTGOMERY, 2001). Para validação da aplicabilidade destes gráficos foram realizados testes de normalidade nos dados de IROG dos processos estabilizados. A limitação inicial na quantidade de dados coletados nas cartas é compensada com a continuidade da sua aplicação e não rejeição dos testes de normalidade com níveis de significância de 10%.

A alternativa do uso do gráfico p é descartada pelo não atendimento do modelo binomial, em função da probabilidade de ocorrências que afetam o IROG não se manterem constantes durante todo o mês. Essa probabilidade variável (dentro de cada período de tempo), para que ocorra a contagem do atributo, enfraquece o modelo binomial tornando os limites dos gráficos p e np incorretos e inapropriados (BREYFOGLE, 1999; WHEELER, 2001).

O gráfico de controle da soma cumulativa (CUSUM) e o gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) apresentam maior sensibilidade para detectar pequenas mudanças no processo que o gráfico de médias e amplitudes móveis (Montgomery, 2001). No entanto, estes foram descartados por serem mais complexos e de maior dificuldade para utilização pelo pessoal da empresa responsável pela gestão do posto de trabalho.

O equipamento estudado trabalha com baixo índice de defeitos, resultado da robustez do processo, a qual é sustentada pelo uso de dispositivos à prova de erros. Como resultado, o impacto do índice μ_3 no resultado do IROG não é significativo. No mês de outubro em 35 das 42 observações o valor de μ_3 foi igual a 1,00 ou 100%. Nos demais dias ocorreram 42 refugos, resultando em índice de 489 PPM. A falta de variabilidade nas medições do μ_3 e a distribuição assimétrica dos dados prejudicam a utilização de gráficos de controle estatístico. Uma alternativa viável é o uso dos

gráficos de pré-controle, os quais trabalham em faixas de tolerâncias especificadas, considerando as distribuições das medições (PYZDEK, 2001).

Desta forma, ficou definida a utilização dos gráficos de médias e amplitudes móveis para os índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 e de pré-controle para o índice μ_3 .

5.1.7 Cálculo dos limites de controle para os gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle

Considerando a utilização de valores individuais (medições por turno de produção) e tamanhos de subgrupos $n = 3$, foram calculadas as médias e amplitudes móveis, bem como os limites de controle para os gráficos de μ_{Global} , μ_1 e μ_2 . Outros tamanhos de subgrupos ($n = 2, 4$ e 5) foram avaliados, porém o subgrupo de tamanho 3 demonstrou-se mais adequado. Para o μ_3 foram considerados os valores individuais de medição. Os valores referentes ao mês de outubro 2009 são apresentados na tabela 12.

TABELA 12: Valores Individuais, Médias e Amplitudes Móveis para os Dados de IROG do mês de outubro 2009

Dia	Turno	μ_{Global}	$\bar{x}m_i$	Rm_i	μ_1	$\bar{x}m_i$	Rm_i	μ_2	$\bar{x}m_i$	Rm_i	μ_3
1	1	56,10			83,90			66,87			100,00
1	2	67,65			90,77			74,52			100,00
2	1	62,28	62,01	11,55	75,76	83,48	15,02	82,21	74,53	15,34	100,00
2	2	88,56	72,83	26,28	91,33	85,95	15,57	96,97	84,57	22,45	100,00
5	1	68,51	73,11	26,28	82,40	83,16	15,57	83,14	87,44	14,76	100,00
5	2	69,31	75,46	20,05	77,27	83,67	14,06	89,69	89,93	13,83	100,00
6	1	63,48	67,10	5,82	73,47	77,71	8,93	86,46	86,43	6,55	99,94
6	2	61,45	64,75	7,86	83,40	78,05	9,93	73,75	83,30	15,94	99,89
7	1	76,82	67,25	15,37	87,08	81,32	13,61	88,22	82,81	14,47	100,00
7	2	68,48	68,92	15,37	83,73	84,74	3,68	81,79	81,26	14,47	100,00
8	1	68,12	71,14	8,70	83,98	84,93	3,35	81,16	83,72	7,07	99,95
8	2	80,19	72,26	12,07	84,02	83,91	0,30	95,44	86,13	14,28	100,00
9	1	73,88	74,06	12,07	79,53	82,51	4,49	92,90	89,83	14,28	100,00
9	2	79,36	77,81	6,31	82,63	82,06	4,49	96,08	94,81	3,19	99,96
13	1	81,79	78,34	7,90	88,64	83,60	9,10	92,27	93,75	3,81	100,00
13	2	64,83	75,33	16,96	86,23	85,83	6,01	75,18	87,85	20,90	100,00
14	1	54,54	67,05	27,25	72,82	82,56	15,82	74,90	80,78	17,38	100,00
14	2	81,56	66,97	27,02	88,22	82,42	15,41	92,44	80,84	17,55	100,00
15	1	55,40	63,83	27,02	84,85	81,96	15,41	65,29	77,54	27,15	100,00
15	2	67,10	68,02	26,16	83,82	85,63	4,41	80,13	79,29	27,15	99,90
16	1	63,20	61,90	11,69	79,92	82,86	4,92	79,07	74,83	14,83	100,00
16	2	86,95	72,41	23,75	94,57	86,10	14,64	91,94	83,71	12,87	100,00
19	1	79,06	76,40	23,75	82,95	85,81	14,64	95,31	88,77	16,24	100,00
19	2	59,30	75,10	27,64	90,60	89,37	11,61	65,46	84,24	29,85	100,00
20	1	69,87	69,41	19,76	80,39	84,65	10,21	86,91	82,56	29,85	100,00
20	2	51,26	60,14	18,61	72,61	81,20	17,99	70,59	74,32	21,46	100,00
21	1	64,10	61,74	18,61	83,90	78,97	11,29	76,40	77,97	16,32	100,00
21	2	62,67	59,34	12,84	86,51	81,01	13,90	72,44	73,14	5,81	100,00
22	1	58,66	61,81	5,44	79,68	83,37	6,83	73,62	74,15	3,96	100,00
22	2	61,72	61,02	4,01	91,29	85,83	11,61	67,64	71,23	5,98	99,95
23	1	63,65	61,34	4,99	89,80	86,92	11,61	70,88	70,71	5,98	100,00
23	2	82,88	69,41	21,16	92,74	91,28	2,94	89,37	75,96	21,73	100,00
26	1	51,54	66,02	31,34	67,23	83,26	25,50	76,66	78,97	18,49	100,00
26	2	59,85	64,76	31,34	89,21	83,06	25,50	67,09	77,71	22,28	100,00
27	1	62,03	57,81	10,48	86,27	80,91	21,98	71,90	71,88	9,57	100,00
27	2	61,24	61,04	2,17	88,82	88,10	2,94	68,95	69,31	4,80	100,00
28	1	67,80	63,69	6,56	87,69	87,60	2,55	77,32	72,72	8,37	100,00
28	2	51,10	60,05	16,70	89,63	88,71	1,94	57,01	67,76	20,30	100,00
29	1	69,41	62,77	18,32	86,74	88,02	2,88	80,02	71,45	23,01	100,00
29	2	72,90	64,47	21,80	84,44	86,94	5,19	86,38	74,47	29,37	99,95
30	1	60,87	67,73	12,04	90,91	87,36	6,47	66,95	77,79	19,43	100,00
30	2	67,26	67,01	12,04	87,32	87,56	6,47	77,02	76,79	19,43	100,00

Fonte: Dados da Empresa

Os cálculos detalhados dos limites de controle para os gráficos de médias e amplitudes móveis dos índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 do mês de outubro 2009 são apresentados a seguir:

$$\bar{x}_{\mu_{Global}} = \frac{\sum x_i}{k} = \frac{2816,73}{42} = 67,07 \quad (11)$$

$$LSC_{\bar{x}\mu_{Global}} = \bar{x}_{\mu_{Global}} + A_2 \times \bar{R}m = 67,07 + 1,023 \times 16,38 = 83,83 \quad (12)$$

$$LM_{\bar{x}\mu_{Global}} = \bar{x}_{\mu_{Global}} = 67,07 \quad (13)$$

$$LIC_{\bar{x}\mu_{Global}} = \bar{x}_{\mu_{Global}} - A_2 \times \bar{R}m = 67,07 - 1,023 \times 16,38 = 50,31 \quad (14)$$

$$\bar{R}m_{\mu Global} = \frac{\sum RM_i}{k-2} = \frac{655,41}{40} = 16,38 \quad (15)$$

$$LSC_{Rm_{\mu Global}} = D_4 \times \bar{R}m = 2,574 \times 16,38 = 42,16 \quad (16)$$

$$LM_{Rm_{\mu Global}} = \bar{R}m = 16,38 \quad (17)$$

$$LIC_{Rm_{\mu Global}} = D_3 \times \bar{R}m = 0 \times 16,38 = 0 \quad (18)$$

$$\bar{x}_{\mu_1} = \frac{\sum x_i}{k} = \frac{3547,07}{42} = 84,45 \quad (19)$$

$$LSC_{\bar{x}m_{\mu_1}} = \bar{x}_{\mu_1} + A_2 \times \bar{R}m = 84,45 + 1,023 \times 10,22 = 94,90 \quad (20)$$

$$LM_{\bar{x}m_{\mu_1}} = \bar{x}_{\mu_1} = 84,45 \quad (21)$$

$$LIC_{\bar{x}m_{\mu_1}} = \bar{x}_{\mu_1} - A_2 \times \bar{R}m = 84,45 - 1,023 \times 10,22 = 74,00 \quad (22)$$

$$\bar{R}m_{\mu_1} = \frac{\sum Rm}{k-2} = \frac{408,80}{40} = 10,22 \quad (23)$$

$$LSC_{Rm_{\mu_1}} = D_4 \times \bar{R}m = 2,574 \times 10,22 = 26,31 \quad (24)$$

$$LM_{Rm_{\mu_1}} = \bar{R}m = 10,22 \quad (25)$$

$$LIC_{Rm_{\mu_1}} = D_3 \times \bar{R}m = 0 \times 10,22 = 0 \quad (26)$$

$$\bar{x}_{\mu_2} = \frac{\sum x_i}{k} = \frac{3338,34}{42} = 79,48 \quad (27)$$

$$LSC_{\bar{x}m_{\mu_2}} = \bar{x}_{\mu_2} + A_2 \times \bar{R}m = 79,48 + 1,023 \times 15,76 = 95,60 \quad (28)$$

$$LM_{\bar{x}m_{\mu_2}} = \bar{x}_{\mu_2} = 79,48 \quad (29)$$

$$LIC_{\bar{x}m_{\mu_2}} = \bar{x}_{\mu_2} - A_2 \times \bar{R}m = 79,48 - 1,023 \times 15,76 = 63,36 \quad (30)$$

$$\bar{R}m_{\mu_2} = \frac{\sum Rm}{k-2} = \frac{408,80}{40} = 15,76 \quad (31)$$

$$LSC_{Rm_{\mu_2}} = D_4 \times \bar{R}m = 2,574 \times 15,76 = 40,57 \quad (32)$$

$$LM_{Rm_{\mu_2}} = \bar{R}m = 15,76 \quad (33)$$

$$LIC_{Rm_{\mu_2}} = D_3 \times \bar{R}m = 0 \times 15,76 = 0 \quad (34)$$

Os valores das constantes A_2 , D_3 e D_4 foram extraídos da tabela 8 do referencial teórico – seção 2.3.2.

Os limites (zonas de advertência) para o gráfico de pré-controle do índice μ_3 foram estabelecidos em função do valor mínimo de desempenho (tolerância unilateral mínima) definido pela empresa ($\mu_3 = 99\%$), resultando uma faixa de tolerância de 99 a 100%. A zona verde da faixa de tolerância inclui os $\frac{3}{4}$ superiores do intervalo, a zona amarela o $\frac{1}{4}$ inferior do intervalo e a zona vermelha os valores abaixo do limite mínimo. Desta forma, a zona verde ficou estabelecida entre os valores de 100% até um limite mínimo de 99,25%, a zona amarela de 99,249% até 99% e a zona vermelha para valores abaixo de 99% (PYZDEK, 2001).

5.1.8 Elaboração dos gráficos de controle e pré-controle para os dados coletados em outubro 2009

Com base nos cálculos de limites e dados de outubro foram elaborados os gráficos de controle e pré-controle para o IROG desdobrados pelos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 . As figuras 30, 31 e 32 apresentam os gráficos de médias e amplitudes móveis para os índices de μ_{global} , μ_1 e μ_2 . A figura 33 apresenta o gráfico de pré-controle de μ_3 .

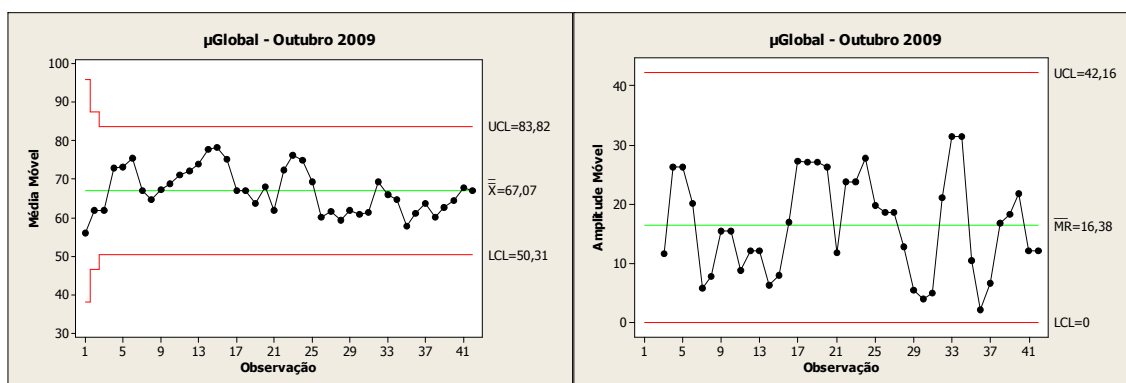


FIGURA 30: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

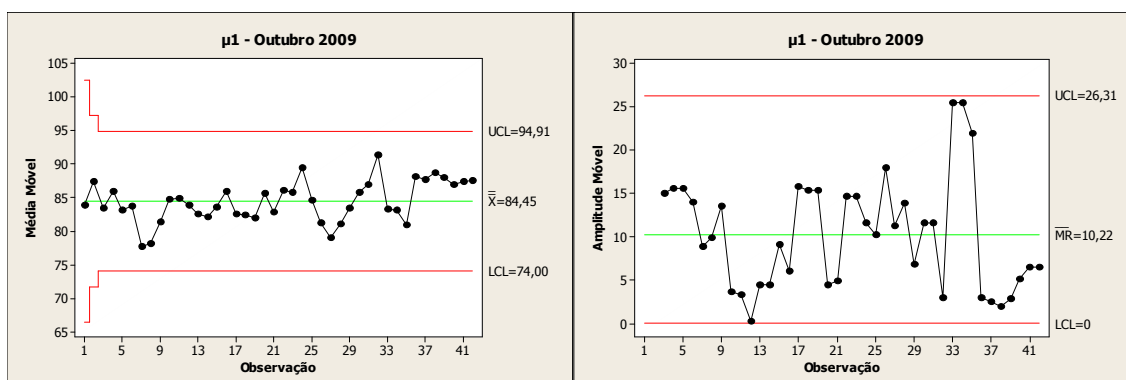


FIGURA 31: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

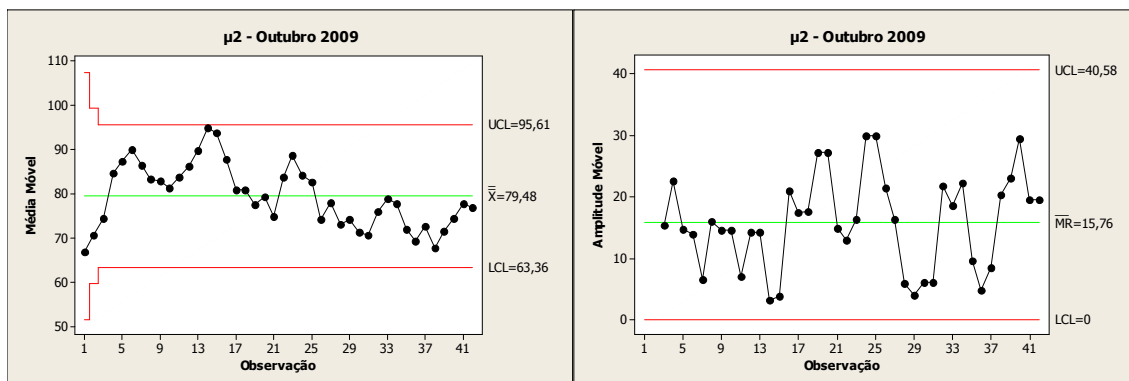


FIGURA 32: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

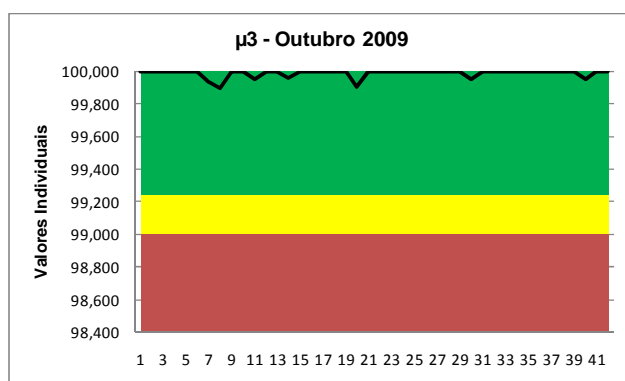


FIGURA 33: Gráfico de Pré-controle μ_3

5.1.9 Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais

Os gráficos de controle de médias e amplitudes móveis referentes aos índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 foram analisados quanto à presença de causas especiais de variação. Já o gráfico de pré-controle foi analisado quanto a valores que excedam os limites estabelecidos. As análises foram conduzidas em primeiro lugar nos gráficos de μ_1 , μ_2 e μ_3 onde existe a possibilidade de ações diretas de gestão. Posteriormente a mesma análise foi conduzida no gráfico de μ_{Global} para avaliação de um efeito combinado.

Nos gráficos de média móvel e amplitude móvel, uma causa especial é detectada quando um valor médio excede os limites de controle calculados. Outros sinais de não aleatoriedade (possíveis indicações de causas especiais) não são utilizados em função dos valores sucessivos das médias móveis não serem independentes (GRANT e LEAVENWORTH, 1996).

Para o gráfico de pré-controle ficou estabelecido o limite máximo de duas observações consecutivas na zona amarela ou qualquer ocorrência na zona vermelha (PYZDEK, 2001).

Com base nos critérios definidos, a prensa 2 apresentou um desempenho estável do IROG durante o mês de outubro, ou seja, não foram detectadas presenças de causas especiais nos gráficos dos índices de μ_{Global} , μ_1 e μ_2 , bem como valores excedendo os limites estabelecidos para o μ_3 .

Em função dos resultados obtidos foi dada continuidade ao uso dos gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle no mês de novembro 2009, mantendo-se os mesmos limites de controle calculados em outubro 2009.

5.1.10 Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais para os meses posteriores

Os gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle do mês de novembro foram inicialmente traçados com os mesmos limites utilizados no mês de outubro (que apresentou um desempenho estável). Os cálculos dos valores das médias e amplitudes móveis seguiram os mesmos critérios do mês anterior (tabela 12 – seção 5.1.7).

As figuras 34, 35 e 36 apresentam os gráficos de controle das médias e amplitudes móveis dos índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 para o mês de novembro 2009. A figura 37 apresenta o gráfico de pré-controle para o índice μ_3 .

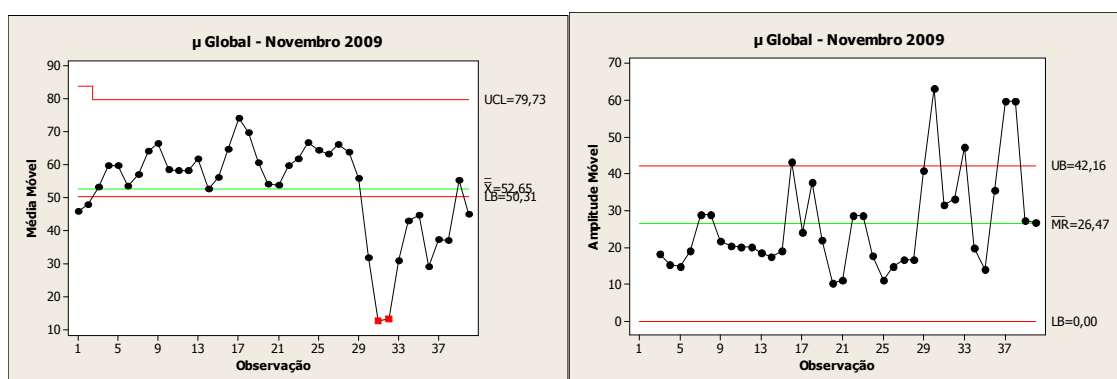
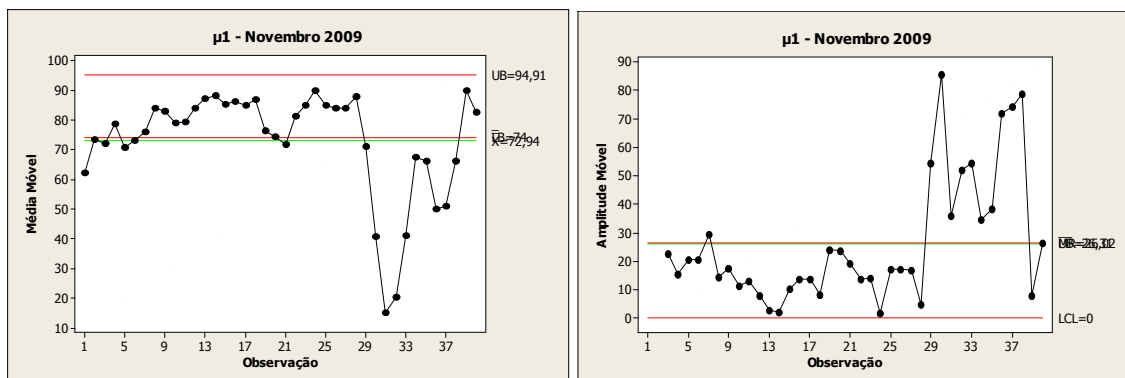
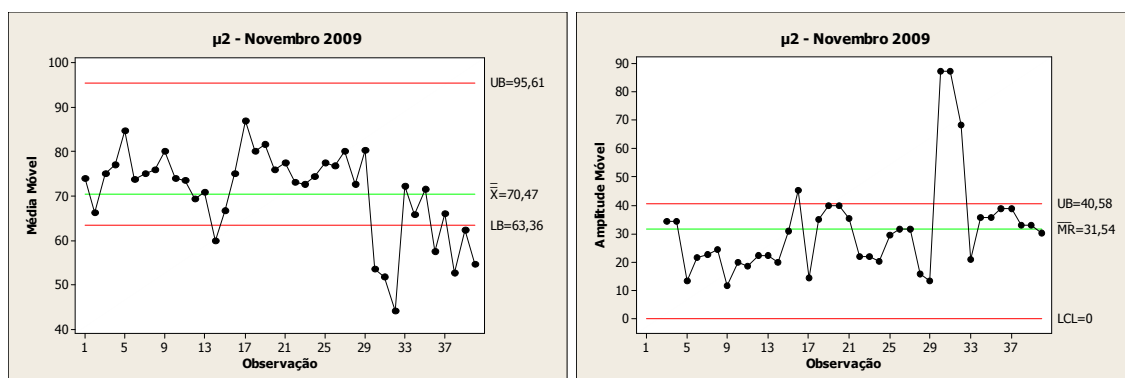
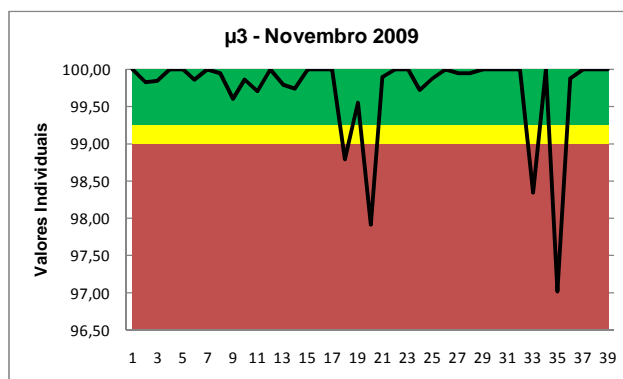


FIGURA 34: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

FIGURA 35: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1 FIGURA 36: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2 FIGURA 37: Gráfico de Pré-controle μ_3

A tabela 13 apresenta os resultados das análises de detecção de causas especiais nos gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle dos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 referentes a novembro 2009.

TABELA 13: Análise de detecção de causas especiais no mês de novembro 2009

Índice	Gráfico	Observações com sinais de instabilidade e causas relacionadas
μ_1	Média Móvel	1, 5, 29, 30, 31, 35 e 36 – Manutenções corretivas realizadas nos dias 3 turno 1, 5 turno 1, 23 turnos 1 e 2, 24 turno 1, 26 turnos 1 e 2 e 30 turno 2. 3, 21, 32 e 33 – Operação de <i>setup</i> com tempo excessivo nos dias 4 turno 1, 16 turno 1, 24 turno 2 e 25 turno 1. 2, 6, 34, 35 e 37 – Estão relacionadas aos eventos já citados.
	Amplitude Móvel	40 - Manutenção corretiva realizada no dia 30 turno 2. 7, 29, 30, 31,32, 33, 35, 36,37 e 38 – Estão relacionadas a situações já apresentadas no gráfico de médias móveis.
μ_2	Média Móvel	14 – 2 produtos com tempos de ciclos reais maiores do que os registrados no sistema no dia 11 turno 2. 30 – Equipamento parado dia 23 turno 2. 36, 38 e 40 – Falta de registros de paradas nos dias 25 turno 2, 26 turno 2, 27 turno 2 e 30 turno 2. 31, 32 e 39 – Estão relacionadas aos eventos já citados.
	Amplitude Móvel	16, 30 e 31– Estão relacionados as situação já apresentadas na carta de médias móveis.
μ_3	Pré-controle	18, 20, 34 e 36 – Refugo maior em função do uso de material com composição fora do especificado nos dias 13 turno 2, 16 turno 2, 25 turno 2 e 26 turno 2. 30 – Equipamento parado no dia 23 turno 2.
μ_{Global}	Média Móvel	1, 2, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 40 – Estão relacionadas às situações já apresentadas análise de μ_1 e μ_2 .
	Amplitude Móvel	16, 30, 33, 37 e 38 – Estão relacionadas a situações já apresentadas análise de μ_1 e μ_2 .

Fonte: Dados da Empresa

A figura 38 apresenta um histograma com os tempos de *setup* realizados durante o mês de novembro. Os valores de 155, 165, 264 e 160 min. sustentam a indicação das observações 3, 21, 32 e 33 como causas especiais de variação no gráfico de médias móveis do índice μ_1 . As paradas normais por *setup* ocorreram nos demais turnos de produção (observações) com um tempo médio de 54min e representam causas comuns de variação. As paradas por *setup* responderam por 48% das perdas no μ_1 , sendo o seu principal motivo.

A figura 39 apresenta um diagrama de Pareto das causas de paradas por manutenções corretivas, assinaladas nas observações 1, 5, 29, 30, 31, 35 e 36 do gráfico de médias móveis e observação 40 do gráfico de amplitudes móveis do índice μ_1 . As manutenções corretivas representaram 43% do total de perdas computadas no μ_1 , sendo o segundo maior motivo de paradas.

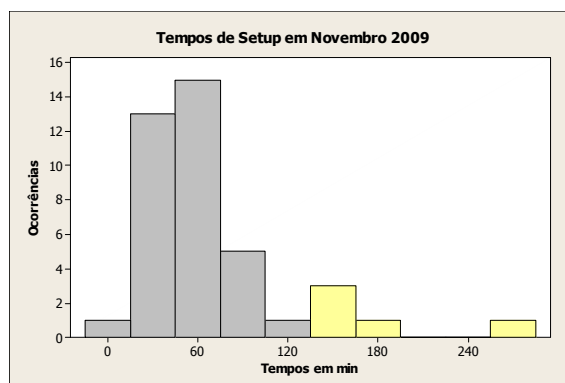


FIGURA 38: Histograma Tempos Setup Novembro 2009

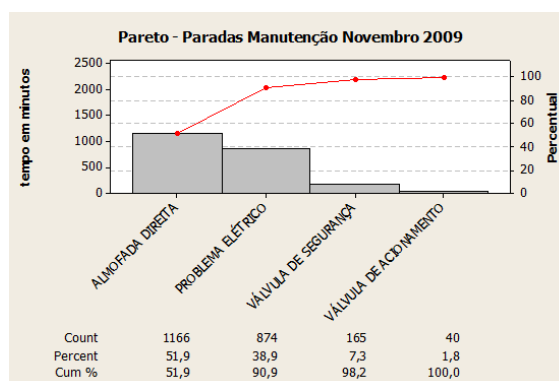


FIGURA 39: Pareto Causas de Manutenção Corretiva Novembro 2009

As observações 36, 38 e 40 assinaladas como causas especiais no gráfico de médias móveis do μ_2 ocorreram sempre no segundo turno de produção e estavam relacionadas a falta de registros de paradas pelo operador responsável. Na realidade, estas perdas estariam relacionadas ao índice μ_1 , mas não foi possível identificar os motivos reais das paradas.

As causas especiais detectadas no gráfico de pré-controle do μ_3 estavam relacionadas a uma quantidade maior de peças refugadas. O gráfico de pré-controle foi utilizado com o fim específico de monitorar o índice μ_3 no contexto do IROG do recurso, não substituindo outras ferramentas de controle de qualidade do produto.

A tabela 14 apresenta uma visão conjunta das causas especiais assinaladas nos gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle para os índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 . As indicações de causas especiais nos gráficos do μ_{Global} sempre foram acompanhadas de observações em pelo menos um dos gráficos dos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 . Uma análise isolada do μ_{Global} não contemplaria as causas especiais

assinaladas nas observações 3, 5, 6, 7, 21 e 29 do índice μ_1 , nas observações 14 e 39 do índice μ_2 e 18 e 20 do μ_3 . Esta situação retardaria ou inviabilizaria a tomada de ações corretivas e/ou preventivas apropriadas e reforça a estratégia da GPT pelo desdobramento dos índices que compõe o IROG.

TABELA 14: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3

Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1	X	X			21		X		
2	X	X			22				
3		X			23				
4					24				
5		X			25				
6		X			26				
7		X			27				
8					28				
9					29		X		
10					30	X	X	X	X
11					31	X	X	X	
12					32	X	X	X	
13					33	X	X		
14			X		34	X	X		X
15					35	X	X		
16	X		X		36	X	X	X	X
17					37	X	X		
18				X	38	X	X	X	
19					39			X	
20				X	40	X	X	X	

X - Causas Especiais

Fonte: Dados da Empresa

A tabela 15 apresenta uma proposta de plano de ação, discutida com as áreas envolvidas na GPT, para remoção das causas especiais identificadas nos gráficos de médias e amplitudes móveis dos índices de μ_{Global} , μ_1 e μ_2 e no gráfico de pré-controle do índice μ_3 .

TABELA 15: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de novembro

Observação	O que fazer (What)	Porque fazer (Why)	Onde Fazer (Where)	Quem (Who)	Como (How)	Quanto (How much)
1	Manutenção Preventiva	Causa Especial μ_1	Prensa 2	Pessoal Manutenção	Substituir o componente e incluir no plano de manutenção preventiva	Sem investimento adicional
5, 6, 35 e 36	Manutenção Preventiva	Causa Especial μ_1	Prensa 2	Pessoal Manutenção	Incluir revisão elétrica no plano de manutenção preventiva	Sem investimento adicional
29, 30 e 31	Manutenção Preventiva	Causa Especial μ_1	Prensa 2	Pessoal Manutenção	Revisar frequência de inspeção do componente	Sem investimento adicional
3, 19, 32 e 33	Treinamento	Causa Especial μ_1	Prensa 2	Pessoal Preset	Treinar operador nos procedimentos de setup	Sem investimento adicional
36,38 e 40	Treinamento	Causa Especial μ_2	Prensa 2	Grupo IROG	Treinar operadores no preenchimento do DB	Sem investimento adicional
14	Revisão Banco de Dados	Causa Especial μ_2	Sistema IROG	Grupo IROG	Revisar informações cadastradas no sistema	Sem investimento adicional
18, 20, 34 e 36	Atuação no Fornecedor	Causa Especial μ_3	Prensa 2	EQF	Tomar ações de contenção, corretivas e preventivas	Sem investimento adicional

Fonte: Dados da Empresa

A tomada de ações corretivas e/ou preventivas próximas a ocorrência dos eventos das causas especiais poderiam evitar a reincidência destes problemas e refletir nos resultados de desempenho dentro dos períodos de avaliação. Esta situação seria viável para as observações 19, 32, 33, 35 e 36 do índice μ_1 e 20, 34 e 36 do μ_3 . Os resultados do mês de novembro sem reincidências de causas especiais são apresentados na tabela 16.

TABELA 16: Resultados do IROG sem reincidência de causas especiais no mês de novembro

Índice	Original	Sem reincidências
μ_{Global}	52,01%	55,29%
μ_1	73,94%	78,56%
μ_2	70,47%	70,47%
μ_3	99,82%	99,87%

Com a identificação e provável remoção das causas especiais pela aplicação do plano de ação proposto na tabela 15, os limites de controle foram recalculados e novos gráficos foram elaborados. As figuras 39, 40 e 41 apresentam os novos gráficos de controle para os índices de μ_{Global} , μ_1 e μ_2 . A figura 42 apresenta o gráfico de pré-controle referente ao μ_3 . Os novos gráficos mostram um comportamento estável para as medições do IROG.

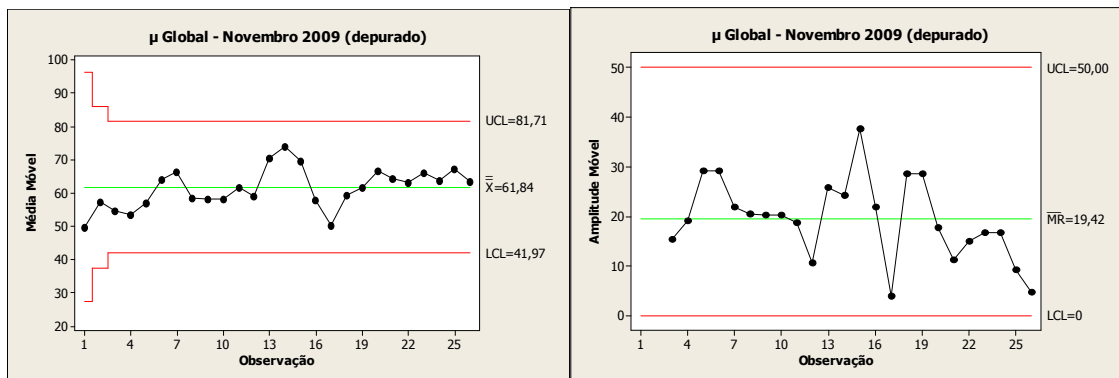


FIGURA 40: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

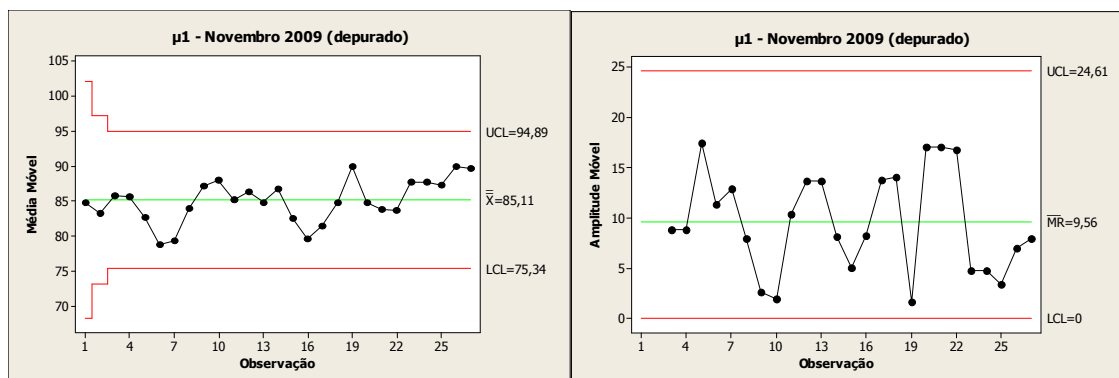


FIGURA 41: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

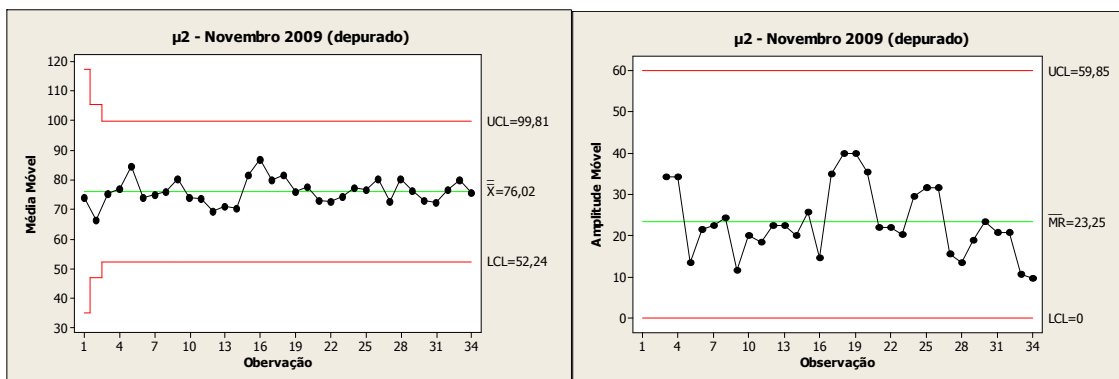


FIGURA 42: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

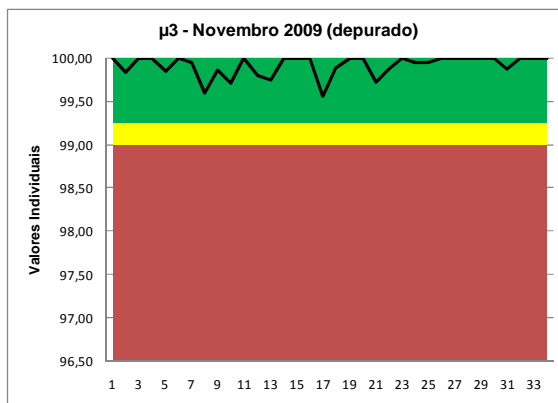


FIGURA 43: Gráfico de Pré-controle μ_3

Para avaliar a capacidade dos gráficos de controle e pré-controle na detecção de mudanças no desempenho da prensa 2, foram realizados testes para avaliação das diferenças dos valores médios dos índices do IROG entre os meses de outubro e novembro (sem as causas especiais). A tabela 17 apresenta os resultados, sendo que não é possível rejeitar a hipótese de igualdade das médias de μ_1 e μ_2 . Para o μ_{Global} a hipótese de igualdade de médias foi rejeitada, ou seja, ocorreram algumas mudanças no desempenho do processo que não foram detectadas nos respectivos gráficos. O μ_3 não foi analisado em função da natureza dos dados e não atendimento do requisito de distribuição normal dos dados.

TABELA 17: Resultados para o teste de igualdades de médias

	μ_1		μ_2		μ_{Global}	
	Out	Nov	Out	Nov	Out	Nov
Média	84,45%	85,11%	79,50%	76,00%	67,17%	61,80%
Desvio-padrão	5,99%	5,55%	10,20%	11,30%	9,62%	10,60%
Erro padrão da média	0,92%	1,10%	1,60%	1,90%	1,50%	2,10%
Observações	42	27	42	34	42	26
Estimativa para diferença	-0,66%		3,46%		5,22%	
Intervalo de confiança de 95% para as diferenças	-3,47% ; +2,17%		- 1,52% ; +8,44%		+ 0,07% ; + 10,37%	
P-Value	0,642		0,170		0,047	
Resultado	Não Rejeitar		Não Rejeitar		Rejeitar	

Os resultados do IROG de novembro de 2009, com a remoção de todas as causas especiais identificadas, atenderiam a meta de μ_{Global} estabelecida pela organização. A obtenção de um desempenho médio do μ_{Global} acima de 61,84% seria viável com a implementação de um plano de ações sobre as causas comuns de variação. A tabela 18 apresenta as metas estabelecidas pela empresa e os resultados do IROG de novembro sem as causas especiais de variação.

TABELA 18: Metas x Resultados do IROG em Novembro 2009

Índice	Meta	Original	Sem Causas Especiais
μ_{Global}	58%	52,01%	61,84%
μ_1	88%	73,94%	85,11%
μ_2	72%	70,47%	76,02%
μ_3	100%	99,82%	99,89%

Também é importante avaliar o efeito da variabilidade no desempenho do IROG durante o mês de produção. Pelos limites calculados para o gráfico do μ_{Global} ,

o valor médio poderia oscilar entre 50,31% e 83,82% (dados de outubro). Esta faixa de variação poderia ocasionar o não atendimento da demanda requerida em alguns turnos de produção, quando os valores do μ_{Global} ficassem abaixo da meta estabelecida pela empresa (mesmo com as compensações futuras de valores acima da meta). Esta situação ocorreu em 22 turnos de produção durante o mês de novembro, quando ocorreu queda do valor médio e aumento da variabilidade do μ_{Global} , devido a ocorrência das causas especiais apresentadas na tabela 13. A tabela 19 apresenta o comportamento da média e variabilidade do μ_{Global} em relação a meta estabelecida. Para proteção do sistema contra a variabilidade, poderiam ser utilizadas estratégias como estoques de segurança, reserva de capacidade, entre outras.

TABELA 19: Metas x Comportamento das médias e variações do μ_{Global}

	Outubro 2009	Novembro 2009	
	Original	Original	Sem Causas Especiais
Meta	58%	58%	
Resultado Médio	67,06%	52,01%	62,17%
Desvio Padrão	9,62%	19,01%	10,16%
Coefficiente de Variação	0,14	0,37	0,16
Valor Mínimo	51,10%	0%	45,87%
Valor Máximo	88,56%	87,31%	87,31%
Número de turnos que não atenderam a meta	6	22	10
Número de turnos avaliados	42	40	26
% de turnos que não atenderam a meta	14,29%	55,00%	38,46%

Para o mês de dezembro 2009 foram seguidos os mesmos passos de novembro, com a utilização dos limites dos gráficos de controle e pré-controle de novembro sem as causas especiais (figuras 34, 35, 36 e 37).

As figuras 44, 45 e 46 apresentam os gráficos de controle das médias e amplitudes móveis dos índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 para o mês de dezembro 2009. A figura 47 apresenta o gráfico de pré-controle para o índice μ_3 .

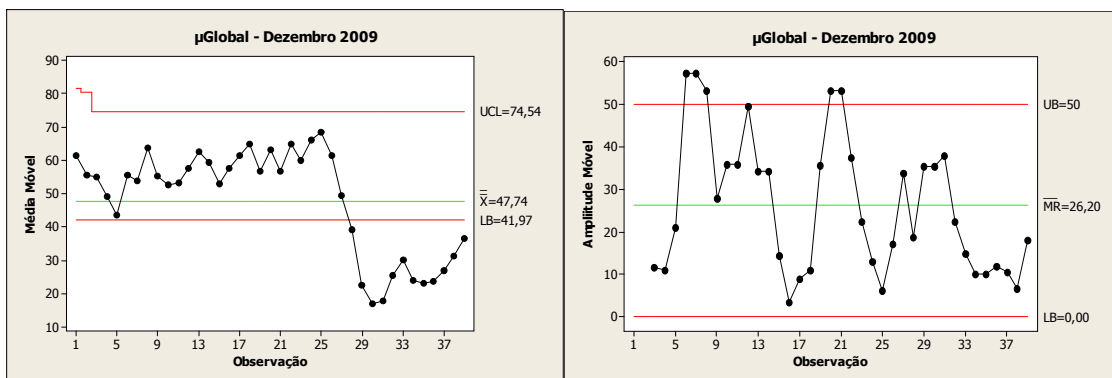


FIGURA 44: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

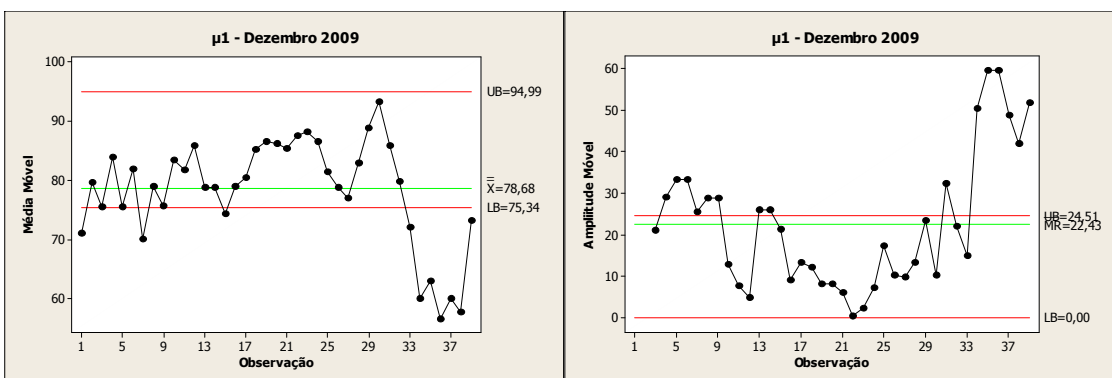


FIGURA 45: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

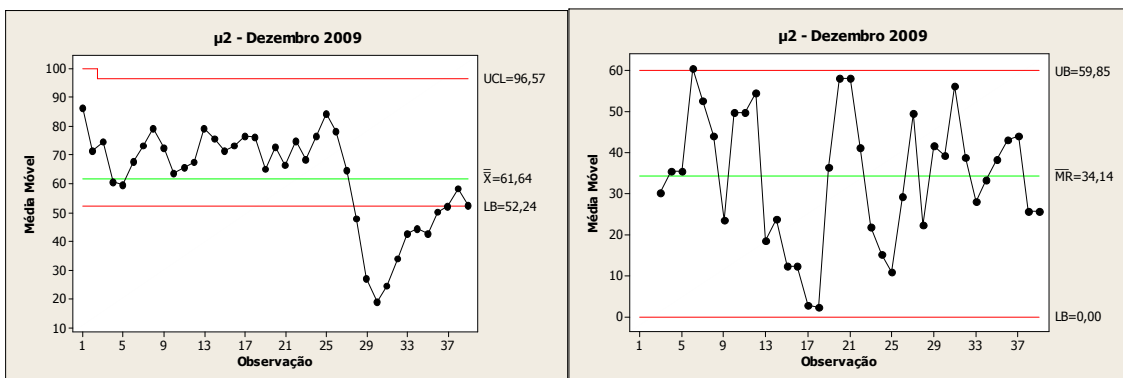


FIGURA 46: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

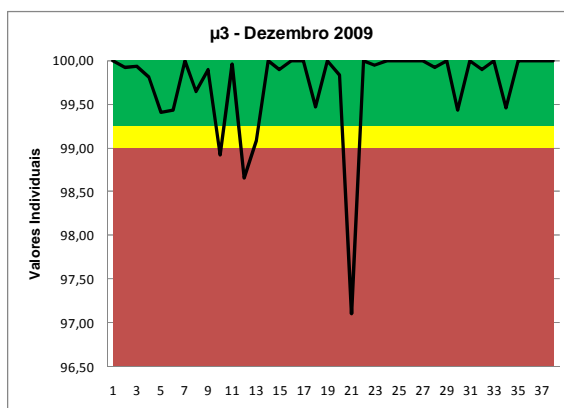


FIGURA 47: Gráfico de Pré-controle μ_3

A tabela 20 apresenta os resultados das análises de detecção de causas especiais referentes ao mês de dezembro 2009.

TABELA 20: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Dezembro 2009

Índice	Gráfico	Observações com sinais de instabilidade e causas relacionadas
μ_1	Média Móvel	7 e 33 – Operação de setup com tempo excessivo no dia 3 turno 1 e no dia 22 turno 1. 7 e 34 – Manutenção de ferramental no dia 4 turno 1 e no dia 28 turno 1. 1, 15, 36 e 37 – Manutenções corretivas no dia 1º turno 1, no dia 9 turno 1 e no dia 29 turnos 1 e 2. 15, 33, 34 e 35 – Deslocamento do operador no dia 9 turno 1, no dia 23 turno 1 e no dia 28 turno 1. 33 – Regulagem de máquina no dia 23 turno 1. 34 – Liberação dimensional no dia 28 turno 1. 38 e 39 – Estão relacionadas aos eventos já citados.
	Amplitude Móvel	3 e 4 – Manutenção corretiva no dia 2 turno 1. 31 – Equipamento parado no dia 21 turno 1. 5, 6, 7, 8, 9, 13,14, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 – Estão relacionadas a situações já apresentadas no gráfico de médias móveis.
μ_2	Média Móvel	32 – 1 produto com tempo de ciclo real maior do que o registrado no sistema no dia 22 turno 2. 29 – Equipamento parado dia 21 turno 1. 28, 30, 33, e 35 – Falta de registros de paradas nos dias 18 turnos 1 e 2, 21 turno 2, 22 turno 2, 23 turno 1 e 28 turno 2 31, 34, 36 e 37 – Estão relacionadas aos eventos já citados.
	Amplitude Móvel	6 – Tempo de ciclo maior que o real para um produto.
μ_3	Pré-Controle	10,12 e 21 – Uso de material com composição fora do especificado nos dias 7 turno 2, 8 turno 2 e 15 turno 1. 29 – Equipamento parado dia 21 turno 1.
μ_{Global}	Média Móvel	28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 – Estão relacionadas a situações já apresentadas análise de μ_1 e μ_2 .
	Amplitude Móvel	20 e 21 – Efeito de baixo μ_2 por falta de registro de paradas no dia 14 turno 2. 6, 7 e 8 – Estão relacionadas a situações já apresentadas análise de μ_1 e μ_2 .

Fonte: Dados da Empresa

A figura 48 apresenta um histograma com os tempos de setup realizados em dezembro, destacando as causas especiais nas observações 7 e 33 da carta de médias móveis do μ_1 , ambas com tempos de 170min (a média dos eventos normais foi de 59min). As paradas por setup responderam por 59% das perdas do μ_1 , sendo o seu principal motivo.

A figura 49 apresenta o diagrama de Pareto das causas de paradas por manutenções corretivas, assinaladas nas observações 15, 36 e 37 da carta de

médias móveis e 3 da carta de amplitudes móveis do μ_1 . As manutenções corretivas representaram 17% do total de perdas computadas no μ_1 , sendo o segundo maior motivo de paradas.

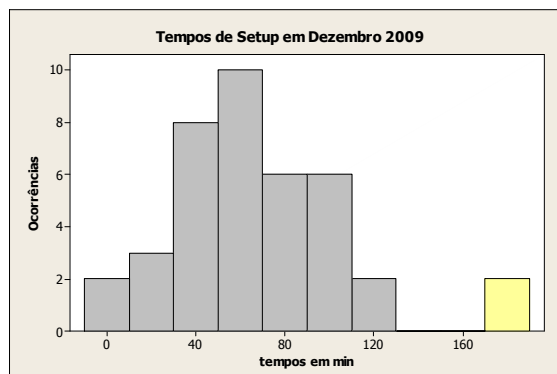


FIGURA 48: Histograma Tempos Setup Dezembro 2009

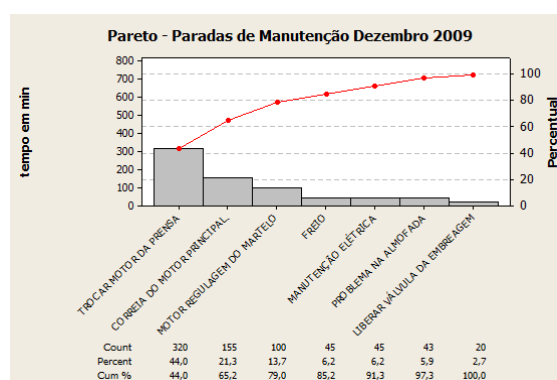


FIGURA 49: Pareto Causas de Manutenção Corretiva Dezembro 2009

A tabela 21 apresenta as causas especiais assinaladas nos gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle para os índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 . Com exceção da observação 20, todas as indicações de causas especiais nos gráficos do μ_{Global} foram acompanhadas de observações em pelo menos um dos gráficos dos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 . A observação 20 do μ_{Global} apresentou uma causa especial relacionada a observação 19 do índice μ_2 . Da mesma forma que o mês anterior, a análise isolada do μ_{Global} não contemplaria todas as causas especiais assinaladas nos gráficos do μ_1 , μ_2 e μ_3 .

TABELA 21: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3

Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1		X			21	X			X
2					22				
3					23				
4		X			24				
5		X			25				
6	X	X	X		26				
7	X	X			27				
8	X	X			28	X		X	
9		X			29	X		X	X
10					30	X		X	
11					31	X	X	X	
12					32	X		X	
13		X			33	X	X	X	
14		X			34	X	X	X	
15			X		35	X	X	X	
16					36	X	X	X	
17					37	X	X	X	
18					38	X	X		
19					39	X	X		
20	X								

X - Causas Especiais

Fonte: Dados da Empresa

As causas especiais identificadas nos gráficos de médias e amplitudes móveis dos índices de μ_{Global} , μ_1 e μ_2 e no gráfico de pré-controle do índice μ_3 foram provocadas por ocorrências semelhantes ao mês de novembro. A solução dos problemas poderia ser efetivada com a implantação de um plano de ação similar ao apresentado na tabela 15. Como resultado da efetivação das ações propostas, as causas especiais poderiam ser removidas e novos limites de controle calculados. As figuras 49, 50 e 51 apresentam os novos gráficos de controle para os índices de μ_{Global} , μ_1 e μ_2 . A figura 52 apresenta o gráfico de pré-controle referente ao μ_3 . Os novos gráficos demonstraram um comportamento estável para as medições do IROG.

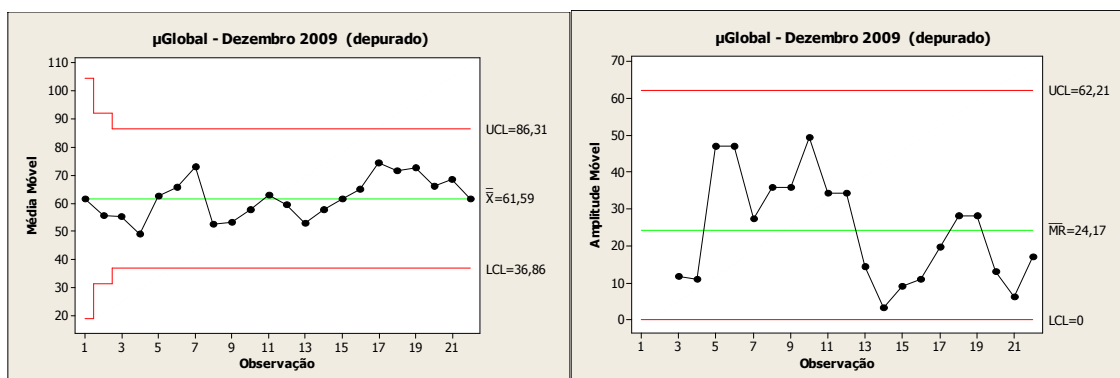
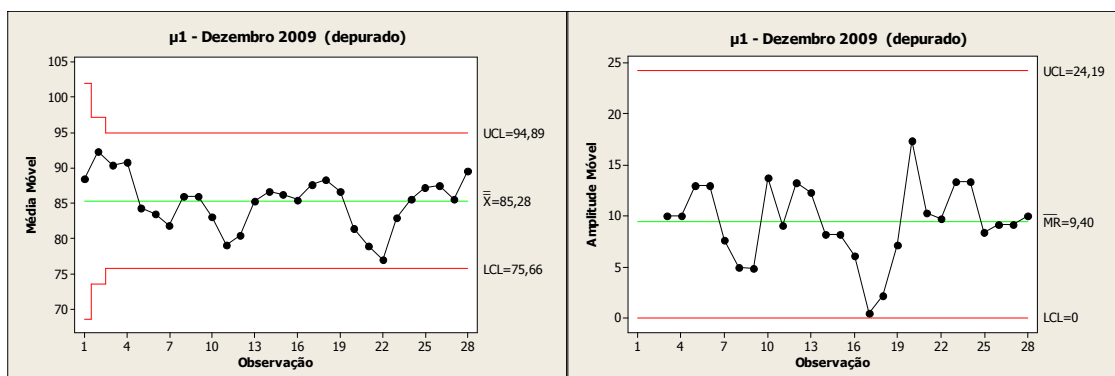
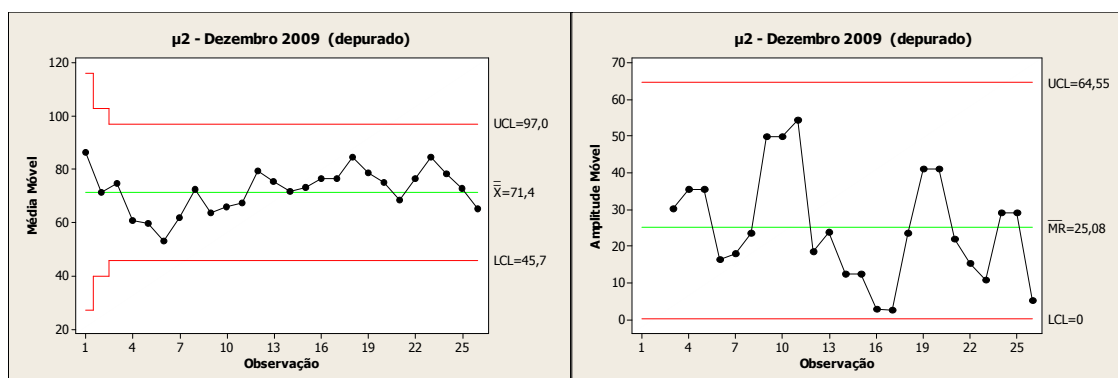
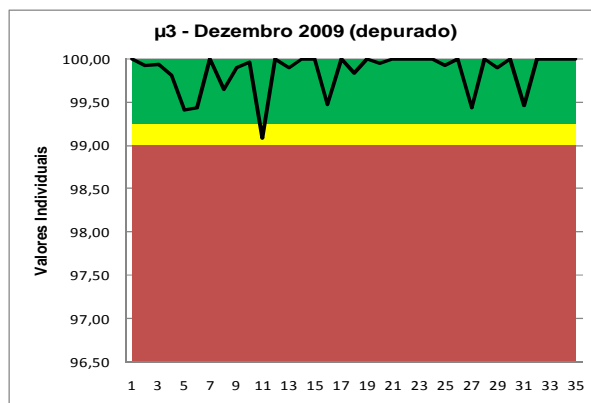


FIGURA 50: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

FIGURA 51: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1 FIGURA 52: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2 FIGURA 53: Gráfico de Pré-controle μ_3

Para avaliação da capacidade das cartas na detecção de mudanças no desempenho do processo medido pelo IROG, foram repetidos os testes para avaliação das diferenças de médias dos índices do μ_{Global} , μ_1 e μ_2 , comparando os resultados dos meses de novembro e dezembro, ambos com as causas especiais removidas pela implantação dos planos de ação. Os resultados dos testes estão apresentados na tabela 22 e indicam a não rejeição da hipótese de igualdade das médias, ou seja, os valores permaneceram estatisticamente iguais, reforçando o comportamento estável já demonstrado nos gráficos de controle. O teste não foi

realizado para o μ_3 em função da natureza dos dados e não atendimento do requisito de distribuição normal dos dados.

TABELA 22: Resultados para o teste de igualdades de médias

	μ_1		μ_2		μ_{Global}	
	Nov	Dez	Nov	Dez	Nov	Dez
Média	85,11%	85,28%	76,00%	71,40%	61,80%	61,60%
Desvio-padrão	5,55%	5,80%	11,30%	14,70%	10,60%	14,00%
Erro padrão da média	1,10%	1,10%	1,90%	2,90%	2,10%	3,00%
Observações	27	28	34	26	26	22
Estimativa para diferença	-0,16%		4,64%		0,25%	
Intervalo de confiança de 95% para as diferenças	-3,24% ; +2,90%		- 2,34% ; +11,62%		- 7,10% ; + 7,61%	
P-Value	0,914		0,187		0,944	
Resultado	Não Rejeitar		Não Rejeitar		Não Rejeitar	

As tabelas 23 e 24 apresentam os resultados das avaliações dos efeitos da variabilidade sobre o IROG do mês de dezembro. De forma similar ao mês de novembro, a remoção das causas especiais possibilitaria a superação da meta do μ_{Global} . Os valores de μ_2 e μ_3 compensaram o resultado de μ_1 que ficou abaixo da meta. A obtenção de um desempenho médio acima de 85,28% para o μ_1 (e 61,59% para o μ_{Global}) seria viável apenas com um plano de ação sobre as causas comuns de variação. Mesmo superando a meta dentro do mês, os valores do μ_{Global} ficaram abaixo da meta em 7 dos 22 turnos avaliados, o que poderia implicar no não atendimento da demanda momentânea.

TABELA 23: Metas x Resultados do IROG em Novembro 2009

Índice	Meta	Original	Sem Causas Especiais
μ_{Global}	58%	47,74%	61,59%
μ_1	88%	78,68%	85,28%
μ_2	72%	61,64%	71,40%
μ_3	100%	99,73%	99,88%

TABELA 24: Metas x Comportamento das médias e variações do μ_{Global}

	Novembro 2009	Dezembro 2009	
	Sem Causas Especiais	Original	Sem Causas Especiais
Meta	58%	58%	
Resultado Médio	62,17%	47,74%	61,59%
Desvio Padrão	10,16%	20,50%	13,96%
Coefficiente de Variação	0,16	0,43	0,23
Valor Mínimo	45,87%	0%	29,29%
Valor Máximo	87,31%	90,46%	90,46%
Número de turnos que não atenderam a meta	10	23	7
Número de turnos avaliados	26	39	22
% de turnos que não atenderam a meta	38,46%	58,97%	31,82%

5.2 DESCRIÇÃO DO CASO 2

5.2.1 Descrição do equipamento

O segundo equipamento analisado também é uma prensa Gutmann de 600 toneladas (prensa 1), diferenciando-se por incorporar um alimentador automático de matéria-prima, que utiliza chapas bobinadas cortadas em larguras padronizadas em função dos componentes a serem fabricados.

O equipamento está disposto em um *layout* por processo, sendo atendido por um operador por turno e trabalha com um tempo de ciclo entre 4 e 10s. O fluxo de processo e a variedade de componentes produzidos são semelhantes aos da Prensa 2.

5.2.2 Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa

A forma de gestão do IROG é idêntica à utilizada na Prensa 2.

5.2.3 Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG

A tabela 25 apresentam os fatores que afetam a variabilidade no IROG da Prensa 1. Os fatores foram avaliados com os mesmos critérios adotados na Prensa 2, mas considerando as diferenças entre os processos.

TABELA 25: Fatores que Afetam a Variabilidade do IROG

Fatores	Material	Mão de Obra	Máquina	Medição	M. Ambiente	Método
$\mu 1$	Falta de material	Experiência	Sistema Alimentação	Rotina de Medição	Manutenção do equipamento vizinho (falta de espaço)	Inspeção Qualidade
	Falta de Caixas Metálicas	Fadiga Habilidade Treinamento Ginástica Laboral Refeição Falta de operador Deslocamento do operador Reunião / Preleção	Mix de produção Manutenção corretiva Regulagens Setup Manutenção de ferramental Falta de Energia Manutenção Autônoma Quebra de ferramental	Deslocamento para a tridimensional Espera para o uso da bancada de medição		Aguardando Manutenção Limpeza / organização / 5S Falta de padronização do setup
$\mu 2$	Irregularidade da chapa	Experiência	Pequenas regulagens	Registros na produção	Calor/frio	Ajuste Velocidade
	Rebarbas na chapa	Fadiga Habilidade Registro Incorreto Falta de registro Cronometragem de tempos incorreta Falta de treinamento	Desgate/folgas Regulagem de golpes Carro Hidráulico Falha do Desbobinador Lubrificação insuficiente Falha na Alimentação Tempo de ciclo incorreto Paradas para limpeza Velocidade incorreta	Acuracidade da coleta manual Relógio não padronizado	Umidade Ruído	Falta de anotação para paradas sem códigos Falta de operação padrão Falta método para registro de pequenas paradas
$\mu 3$	Incorreto Superfície Irregular Dimensões fora do especificado Composição fora do especificado	Ajuste Incorreto Falta de Atenção Fadiga Falta de treinamento	Aumento de velocidade Desgaste da ferramenta Ajuste incorreto Setup incorreto Quebra de ferramenta	Incorreta Local inadequado Instrumentos errados	Calor/frio Umidade	Ajuste Velocidade Falta de operação padrão Falta de padronização do setup

5.2.4 Coleta de dados para avaliação da variabilidade

A tabela 26 apresenta os dados de IROG da Prensa 1 referentes ao mês de outubro 2009, estratificados por dia e turno de produção.

TABELA 26: Dados de IROG do mês de outubro 2009

Eficiência OEE - Outubro 2009											
Dia	Turno	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Dia	Turno	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1	1	43,39	90,53	49,52	96,78	16	2	52,37	89,54	60,42	96,81
1	2	49,90	78,62	64,30	98,70	19	1	51,28	80,68	65,02	97,75
2	1	49,55	71,21	70,57	98,59	19	2	71,03	89,54	79,93	99,25
2	2	63,02	87,45	72,30	99,67	20	1	47,56	72,94	66,17	98,54
5	1	63,16	82,93	77,34	98,47	20	2	76,04	89,33	85,73	99,28
5	2	68,77	81,96	85,33	98,33	21	1	46,51	76,70	61,50	98,58
6	1	43,78	57,62	76,88	98,83	21	2	63,81	83,89	76,35	99,63
6	2	17,05	20,47	83,30	100,00	22	1	60,21	85,09	71,97	98,31
7	1	45,45	78,81	58,14	99,17	22	2	42,18	78,17	55,28	97,62
7	2	59,22	64,22	94,85	97,22	23	1	56,82	80,68	71,80	98,09
8	1	13,85	39,63	36,37	96,11	23	2	69,15	90,38	76,79	99,64
8	2	71,78	88,79	81,42	99,29	26	1	53,51	72,79	74,44	98,75
9	1	51,88	79,17	66,50	98,54	26	2	54,92	75,10	74,14	98,62
9	2	70,62	87,68	81,39	98,95	27	1	58,64	88,87	66,43	99,33
13	1	46,77	82,46	57,91	97,95	27	2	76,56	73,01	105,76	99,15
13	2	67,61	83,16	81,87	99,32	28	1	52,44	65,34	81,49	98,48
14	1	53,46	81,28	67,10	98,02	28	2	35,77	62,18	58,71	97,98
14	2	70,50	88,98	79,73	99,36	29	1	57,05	85,23	67,62	98,99
15	1	45,85	69,32	67,68	97,73	29	2	79,79	81,80	99,02	98,51
15	2	73,70	86,82	85,93	98,78	30	1	52,77	74,24	71,94	98,80
16	1	63,34	88,07	73,37	98,02	30	2	62,55	68,29	92,19	99,35

Fonte: Dados da Empresa

5.2.5 Cálculo e apresentação das estatísticas descritivas

As figuras 54, 55, 56 e 57 apresentam as médias, medianas, desvios-padrões, testes de normalidade e intervalos de confiança calculados com os dados de outubro 2009, que serviram de base para os cálculos dos limites para os gráficos de controle a serem inicialmente utilizados

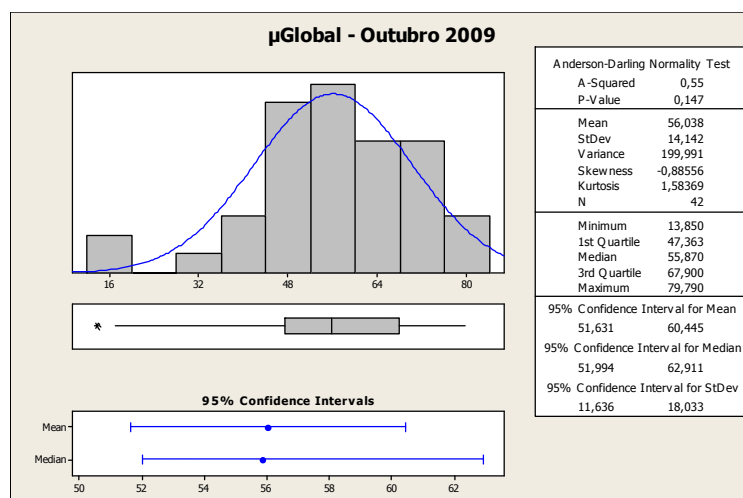


FIGURA 54: Estatísticas μ_{Global}

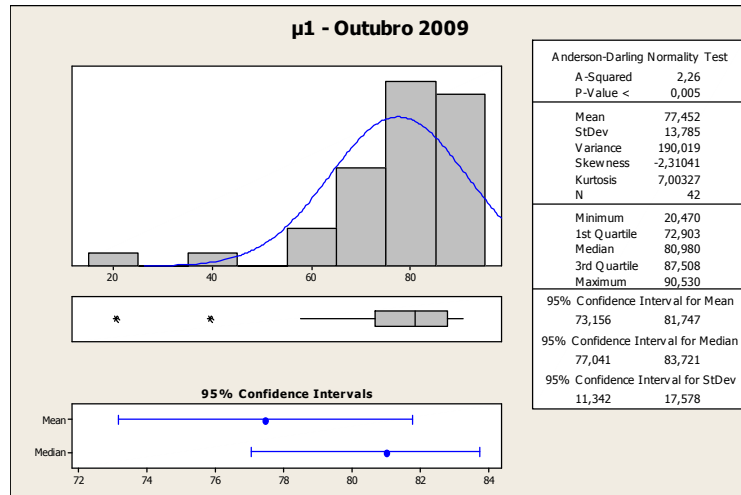


FIGURA 55: Estatísticas μ_1

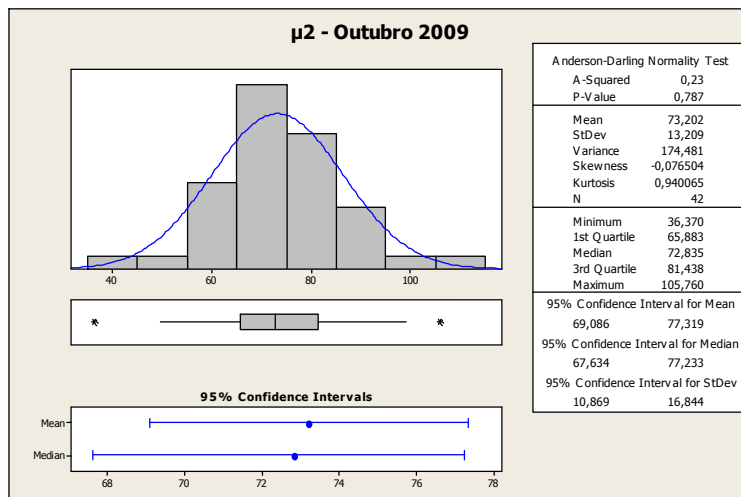


FIGURA 56: Estatísticas μ_2

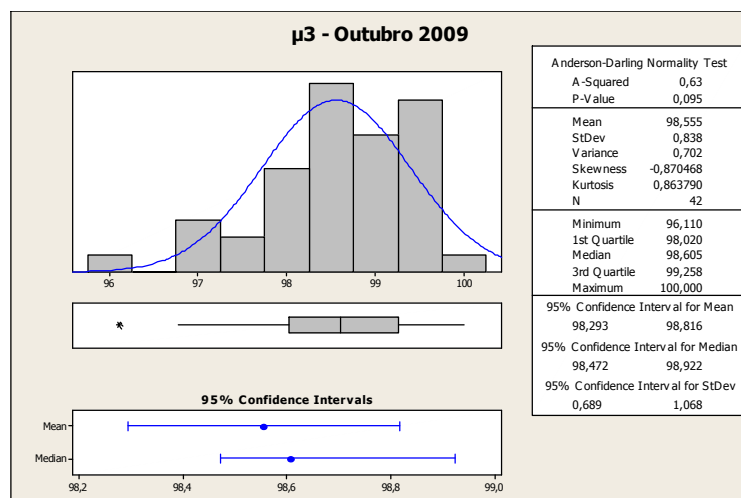


FIGURA 57: Estatísticas μ_3

5.2.6 Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado

De forma similar a Prensa 2, para os índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 , foi definida a utilização das cartas de médias e amplitudes móveis.

Para o índice μ_3 , ao contrário da Prensa 2, os dados apresentam uma variabilidade maior com uma distribuição menos assimétrica. Este comportamento dos dados viabilizou a utilização de cartas de médias e amplitudes móveis. As justificativas para utilização destas cartas seguiram as mesmas argumentações apresentadas para os índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 na seção 5.1.6.

5.2.7 Análise dos gráficos de controle e pré-contrôle quanto a presença de causas especiais

As figuras 58, 59, 60 e 61 apresentam os gráficos de médias e amplitudes móveis do mês de outubro 2009. Os cálculos das estatísticas e limites de controle seguiram os mesmos critérios utilizados na seção 5.1.7. A análise da presença de causas especiais seguiu os critérios da seção 5.1.9.

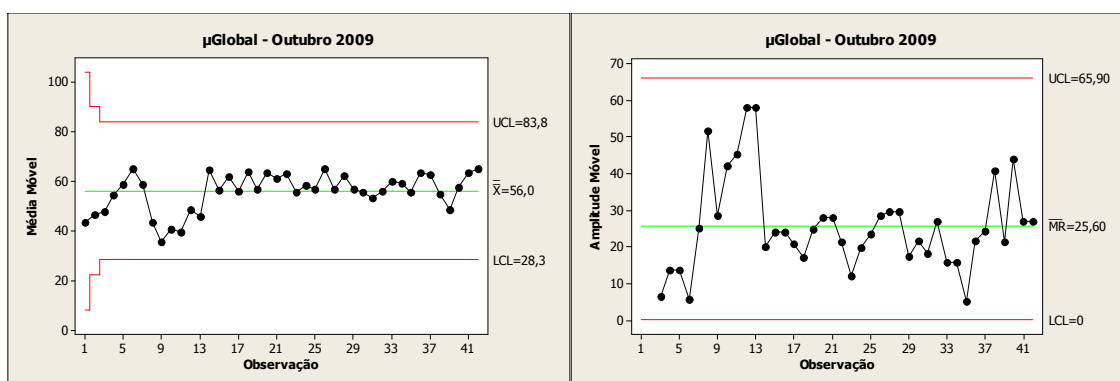


FIGURA 58: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

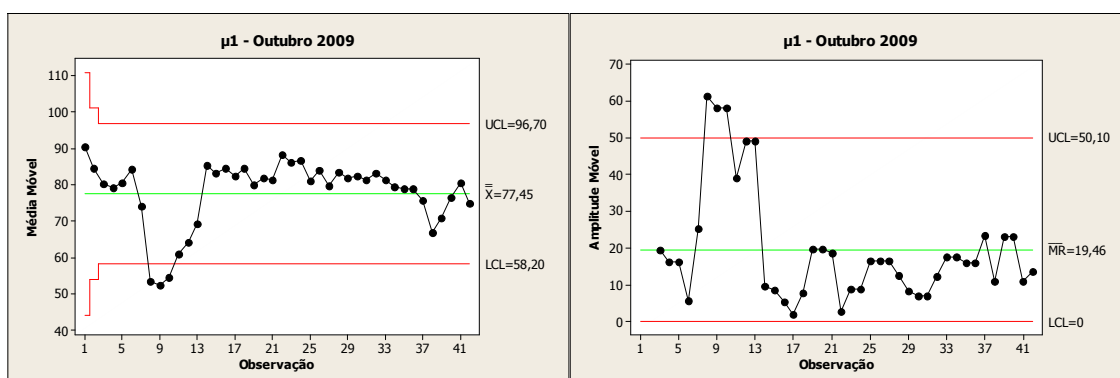
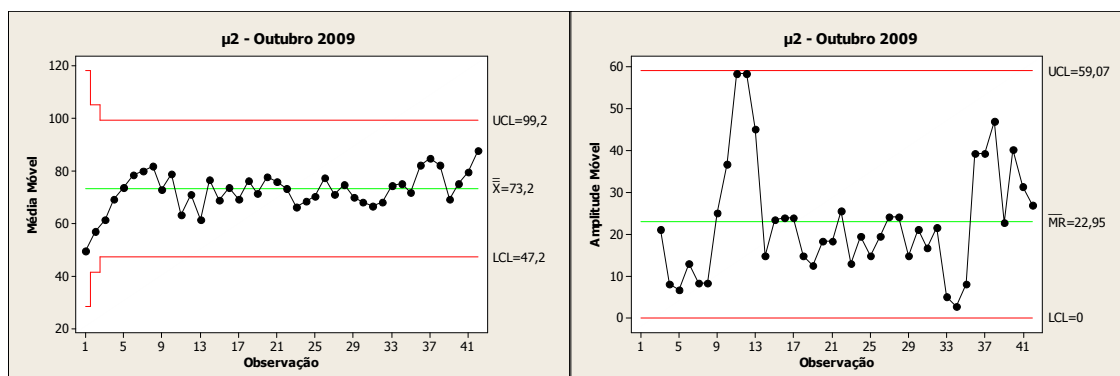
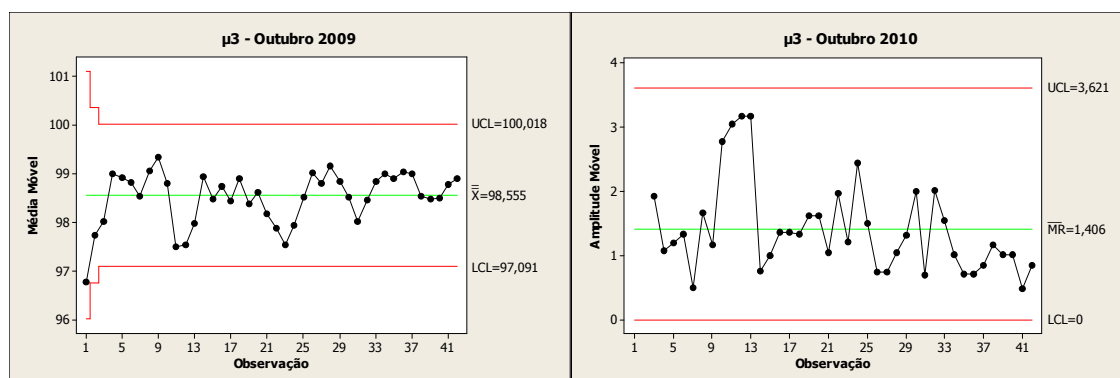


FIGURA 59: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

FIGURA 60: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2 FIGURA 61: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3

A tabela 27 apresenta o resultado da análise dos gráficos de médias e amplitudes móveis do mês de outubro 2009 quanto à presença de causas especiais de variação. Os índices μ_{Global} , μ_2 e μ_3 apresentaram um comportamento estável. No gráfico inicial (figura 59), o índice μ_1 indicou as observações 8, 9, 10 como causas especiais de variação. Após o tratamento e remoção das causas especiais identificadas no gráfico μ_1 , foram elaborados novos gráficos (figura 62), os quais apresentaram novas indicações de causas especiais nas observações 11 e 12. Os problemas detectados foram tratados com um plano de ação sugerido em conjunto com o pessoal responsável pela GPT. A tabela 28 apresenta o plano de ação sugerido. A figura 63 apresenta os gráficos de controle para o índice μ_1 após o tratamento e a remoção de todas as causas especiais detectadas.

TABELA 27: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Outubro 2009

Índice	Gráfico	Observações com sinais de instabilidade e causas relacionadas
μ_1	Média Móvel	8, 9,10 – Curto circuito na caixa de força no dia 6 turno 2. 11 – Matriz com furação deslocada no dia 8 turno 1.
	Amplitude Móvel	8, 9,10,11, 12 – Estão relacionadas as causas já mencionadas.

Fonte: Dados da Empresa

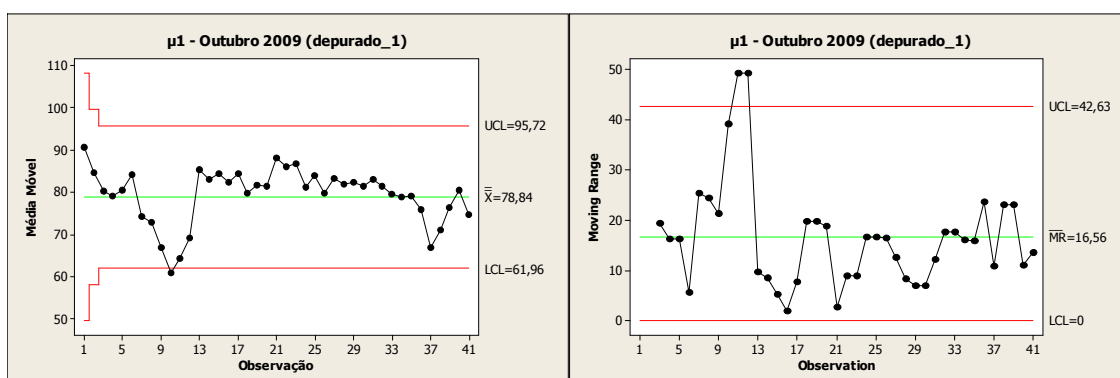


FIGURA 62: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

TABELA 28: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Outubro

Observação	O que fazer (What)	Porque fazer (Why)	Onde Fazer (Where)	Quem (Who)	Como (How)	Quanto (How much)
8, 9 e 10	Manutenção Preventiva	Causa Especial μ_1	Prensa 1	Pessoal Manutenção	Incluir revisão elétrica no plano de manutenção preventiva	Sem investimento adicional
11 e 12	Revisar Procedimento	Causa Especial μ_1	Prensa 1	Pessoal Preset	Revisar processo de avaliação de ferramentais	Sem investimento adicional

Fonte: Dados da Empresa

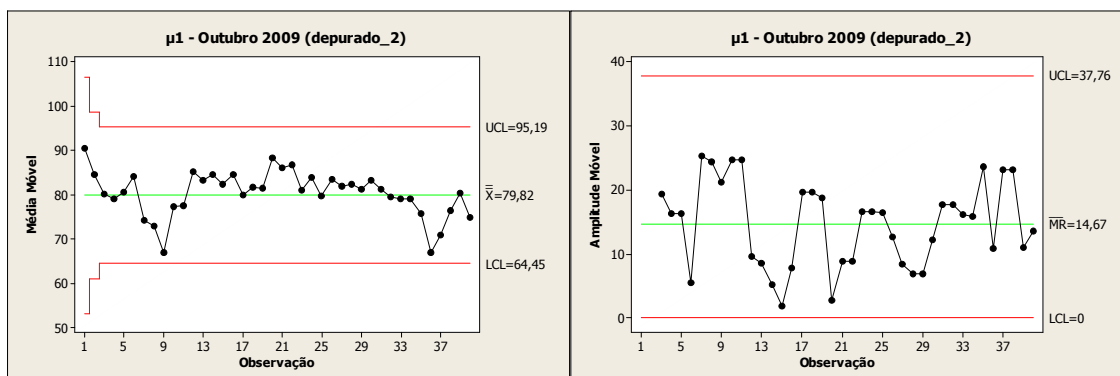


FIGURA 63: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

Para os meses novembro e dezembro foram seguidos os mesmos passos de outubro, sempre utilizando como limites iniciais de controle os limites dos gráficos estabilizados do mês anterior, ou seja, os limites recalculados após o tratamento e remoção das causas especiais de variação. As figuras 64, 65, 66 e 67 apresentam os gráficos de médias e amplitudes móveis do mês de novembro 2009.

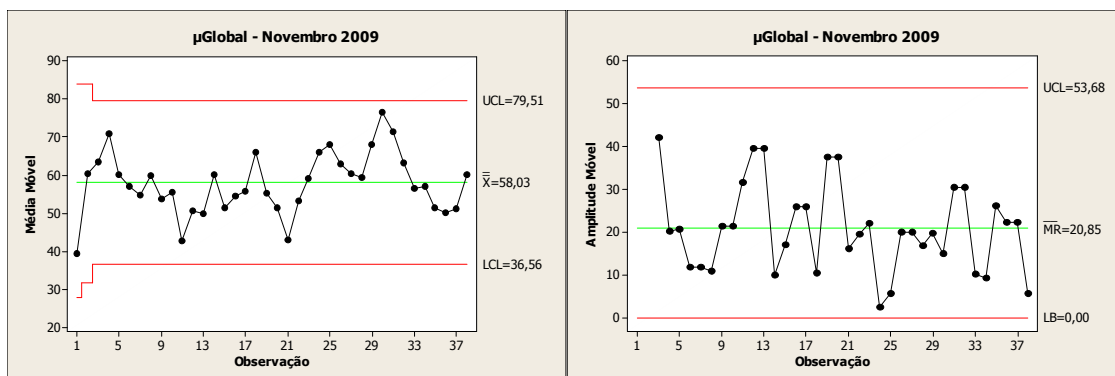


FIGURA 64: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

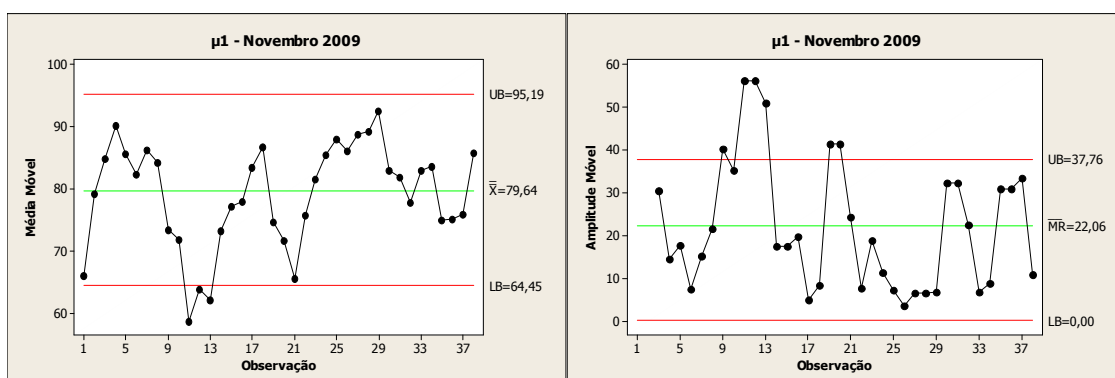


FIGURA 65: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

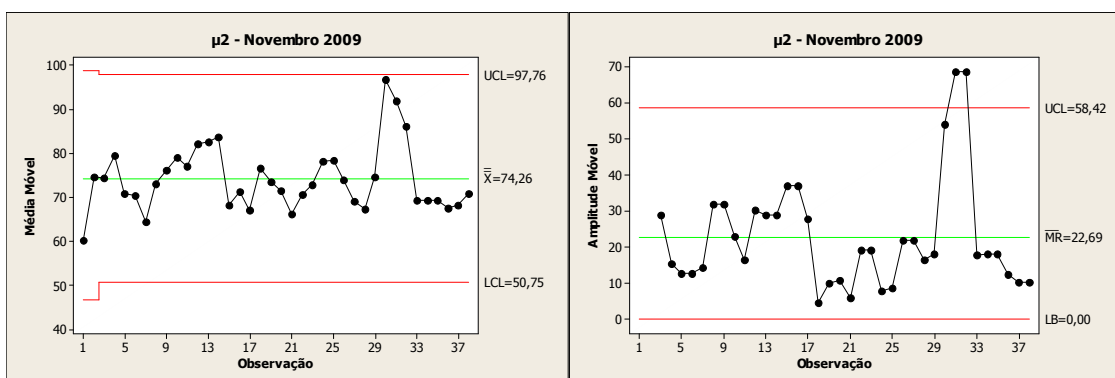


FIGURA 66: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

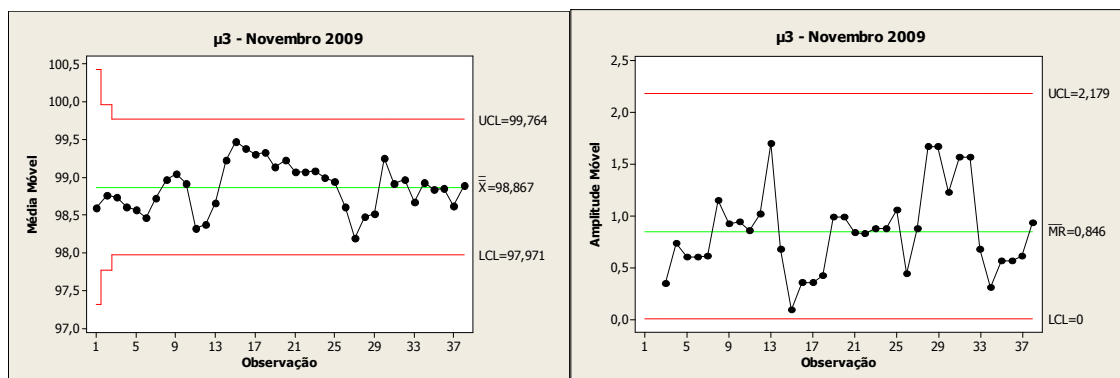


FIGURA 67: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3

Os índices μ_{Global} e μ_3 apresentaram um comportamento estável. A tabela 29 apresenta as causas especiais de variação identificadas nos gráficos dos índices μ_1 e μ_2 . A tabela 30 apresenta o plano de ação elaborado para o tratamento das causas especiais. As figuras 68 e 69 apresentam os novos gráficos para os índices μ_1 e μ_2 após o tratamento e remoção das causas especiais.

TABELA 29: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Novembro 2009

Índice	Gráfico	Observações com sinais de instabilidade e causas relacionadas
μ_1	Média Móvel	11, 12, 13 – Troca de rolamento quebrado do pino guia no dia 10 turno 1.
	Amplitude Móvel	9 – Troca de pulsão e código no dia 9 turno 1. 19, 20 – Aguardando ferramenteiro para diamantar ferramenta no dia 16 turno 1. 11, 12 e 13 – Estão relacionadas a causas já mencionadas.
μ_2	Média Móvel	Sem causas especiais detectadas
	Amplitude Móvel	31, 32 – Lançamentos de paradas inexistentes no μ_1 no dia 24 turno 2.

Fonte: Dados da Empresa

TABELA 30: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Novembro

Observação	O que fazer (What)	Porque fazer (Why)	Onde Fazer (Where)	Quem (Who)	Como (How)	Quanto (How much)
11, 12, 13	Manutenção Preventiva	Causa Especial μ_1	Prensa 1	Pessoal Manutenção	Substituir o componente e incluir no plano de manutenção preventiva	Sem investimento adicional
9, 19 e 20	Revisar Procedimento	Causa Especial μ_1	Prensa 1	Pessoal Preset	Revisar processo de avaliação de ferramentais	Sem investimento adicional
31 e 32	Treinamento	Causa Especial μ_2	Prensa 1	Grupo IROG	Treinar operadores no preenchimento do DB	Sem investimento adicional

Fonte: Dados da Empresa

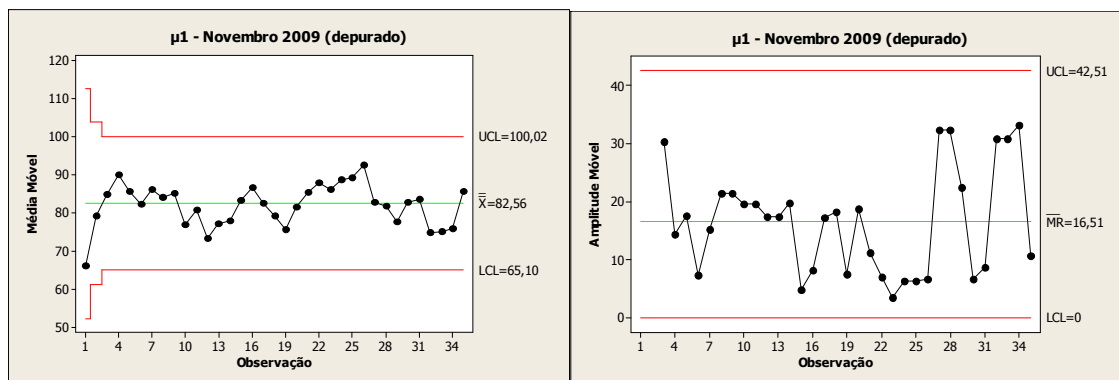


FIGURA 68: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

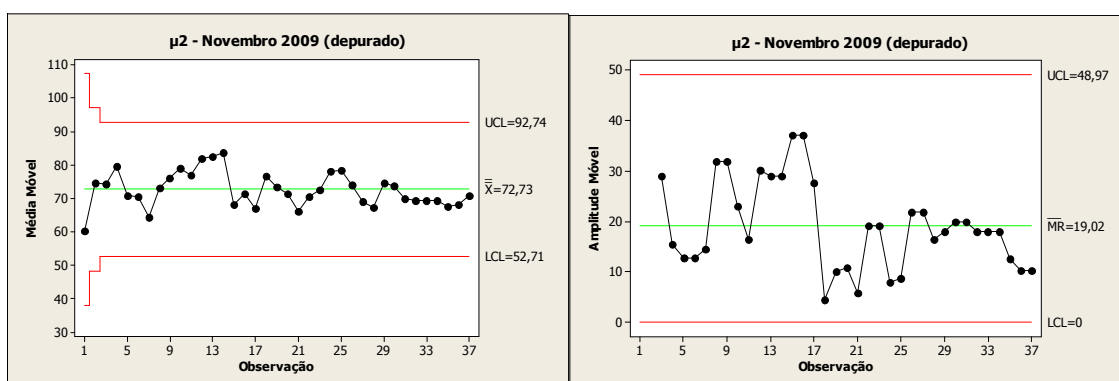


FIGURA 69: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

As figuras 70, 71, 72 e 73 apresentam os gráficos de médias e amplitudes móveis do mês de dezembro 2009.

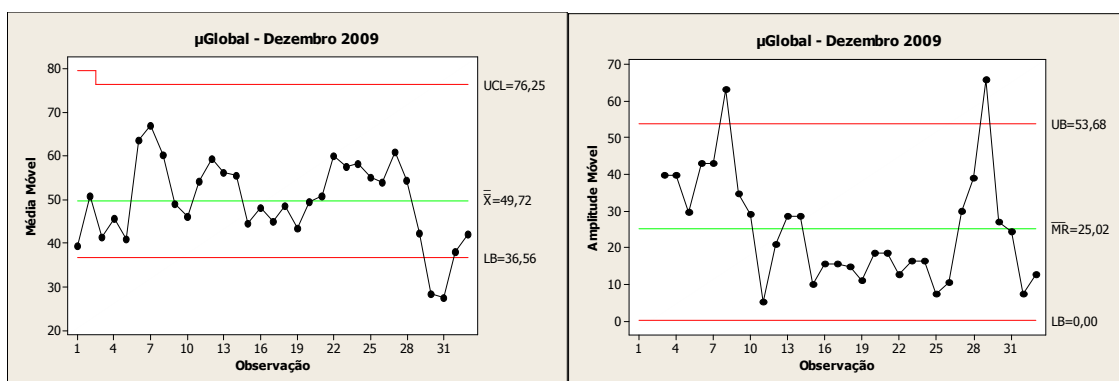
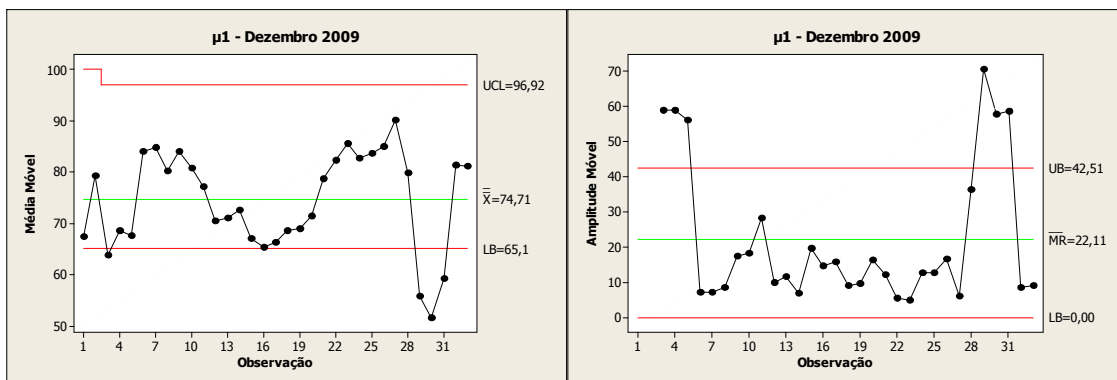
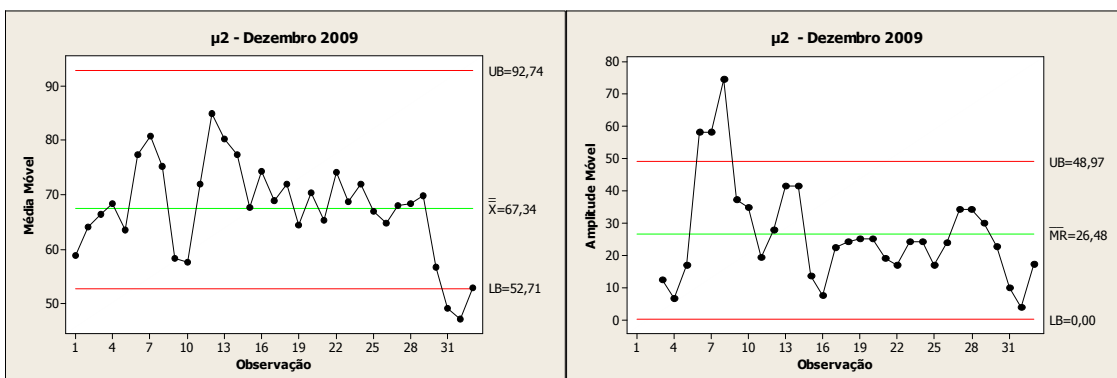
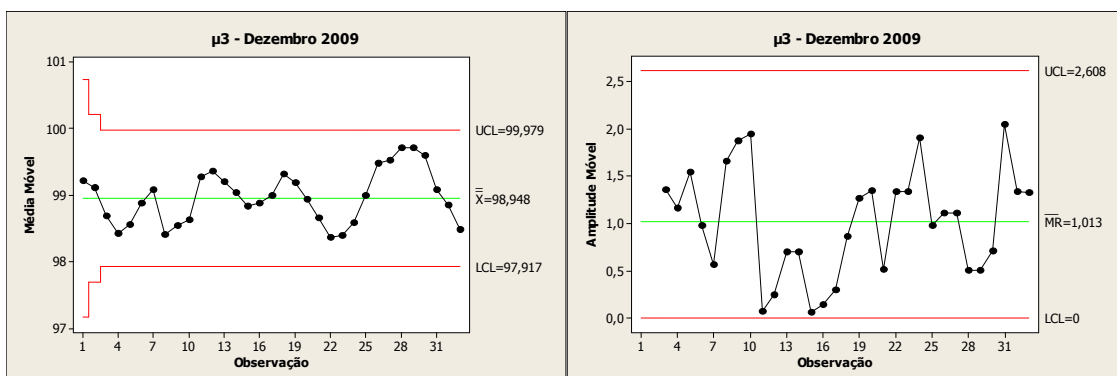


FIGURA 70: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

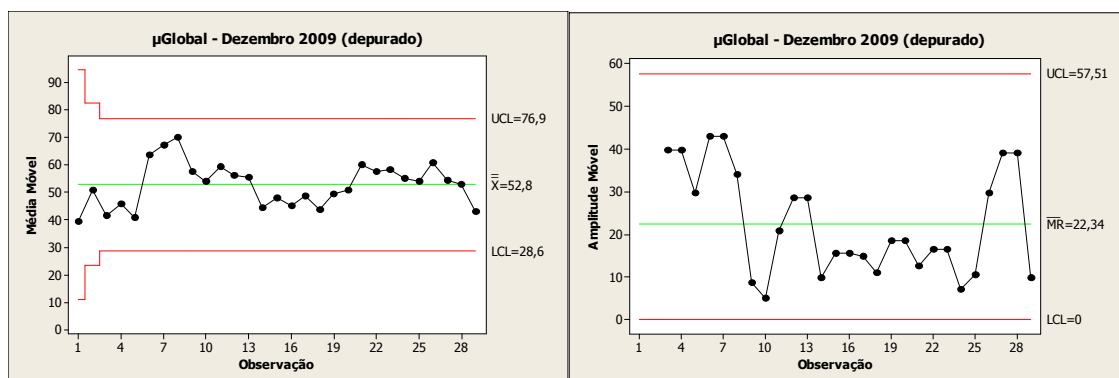
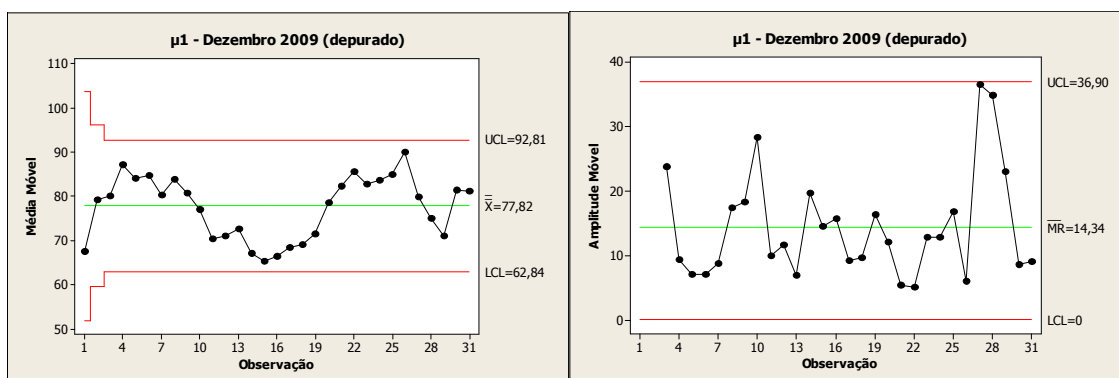
FIGURA 71: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1 FIGURA 72: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2 FIGURA 73: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3

O gráfico do índice μ_3 apresentou um comportamento estável. A tabela 31 apresenta as causas especiais de variação identificadas nos gráficos dos índices μ_1 , μ_2 e μ_{Global} . A causa identificada para as observações 29, 30 e 31 tratou-se de uma decisão estratégica pontual do gestor da produção e foi removida para efeito dos cálculos dos limites de controle do processo depurado (com as causas especiais removidas). As demais causas especiais foram tratadas com planos de ação semelhantes aos meses anteriores. As figuras 74, 75 e 76 apresentam os novos gráficos para os índices μ_{Global} , μ_1 e μ_2 após o tratamento das causas especiais de variação.

TABELA 31: Análise de detecção de causas especiais de variação no mês de Dezembro 2009

Índice	Gráfico	Observações com sinais de instabilidade e causas relacionadas
μ_1	Média Móvel	3 – Defeito no sensor do desbobinador no dia 2 turno 1. 29, 30 e 31 – Operador deslocado para outro equipamento no dia 22 turno 2.
	Amplitude Móvel	3, 4, 29, 30, 31 – Estão relacionadas a causas já mencionadas.
μ_2	Média Móvel	30, 31 – Falta de registro de paradas nos dias 23 turno 1 e 28 turno 1.
	Amplitude Móvel	6, 7, 8 – Lançamento incorreto das quantidades produzidas nos turnos de produção nos dias 3 turno 2 e 4 turno 2.
μ_{Global}	Média Móvel	30, 31 – Estão relacionadas a situações já apresentadas análise de μ_1 e μ_2 .
	Amplitude Móvel	8, 29 – Estão relacionadas a situações já apresentadas análise de μ_1 e μ_2 .

Fonte: Dados da Empresa

FIGURA 74: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global} FIGURA 75: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

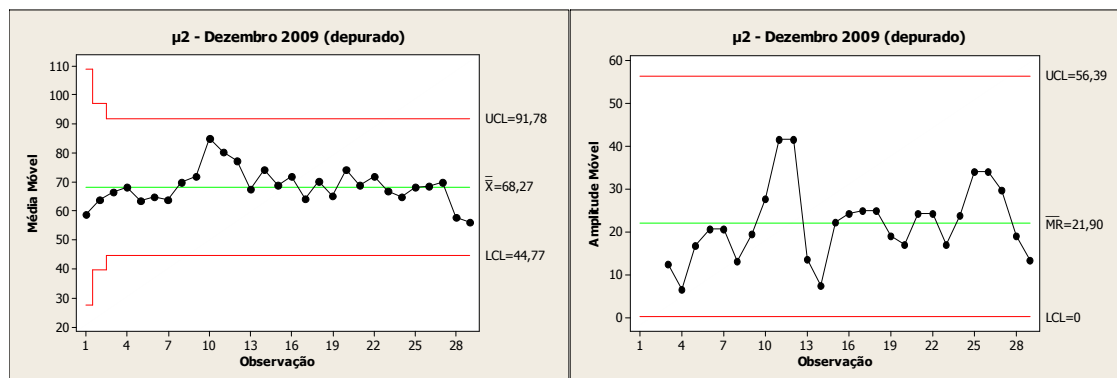


FIGURA 76: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

Os gráficos de controle de médias e amplitudes móveis utilizados para monitorar a Prensa 1 demonstraram um desempenho semelhante aos gráficos utilizados na Prensa 2. As tabelas 32, 33 e 34 apresentam as causas especiais assinaladas nos gráficos de médias e amplitudes móveis para os índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2009. Os resultados reforçaram a importância do monitoramento do IROG pelo desdobramento dos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 , considerando que algumas causas especiais detectadas nos índices desdobrados não eram refletidas nos gráficos do μ_{Global} . Também foram realizados testes para analisar as diferenças dos valores médios dos índices do IROG (com as causas especiais tratadas e removidas) entre os meses outubro, novembro e dezembro para avaliar a capacidade dos gráficos de controle na detecção de mudanças no desempenho da Prensa 1. As tabelas 35 e 36 apresentam os resultados do testes, sendo que apenas para o índice μ_3 entre os meses outubro e novembro foi rejeitada a hipótese de igualdade de médias, o que pode indicar mudanças no desempenho do processo que não foram detectadas nos respectivos gráficos.

TABELA 32: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Outubro 2009

Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1					22				
2					23				
3					24				
4					25				
5					26				
6					27				
7					28				
8		X			29				
9		X			30				
10		X			31				
11		XX			32				
12		XX			33				
13					34				
14					35				
15					36				
16					37				
17					38				
18					39				
19					40				
20					41				
21					42				

X - Causas Especiais

XX - Causa indetificada após a remoção das causas das observações 8, 9 e 10

Fonte: Dados da Empresa

TABELA 33: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Novembro 2009

Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1					20		X		
2					21				
3					22				
4					23				
5					24				
6					25				
7					26				
8					27				
9		X			28				
10					29				
11		X			30				
12		X			31			X	
13		X			32			X	
14					33				
15					34				
16					35				
17					36				
18					37				
19		X			38				

X - Causas Especiais

Fonte: Dados da Empresa

TABELA 34: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Dezembro 2009

Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1					18				
2					19				
3		X			20				
4					21				
5					22				
6			X		23				
7			X		24				
8	X		X		25				
9					26				
10					27				
11					28				
12					29	X	X		
13					30	X	X	X	
14					31	X	X	X	
15					32				
16					33				
17									

X - Causas Especiais

Fonte: Dados da Empresa

TABELA 35: Resultados para o teste de igualdades de médias

	μ_1		μ_2		μ_3		μ_{Global}	
	Out	Nov	Out	Nov	Out	Nov	Out	Nov
Média	79,82%	82,56%	73,20%	72,70%	98,555%	98,867%	56,00%	58,00%
Desvio-padrão	8,61%	9,60%	13,20%	10,20%	0,838%	0,507%	14,10%	12,70%
Erro padrão da média	1,40%	1,60%	2,00%	1,70%	0,130%	0,082%	2,20%	2,10%
Observações	40	35	42	37	42	38	42	38
Estimativa para diferença	-2,73%		0,48%		-0,312%		-2,00%	
Intervalo de confiança de 95% para as diferenças	-6,96% ; +1,49%		-4,78% ; +5,74%		-0,618% ; -0,007%		-7,97% ; +3,98%	
P-Value	0,201		0,857		0,045		0,508	
Resultado	Não Rejeitar		Não Rejeitar		Rejeitar		Não Rejeitar	

TABELA 36: Resultados para o teste de igualdades de médias

	μ_1		μ_2		μ_3		μ_{Global}	
	Nov	Dez	Nov	Dez	Nov	Dez	Nov	Dez
Média	82,56%	77,80%	72,70%	68,30%	98,867%	98,948%	58,00%	52,80%
Desvio-padrão	9,60%	10,00%	10,20%	11,60%	0,507%	0,641%	12,70%	13,40%
Erro padrão da média	1,60%	1,80%	1,70%	2,20%	0,082%	0,110%	2,10%	2,50%
Observações	35	31	37	29	38	33	38	29
Estimativa para diferença	4,73%		4,45%		-0,081		5,26%	
Intervalo de confiança de 95% para as diferenças	-0,11% ; +9,58%		-1,03% ; +9,93%		-0,358% ; +0,196%		-1,19% ; +11,71%	
P-Value	0,055		0,109		0,562		0,108	
Resultado	Não Rejeitar		Não Rejeitar		Não Rejeitar		Não Rejeitar	

5.3 DESCRIÇÃO DO CASO 3

5.3.1 Descrição do equipamento

O terceiro equipamento a ser analisado é um Centro de Usinagem Horizontal Mazak FH6000 com duplo *pallet* de 500x500mm, que executa operações de fresamento e furação em 2 tipos de suportes fundidos, os quais são utilizados na montagem de suspensões para caminhões e reboques.

O equipamento está disposto em um layout celular, sendo atendido por um operador por turno, o qual é responsável por mais 1 equipamento. O tempo de ciclo 5,167 min é o mesmo para os dois tipos de suportes usinados.

As figuras 77 e 78 apresentam os suportes usinados e o fluxograma parcial do processo de fabricação.



FIGURA 77: Exemplo de suporte Fundido

Fonte: Dados da empresa

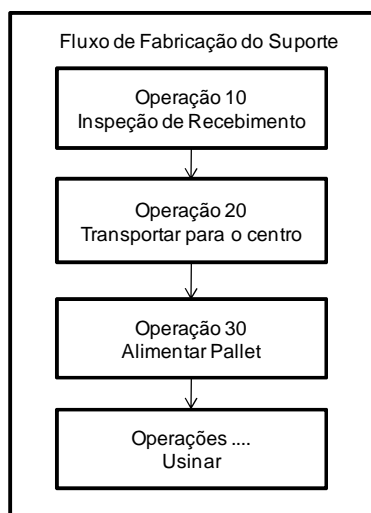


FIGURA 78: Fluxo parcial do processo de fabricação

Fonte: Dados da empresa adaptado pelo autor

5.3.2 Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa

A empresa monitora o IROG dos seus recursos críticos da mesma forma já descrita nos 2 casos anteriores (são diferentes empresas, porém pertencem ao mesmo grupo e utilizaram métodos semelhantes na implantação da GPT). Os dados são coletados pelos operadores nos postos de trabalho e digitados diariamente em um *software* específico. O cálculo do IROG para o equipamento estudado também segue as equações definidas no capítulo 2 – seção 2.2.

Os relatórios gerenciais gerados a partir das informações obtidas são semelhantes aos apresentados na seção 5.1.2. As atividades da equipe responsável pela GPT, como o tratamentos das informações, estabelecimento de metas, desdobramento dos planos de ação e monitoramento dos resultados seguem as mesmas práticas já descritas nos casos anteriores.

5.3.3 Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG

A tabela 37 apresenta os fatores que afetam a variabilidade no IROG do Centro de Usinagem Mazak. Para levantamento dos fatores foi utilizada a mesma abordagem da seção 5.1.3.

TABELA 37: Fatores que afetam a variabilidade do IROG

Fatores	Material	Mão de Obra	Máquina	Medição	M. Ambiente	Método
μ_1	Dureza Alta	Experiência	Sistema de Alimentação	Rotina de Medição	Calor/frio	Inspeção Qualidade
	Falta de material	Fadiga	Mix de produção	Deslocamento para a tridimensional		Aguardando Manutenção
		Habilidade	Manutenção corretiva	Falta de dispositivo de medição		Limpeza / organização / 5S
		Treinamento	Regulagens			Falta de padronização do setup
		Ginástica Laboral	Setup			
		Refeição	Troca de Inseto			
		Falta de operador	Ajuste de Ferramenta			
		Deslocamento do operador	Manutenção Autônoma			
Reunião / Preleção	Ajuste do programa da máquina	Programa Errado				
		Falta de Empilhadeira				
		Falta de Energia				
μ_2	Variação na dureza	Experiência	Alteração parâmetros de usinagem	Registros na produção	Calor/frio	Ajuste Velocidade
		Fadiga	Pequenas regulagens	Acuracidade da coleta manual	Umidade	Falta de anotação para paradas sem códigos
		Habilidade	Desgaste/folgas	Relógio não padronizado	Ruído	Falta de operação padrão
		Registro incorreto	Lubrificação insuficiente			Falta método para registro de pequenas paradas
		Falta de registro	Falha na Alimentação			
		Cronometragem de tempos incorreta				
		Falta de treinamento				
μ_3	Incorreto	Ajuste incorreto	Parâmetros de usinagem incorretos	Incorreta	Calor/frio	Ajuste Velocidade
	Variação na dureza	Falta de Atenção	Inserto/Ferramentas incorretos	Local inadequado	Umidade	Falta de operação padrão
	Falhas no Fundido	Fadiga	Quebra de Inserto/Ferramentas	Instrumentos errados		Falta de padronização do setup
	Dimensões fora do especificado	Falta de treinamento	Setup incorreto			
	Composição fora do especificado		Ajuste incorreto			

5.3.4 Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado

Para o centro de usinagem Mazak foi definido o uso de gráficos de médias e amplitudes móveis para os índices μ_1 , μ_2 e μ_{Global} e, de pré-controle, para o índice μ_3 . Os critérios utilizados para seleção destes gráficos são os mesmos já apresentados na seção 5.1.6.

5.3.5 Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais

Os cálculos das estatísticas e limites de controle para os gráficos de média móvel, amplitude móvel e pré-controle seguiram os mesmos critérios apresentados na seção 5.1.7. A análise da presença de causas especiais seguiu os critérios da seção 5.1.9.

As figuras 79, 80, 81 e 82 apresentam os gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle para os índices μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} do mês de novembro 2009.

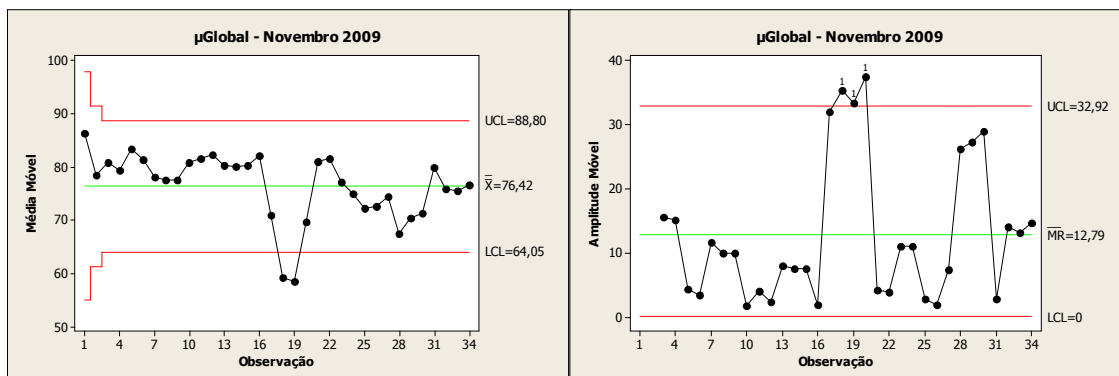


FIGURA 79: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

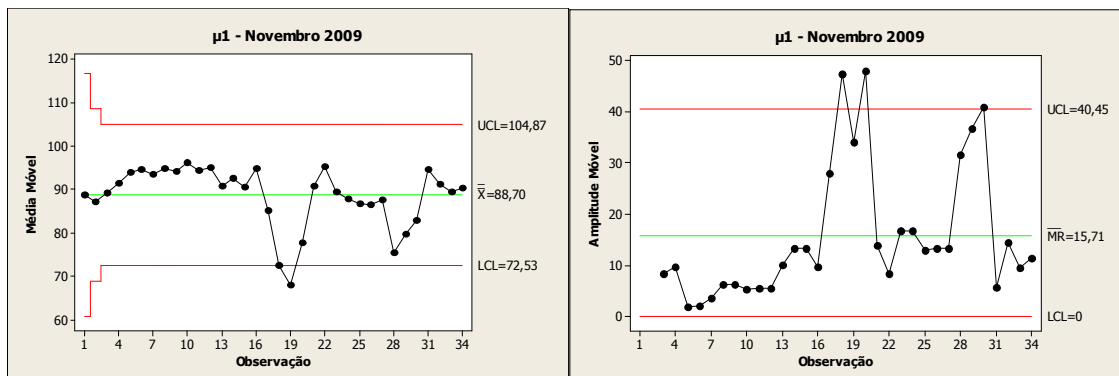


FIGURA 80: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

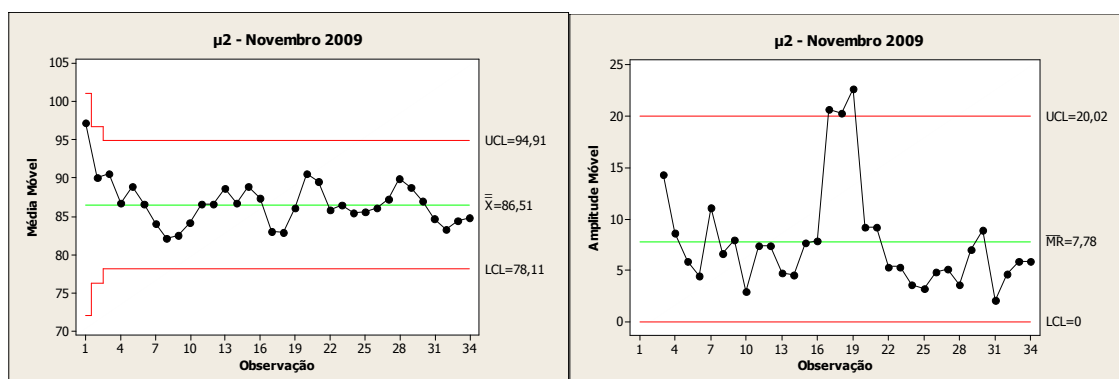


FIGURA 81: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

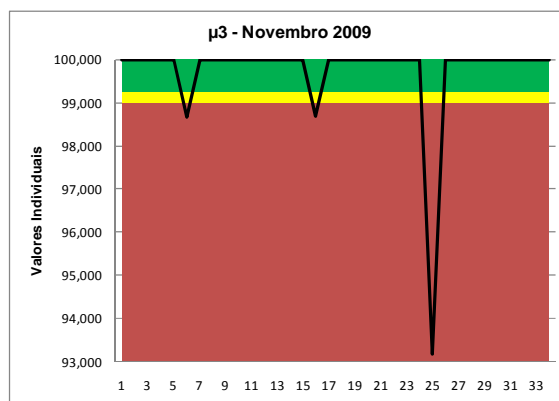


FIGURA 82: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3

A tabela 38 apresenta o resultado da análise dos gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle do mês de novembro 2009 quanto à presença de causas especiais. As causas identificadas nas observações 18, 19 e 30 do índice μ_1 estavam relacionadas a participação do operador em um treinamento específico da qualidade (neste caso não foram tomadas ações específicas, mas os valores foram desconsiderados nos recálculos de limites de controle).

TABELA 38: Análise de detecção de causas especiais no mês de Novembro 2009

Índice	Gráfico	Observações com sinais de instabilidade e causas relacionadas
μ_1	Média Móvel	18, 19 – Deslocamento dos operadores para treinamento no dia 13 turnos 1 e 2.
	Amplitude Móvel	30 – Deslocamento dos operadores para treinamento no dia 20 turno 2. 18 e 20 – Estão relacionadas a causas já mencionadas.
μ_2	Média Móvel	Sem causas Identificadas.
	Amplitude Móvel	17, 18 e 19 – Lançamento incorreto de paradas no índice μ_1 no dia 13 turno.
μ_3	Pré-controle	6, 16 e 25 – Refugos gerados por ajuste de parâmetros de processo nos dias 5 turno 2, 12 turno 2 e 19 turno1.
μ_{Global}	Média Móvel	18, 19 - Estão relacionadas a situações já apresentadas na análise de μ_1 e μ_2 .
	Amplitude Móvel	18, 19 e 20 - Estão relacionadas as situações já apresentadas na análise de μ_1 e μ_2 .

Fonte: Dados da Empresa

A tabela 39 apresenta uma proposta de plano de ação para o tratamento das causas especiais, elaborado em conjunto com o pessoal responsável pela GPT.

TABELA 39: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Novembro

Observação	O que fazer (What)	Porque fazer Why	Onde Fazer (Where)	Quem (Who)	Como (How)	Quanto (How much)
17, 18 e 19	Treinamento	Causa Especial μ_2	Mazak 4524	Grupo IROG	Treinar operadores no preenchimento do DB	Sem investimento adicional
6, 16 e 25	Treinamento	Causa Especial μ_3	Mazak 4525	Processo	Rever método de ajuste e treinar operadores	Sem investimento adicional

Fonte: Dados da Empresa

As figuras 83, 84, 85 e 86 apresentam os novos gráficos para os índices μ_1 e μ_2 , μ_3 e μ_{Global} após o tratamento e remoção das causas especiais.

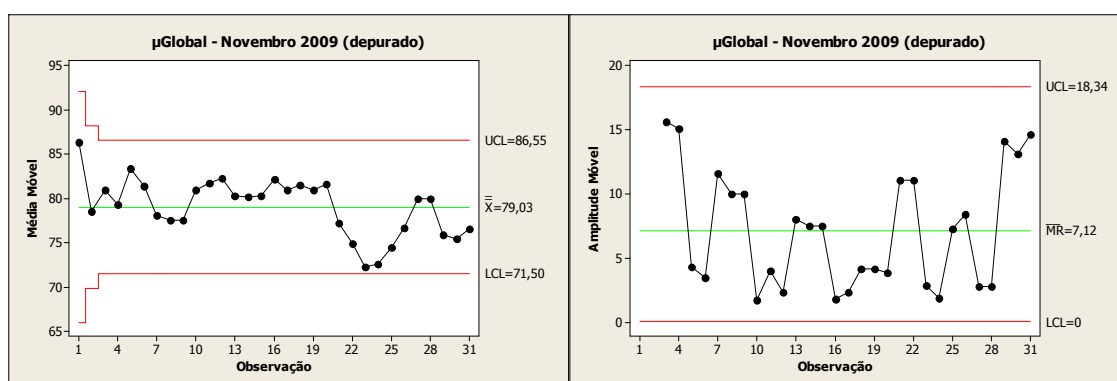


FIGURA 83: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

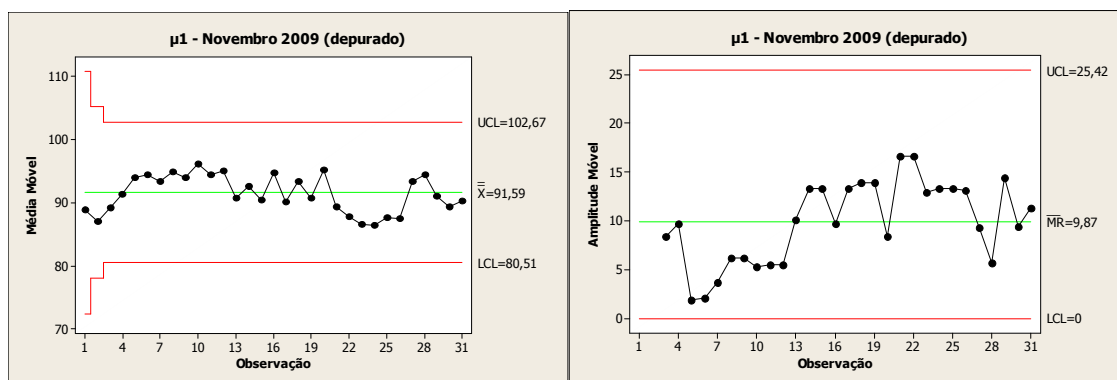


FIGURA 84: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

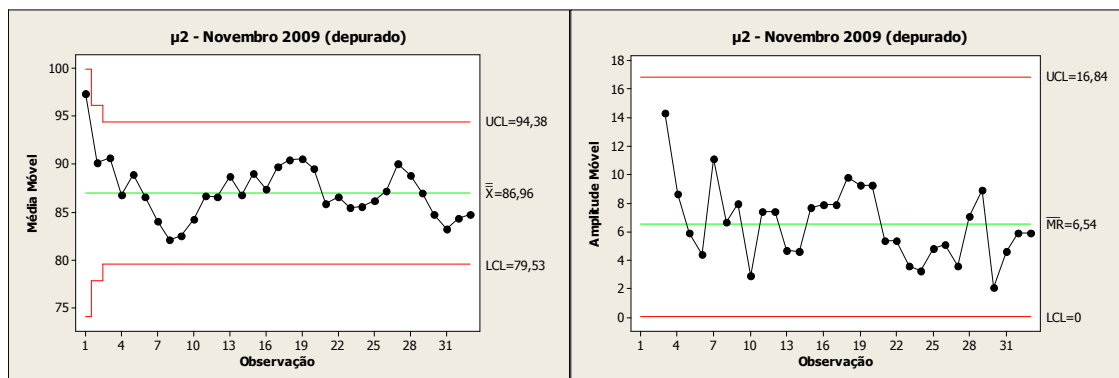


FIGURA 85: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

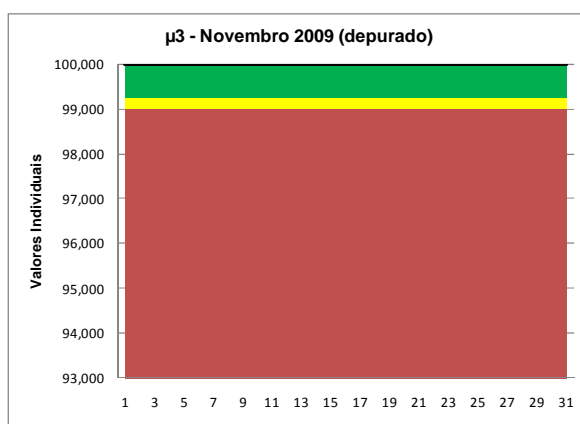


FIGURA 86: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_3

As figuras 87, 88, 89 e 90 apresentam os gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle referentes ao mês de dezembro 2009. Os gráficos foram construídos com os limites de controle dos processos estabilizados de novembro 2009.

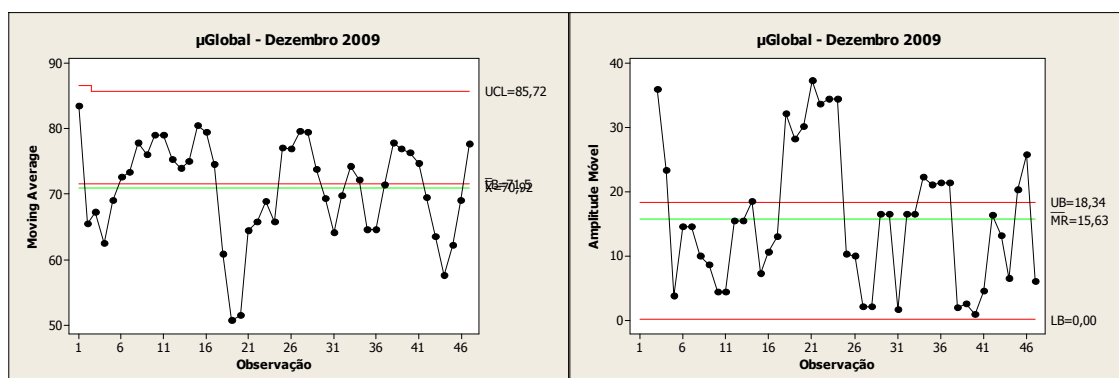
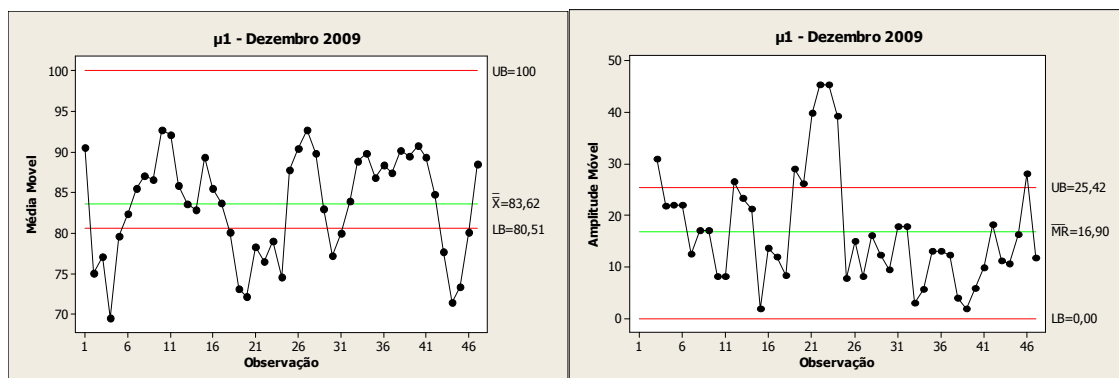
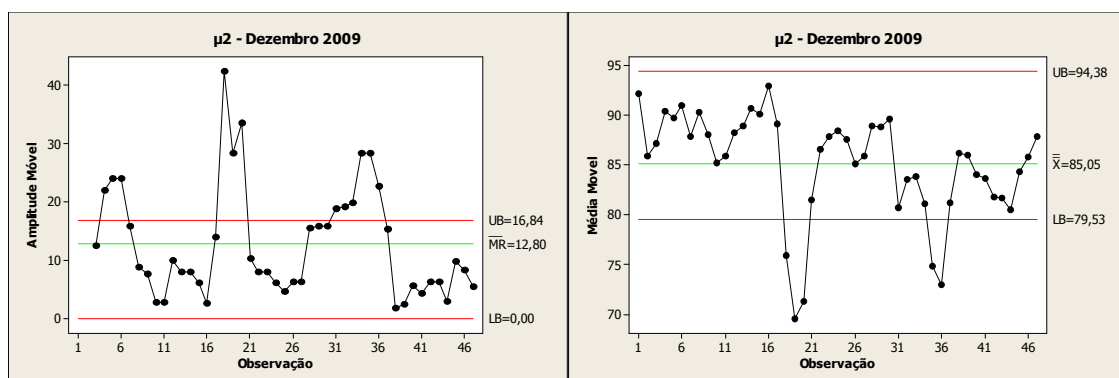
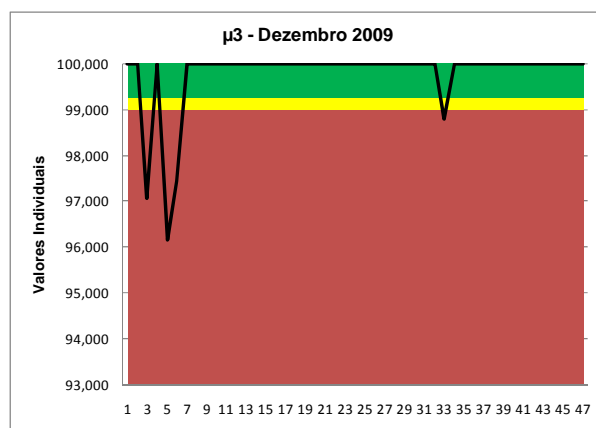


FIGURA 87: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

FIGURA 88: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1 FIGURA 89: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2 FIGURA 90: Carta de Pré-controle μ_3

A tabela 40 apresenta o resultado da análise dos gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle do mês de dezembro 2009 quanto à presença de causas especiais. As causas identificadas nas observações 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31 e 43 do índice μ_1 estavam relacionadas a decisões do gestor da produção e foram removidas para efeito de recálculo dos limites de controle. As observações 4 e 18 referentes à falta de peças também foram consideradas como situações pontuais, sem a necessidade de ações adicionais.

TABELA 40: Análise de detecção de causas especiais no mês de Dezembro 2009

Índice	Gráfico	Observações com sinais de instabilidade e causas relacionadas
μ_1	Média Móvel	2, 3, 4, 5, 18, 19 – Regulagem dispositivo de usinagem nos dias 1 turnos 1 e 2, 10 turno 1. 4 e 18 - Falta de peça no dia 3 turno 2, 8 turno 2 e 9 turno 1. 20, 21, 22, 23, 24 – Falta de operador no dia 11 turno 2. 30, 31, 43 – Treinamento nos dias 16 turnos 1 e 2, 23 turno 2 e 28 turno 1. 44, 45 e 46 – Manutenção Corretiva no dia 28 turno 2.
	Amplitude Móvel	12 – Manutenção Corretiva no dia 7 turno 1. 3, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 46 – Causas já mencionadas na carta de média móvel.
μ_2	Média Móvel	18, 19, 20, 35, 36 – Erro do operador no lançamento de paradas no dia 9 turno 2 e dia 18 turnos 1 e 3.
	Amplitude Móvel	4, 5, 6, 31, 32, 33, 34 – Erro do operador no lançamento de paradas no dia 2 turnos 1 e 3, dia 17 turno 3, dia 18 turno 3. 18, 19, 20, 35 e 36 – Causas já mencionadas na carta de média móvel.
μ_3	Pré-controle	3, 5, 6 e 33 - Refugos gerados por ajuste de parâmetros de processo nos dias 1 turno 2, 2 turnos 1 e 2 e 17 turno 2.
μ_{Global}	Média Móvel	2, 3, 4, 5, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 42, 43, 44, 45, 46 - Estão relacionadas a situações já apresentadas análise de μ_1 , μ_2 e μ_3 .
	Amplitude Móvel	3, 4, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 34, 35, 36, 37, 42, 43, 44, 45, 46 – Estão relacionados a situações já apresentadas análise de μ_1 , μ_2 e μ_3 .

Fonte: Dados da Empresa

A tabela 41 apresenta uma proposta de plano de ação para o tratamento das causas especiais, também elaborado em conjunto com o pessoal responsável pela GPT.

TABELA 41: Plano de Ação (5W2H) proposto para remoção das causas especiais no mês de Dezembro

Observação	O que fazer (What)	Porque fazer (Why)	Onde Fazer (Where)	Quem (Who)	Como (How)	Quanto (How much)
4, 5, 6, 18, 19, 20, 31, 32, 33, 34, 35, 36	Treinamento	Causa Especial μ_2	Mazak 4524	Grupo IROG	Treinar operadores no preenchimento do DB	Sem investimento adicional
2,3,4,5,6,18,19,33	Treinamento	Causa Especial μ_1 Causa Especial μ_3	Mazak 4525	Processo	Rever método de ajuste e treinar operadores	Sem investimento adicional
12,44,45,46	Manutenção Preventiva	Causa Especial μ_1	Mazak 4525	Pessoal Manutenção	Substituir o componente e incluir no plano de manutenção preventiva	Sem investimento adicional

Fonte: Dados da Empresa

As figuras 91, 92, 93 e 94 apresentam os novos gráficos para os índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 após o tratamento e remoção das causas especiais.

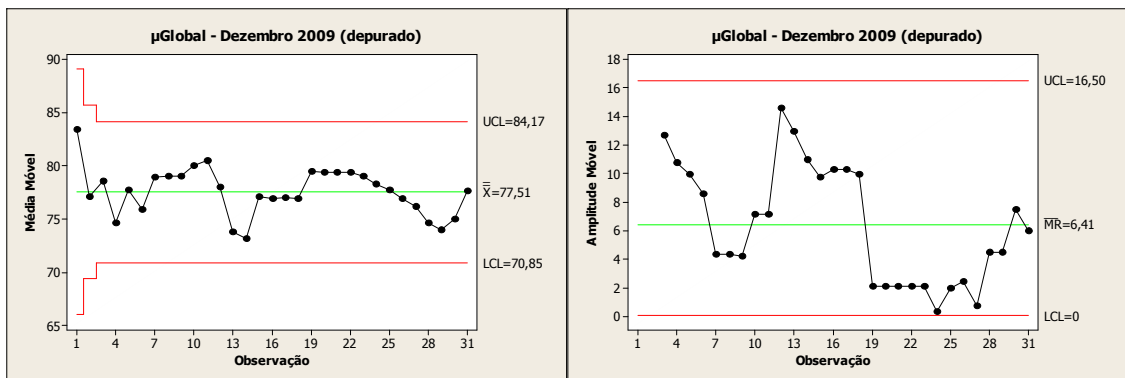


FIGURA 91: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

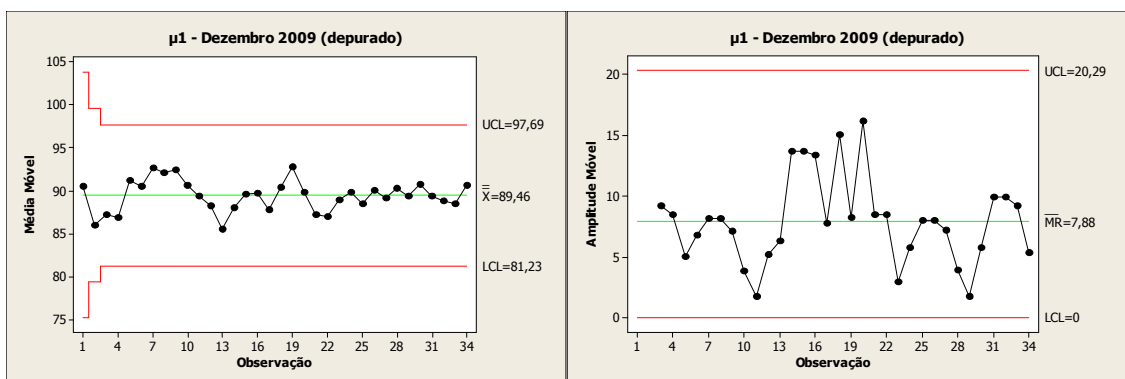


FIGURA 92: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

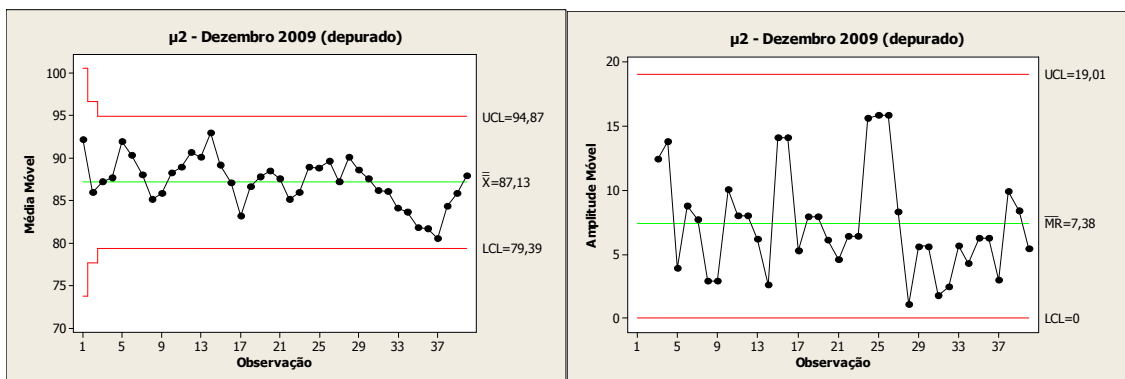
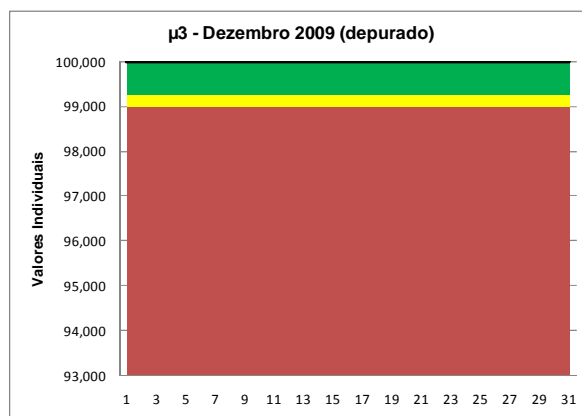


FIGURA 93: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

FIGURA 94: Carta de Pré-controle μ_3

Os gráficos de controle de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle utilizados repetiram o desempenho dos gráficos utilizados nos estudos de caso anteriores. As tabelas 42 e 43 apresentam uma visão conjunta das causas especiais assinaladas nos gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle para os meses de novembro e dezembro de 2009. A tabela 44 apresenta os resultados dos testes para diferenças de médias, onde não foi possível rejeitar a hipótese de igualdade para os valores médios dos índices μ_1 e μ_2 , e μ_{Global} , entre os meses de novembro e dezembro, ambos com as causas especiais tratadas e removidas. O teste não foi realizado para o μ_3 em função da natureza dos dados e não atendimento do requisito de distribuição normal dos dados.

TABELA 42: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Novembro 2009

Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1					18	X	X	X	
2					19	X	X	X	
3					20	X	X		
4					21				
5					22				
6				X	23				
7					24				
8					25				X
9					26				
10					27				
11					28				
12					29				
13					30		X		
14					31				
15					32				
16				X	33				
17			X		34				

Fonte: Dados da Empresa

TABELA 43: Análise conjunta das causas especiais detectadas nos índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 – Dezembro 2009

Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3	Observação	μ_{Global}	μ_1	μ_2	μ_3
1					25				
2	X	X			26				
3	X	X		X	27				
4	X	X	X		28				
5	X	X	X	X	29				
6			X	X	30	X	X		
7					31	X	X		
8					32	X		X	
9					33			X	X
10					34	X		X	
11					35	X		X	
12		X			36	X		X	
13					37	X			
14	X				38				
15					39				
16					40				
17					41				
18	X	X	X		42	X			
19	X	X	X		43	X	X		
20	X	X	X		44	X	X		
21	X	X			45	X	X		
22	X	X			46	X	X		
23	X	X			47				
24	X	X							

Fonte: Dados da Empresa

TABELA 44: Resultados para o teste de igualdades de médias

	μ_1		μ_2		μ_{Global}	
	Nov	Dez	Nov	Dez	Nov	Dez
Média	91,59%	89,46%	86,96%	87,13%	79,30%	77,51%
Desvio-padrão	5,34%	4,08%	4,04%	4,55%	4,87%	4,03%
Erro padrão da média	0,96%	0,70%	0,70%	0,72%	0,88%	0,72%
Observações	31	34	33	40	31	31
Estimativa para diferença	2,13%		0,17%		1,52%	
Intervalo de confiança de 95% para as diferenças	- 0,25% ; +4,51%		- 2,18% ; +1,83%		-0,76% ; +3,79%	
P-Value	0,079		0,864		0,187	
Resultado	Não Rejeitar		Não Rejeitar		Não Rejeitar	

5.4 DESCRIÇÃO DO CASO 4

5.4.1 Descrição do equipamento

O quarto equipamento analisado é um Torno Vertical com troca automática e capacidade de usinar até 800 mm de diâmetro.

O equipamento está disposto em um layout celular, sendo atendido por um operador por turno, que também é responsável por mais um equipamento. O

equipamento executa operações de usinagem em 2 tipos de cubos de roda, os quais são utilizados na montagem de suspensões para caminhões e reboques. Os tempos de ciclo dos cubos produzidos são de 4,35 e 5,50 min.

As figuras 95 e 96 apresentam um exemplo de cubo de roda usinado e o fluxograma parcial do processo de fabricação.

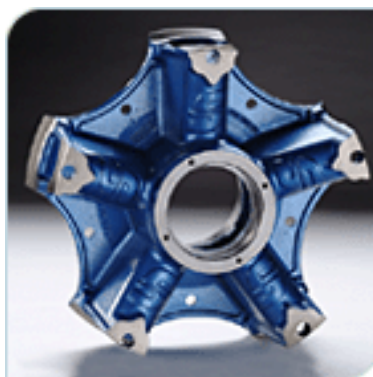


FIGURA 95: Exemplo de Cubo de Roda
Fonte: Dados da empresa

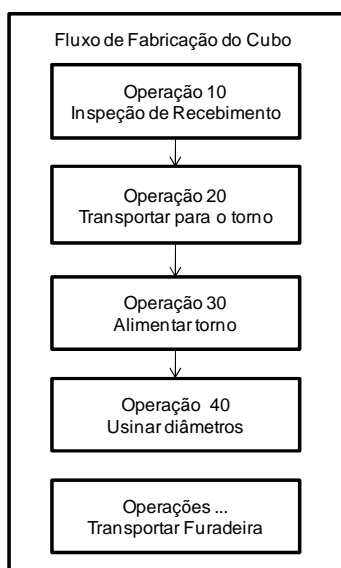


FIGURA 96: Fluxo parcial do processo de fabricação
Fonte: Dados da empresa adaptado pelo autor

5.4.2 Forma de gestão do IROG utilizada pela empresa

A forma de gestão do IROG é idêntica a utilizada no centro de usinagem Mazak - Seção 5.3.2.

5.4.3 Fatores que podem afetar a variabilidade do IROG

A tabela 45 apresenta os fatores que afetam a variabilidade no IROG do torno automático Minganti.

TABELA 45: Fatores que afetam a variabilidade do IROG

Fatores	Material	Mão de Obra	Máquina	Medição	M. Ambiente	Método
μ_1	Dureza Alta Falta de material	Experiência Fadiga Habilidade Treinamento Ginástica Laboral Refeição Falta de operador Deslocamento do operador Reunião / Preleção	Sistema de Alimentação Mix de produção Manutenção corretiva Regulagens Setup Troca de Inserto Ajuste de Ferramenta Manutenção Autônoma Ajuste do programa da máquina Programa Errado Falta de Empilhadeira Falta de Energia	Rotina de Medição Falta de dispositivo de medição	Calor/frio	Inspeção Qualidade Aguardando Manutenção Limpeza / organização / 5S Falta de padronização do setup
μ_2	Variação na dureza	Experiência Fadiga Habilidade Registro Incorreto Falta de registro Cronometragem de tempos incorreta Falta de treinamento	Alteração parâmetros de usinagem Pequenas regulagens Desgate/folgas Lubrificação insuficiente Falha na Alimentação	Registros na produção Acuracidade da coleta manual Relógio não padronizado	Calor/frio Umidade Ruído	Ajuste Velocidade Falta de anotação para paradas sem códigos Falta de operação padrão Falta método para registro de pequenas paradas
μ_3	Incorreto Variação na dureza Falhas no Fundido Dimensões fora do especificado Massa deslocada Composição fora do especificado	Ajuste Incorreto Falta de Atenção Fadiga Falta de treinamento	Parâmetros de usinagem incorretos Inserto/Ferramentas incorretos Quebra de Inserto/Ferramentas Setup incorreto Ajuste incorreto	Incorreta Local inadequado Instrumentos errados	Calor/frio Umidade	Ajuste Velocidade Falta de operação padrão Falta de padronização do setup

5.4.4 Avaliação do gráfico de controle a ser utilizado

Foram definidos o uso dos gráficos de médias e amplitudes móveis para os índices μ_1 , μ_2 e μ_{Global} e de pré-controle para o índice μ_3 , seguindo as justificativas apresentadas na seção 5.1.6.

5.4.5 Análise dos gráficos de controle e pré-controle quanto a presença de causas especiais

Os cálculos das estatísticas e limites de controle para os gráficos de média móvel, amplitude móvel e pré-controle seguiram os mesmos critérios apresentados

na seção 5.1.7. A análise da presença de causas especiais seguiu os critérios da seção 5.1.9.

As figuras 97, 98, 99 e 100 apresentam os gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle para os índices μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ_{Global} do mês de novembro 2009. Os gráficos demonstraram um comportamento estável, sem a presença de causas especiais de variação.

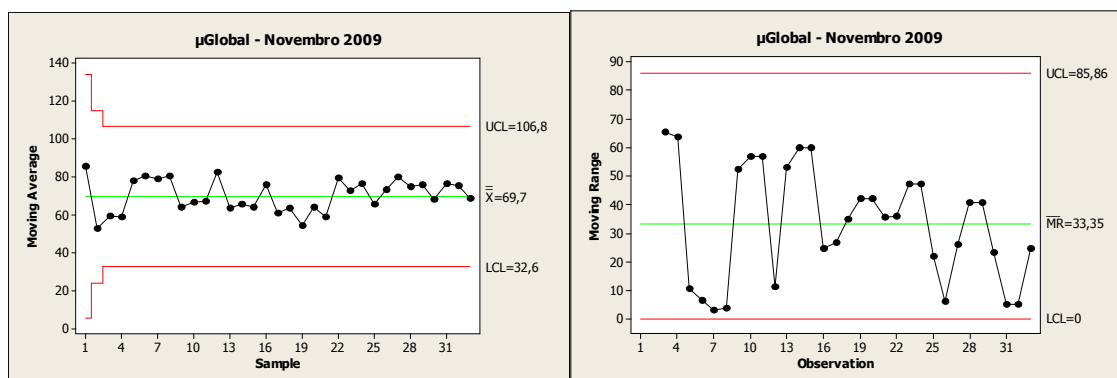


FIGURA 97: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

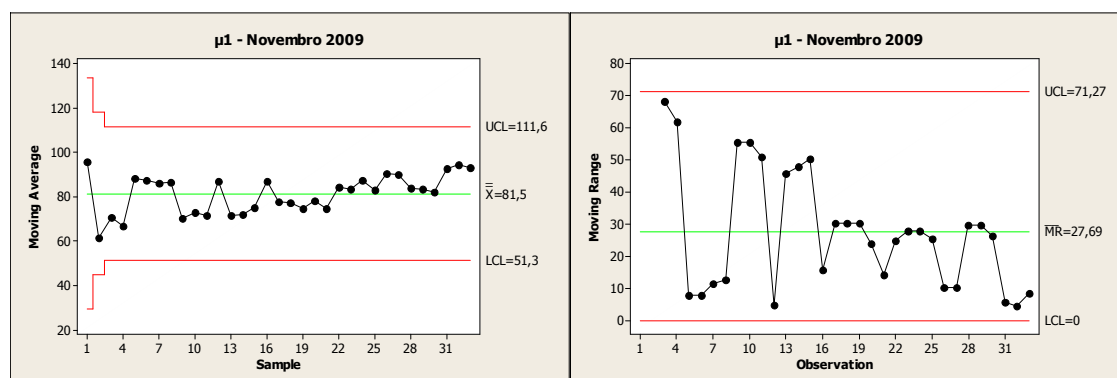


FIGURA 98: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

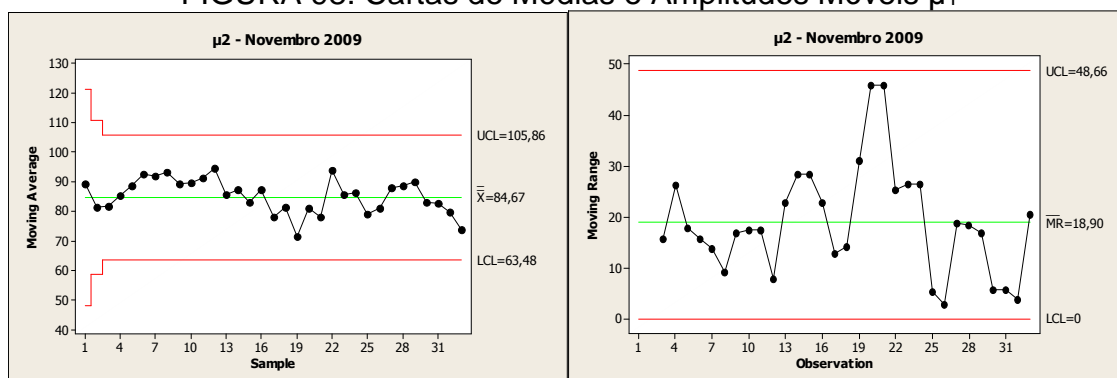


FIGURA 99: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2

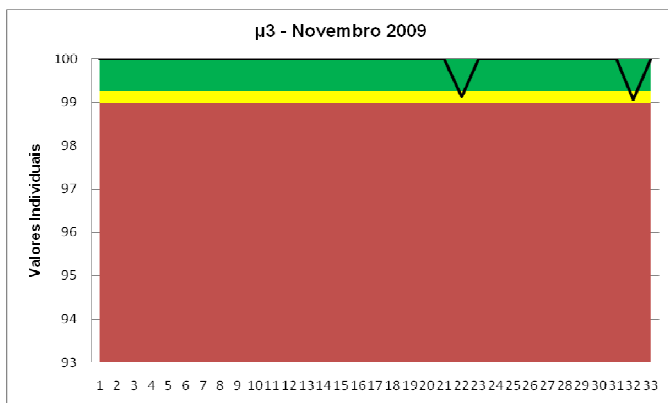


FIGURA 100: Carta Pré-controle μ_3

As figuras 101, 102, 103 e 104 apresentam os gráficos de médias móveis, amplitudes móveis e pré-controle referentes ao mês de dezembro 2009. Os gráficos foram construídos com os mesmos limites de controle dos gráficos de novembro 2009 e demonstraram a continuidade do comportamento estável para os índices do IROG.

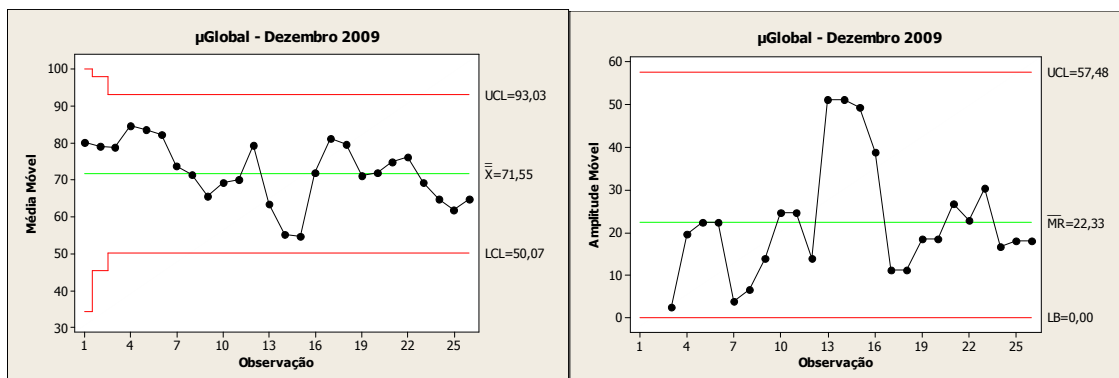


FIGURA 101: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_{Global}

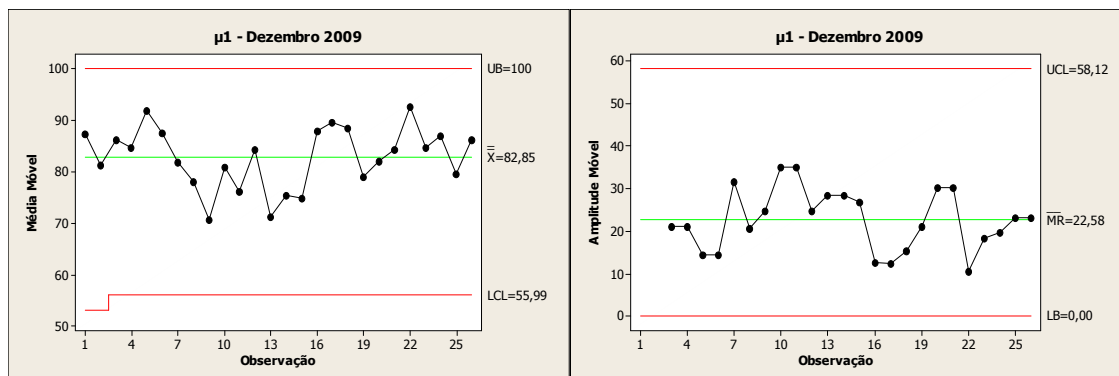
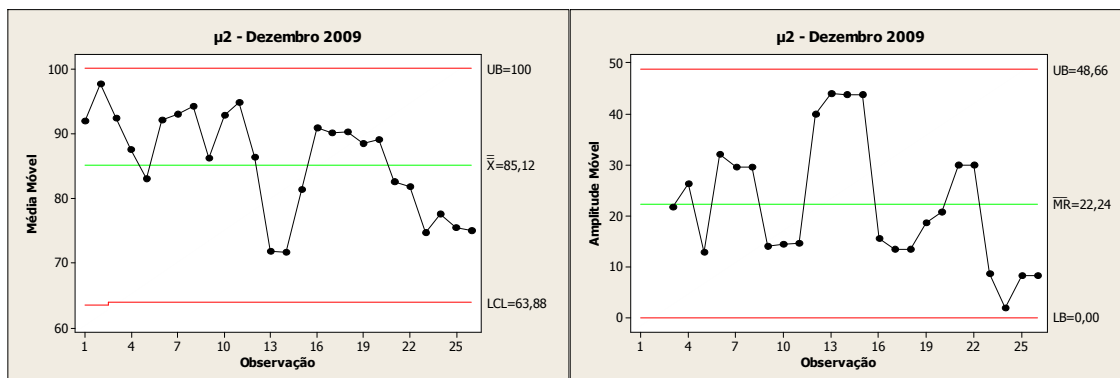
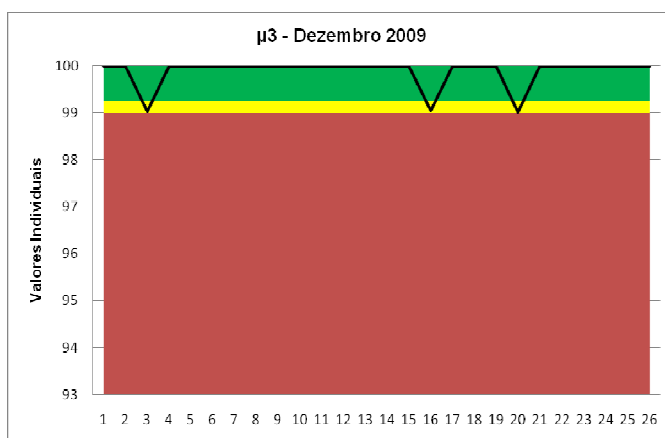


FIGURA 102: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_1

FIGURA 103: Cartas de Médias e Amplitudes Móveis μ_2 FIGURA 104: Carta Pré-controle μ_3

A tabela 46 apresenta os resultados dos testes para diferenças de médias, onde não foi possível rejeitar a hipótese de igualdade para os valores médios dos índices μ_1 , μ_2 e μ_{Global} entre os meses de novembro e dezembro. Estes resultados reforçaram a hipótese de que não ocorreram mudanças no processo. O teste não foi realizado para o μ_3 em função da natureza dos dados e não atendimento do requisito de distribuição normal dos dados.

TABELA 46: Resultados para o teste de igualdades de médias

	μ_1		μ_2		μ_{Global}	
	Nov	Dez	Nov	Dez	Nov	Dez
Média	81,50%	82,80%	84,70%	86,70%	69,70%	71,60%
Desvio-padrão	17,50%	11,80%	11,30%	14,70%	19,20%	13,80%
Erro padrão da média	3,00%	2,30%	2,00%	2,90%	3,30%	2,70%
Observações	33	26	33	26	33	26
Estimativa para diferença	-1,37%		-2,02%		-1,86%	
Intervalo de confiança de 95% para as diferenças	-9,02% ; +6,28%		-9,03% ; +5,00%		-10,47% ; +6,74%	
P-Value	0,721		0,565		0,666	
Resultado	Não Rejeitar		Não Rejeitar		Não Rejeitar	

Os resultados do IROG de novembro e dezembro não atenderam a meta de μ_{Global} estabelecida pela organização. A obtenção de um desempenho médio do μ_{Global} acima de 80% seria viável apenas com a implementação de um plano de ações sobre as causas comuns de variação. A tabela 47 apresenta as metas estabelecidas pela empresa e os resultados do IROG de novembro e dezembro.

TABELA 47: Metas x Resultados do IROG

Índice	Meta	Novembro	Dezembro
μ_{Global}	80%	69,70%	71,55%
μ_1	84%	81,50%	82,85%
μ_2	95%	84,67%	85,12%
μ_3	100%	99,94%	99,89%

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 DISCUSSÃO

O presente trabalho abordou a incorporação dos efeitos da variabilidade dos processos sobre o indicador IROG e os seus desdobramentos no contexto da gestão do posto de trabalho. Ele teve como objetivo principal propor um modelo para avaliar o impacto da variabilidade sobre o IROG e a GPT. Também fazem parte dos objetivos deste trabalho descrever e analisar os resultados obtidos com o modelo proposto, em duas empresas do segmento metal-mecânico, a partir da análise de quatro postos de trabalho.

Para atender os objetivos, foi efetuada uma revisão bibliográfica apresentando inicialmente a Gestão do Posto de Trabalho (GPT), sua origem, conceitos e objetivos. A concepção geral que norteia a GPT consiste em otimizar a utilização dos ativos (equipamentos, instalações e pessoal) nas organizações, aumentando as suas capacidades e a flexibilidade da produção, sem que seja necessária a realização de investimentos adicionais. A GPT enfatiza a importância da atuação integrada das áreas de produção, qualidade, processo, manutenção, segurança e melhorias. Por meio da GPT é possível identificar quais prioridades devem ser seguidas pelos operadores nas atividades de rotina e de melhorias a serem realizadas no posto de trabalho, decidir se estas prioridades de ações devem ser as mesmas para todos os postos de trabalho, definir estas prioridades, concluir se todos os postos de trabalho devem ser gerenciados de forma similar e estabelecer um indicador que inclua todas as áreas envolvidas e auxilie na lógica de gerenciamento da rotina e das melhorias no posto de trabalho na organização.

Dando continuidade à revisão bibliográfica, foi apresentada a utilização do indicador IROG no contexto da GPT. A origem da avaliação da eficiência dos equipamentos está vinculada aos cálculos de OEE propostos por Nakajima na TPM. O cálculo do IROG (ou OEE) é vinculado ao desdobramento dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, e à avaliação das perdas correspondentes. O modelo original da OEE classificava as perdas em: perdas por parada do equipamento, perdas por *set-up* e ajustes, perdas por operação em vazio ou pequenas paradas, perdas por redução de velocidade, perdas por rendimento

reduzido e perdas por quebras e retrabalhos de qualidade. Posteriormente pelos trabalhos de Jeong e Phillips (2000), Hansen (2006) e Chiaradia (2004), foi inserida uma sétima perda ao modelo original, a perda por gestão. As perdas por gestão se caracterizam por aquelas não associadas diretamente ao equipamento, mas que impedem que o equipamento permaneça em produção. Na seqüência foram apresentados os métodos de cálculo do IROG e suas parcelas.

Finalizando a revisão conceitual, foi abordada a questão da variabilidade nos processos. A variação está relacionada com a mudança nos dados, características ou funções de produtos ou processos provocadas por um dos quatro fatores: causas especiais, causas comuns, causas estruturais e supercontrole. Também foi destacada a importância do monitoramento da variabilidade do processo em qualquer procedimento de controle. O monitoramento da variabilidade é tão importante quanto o monitoramento da média. Um aspecto fundamental é a distinção entre as causas comuns e as causas especiais de variação, principalmente pelo fato de a responsabilidade pelo tipo de ação estar em diferentes níveis ou funções da organização. A confusão entre causas comuns e especiais também pode provocar um aumento da variabilidade dos processos.

Para medição da variabilidade dos processos podem ser utilizadas medições tradicionais da estatística como variância, desvio-padrão e o coeficiente de variação. Outra forma de acompanhamento da variabilidade dos processos é o uso de gráficos de controle estatístico de processos (CEP).

Um sistema constante operando somente com comuns de variação é considerado um sistema estável ou com estabilidade estatística. As variações fora deste sistema estável são chamadas causas especiais. As causas especiais podem ser detectadas com o uso dos gráficos de controle e eliminadas através de ações locais. Se o processo permanecer estável, o gráfico de controle sinaliza que o mesmo deve rodar sem interferências. Desta forma, evitam-se freqüentes ajustes desnecessários que aumentam a variação ao invés de reduzi-la.

Na seqüência foram apresentados alguns tipos de cartas de controle, os cálculos dos limites de controle e as regras para interpretação de sinais de instabilidade nas cartas de controle.

A partir da revisão bibliográfica foi desenvolvido um modelo conceitual da GPT com a incorporação do monitoramento da variabilidade. Este modelo serviu como referência para o modelo a ser utilizado nas empresas estudadas.

O desenvolvimento dos estudos de caso iniciou com a análise e descrição das práticas de gestão aplicadas nos postos de trabalho estudados. As duas empresas monitoram o IROG dos seus recursos críticos através da coleta de dados realizada pelos operadores nos diferentes turnos de produção. Os dados incluem o código do item em produção, as quantidades manufaturadas, os tempos e os motivos de paradas e as quantidades de peças refugadas e retrabalhadas. As informações coletadas são digitadas diariamente em um *software* específico, sendo gerados relatórios e gráficos gerenciais, os quais são direcionados aos diferentes níveis da organização, incluindo quadros de gestão visual junto aos postos de trabalho monitorados. As metas de IROG são estabelecidas pela gerência considerando as necessidades de demanda comparadas com as capacidades de produção disponíveis. Os gráficos e relatórios de gestão comparam a meta com o desempenho de cada ponto monitorado. Em função dos resultados do monitoramento, as equipes das áreas de apoio e produção geram planos de ação específicos para melhorar o desempenho do IROG.

Na seqüência, foram avaliados os fatores que afetavam a variabilidade dos postos de trabalho estudados. Esta avaliação foi realizada em sessões de *brainstorming* com a participação do pessoal envolvido na GPT e utilizando como estrutura de apoio diagramas de causa e efeito (desdobrado nas categorias de material, mão de obra, máquina, medição, meio ambiente e método). A avaliação foi realizada para cada um dos índices que compõem o IROG (disponibilidade, desempenho e qualidade) e postos de trabalhos estudados.

O estudo do efeito da variabilidade dos processos sobre o IROG e suas parcelas (índices de disponibilidade, desempenho e qualidade) foi realizado a partir da coleta de dados dos postos de trabalho estudados. Os dados coletados foram estratificados por dia e turno de produção. A partir da natureza e distribuição dos dados coletados, foram definidos os tipos de gráficos de controle e calculados os limites naturais de processo a serem adotados em cada um dos quatro postos de trabalho estudados. Com os dados lançados nos gráficos de controle, tornou-se possível identificar os sinais de mudanças no processo pela avaliação dos índices

que compõem o IROG, indicando a estabilidade, melhoria ou deterioração do desempenho dos postos de trabalho estudados. As análises foram realizadas em gráficos separados para os índices μ_{Global} , μ_1 , μ_2 e μ_3 , permitindo a avaliação e tomada de ações específicas. A detecção dos sinais de instabilidade dos gráficos de controle foi suportada pelos registros das ocorrências nos diários de bordo e entrevistas com o pessoal envolvido na gestão dos postos de trabalho estudados. Também foram propostas ações de melhoria buscando a estabilização dos processos pela remoção das causas especiais identificadas. A atuação sobre as causas especiais logo após a sua identificação evita reincidências e possibilita resultados de melhor desempenho imediatos. Também foi possível comparar os resultados dos processos estabilizados (sem as causas especiais) e as metas de IROG, o que permite uma previsão mais acurada de desempenho e a necessidade de um plano de ação sobre o sistema (ou causas comuns de variação).

A partir do desenvolvimento dos estudos de caso, viabilizou-se a proposição de um novo modelo de gestão que inclui o impacto da variabilidade dos processos na avaliação do IROG e seus desdobramentos na Gestão do Posto GPT.

6.2 CONCLUSÃO

A aplicação do modelo proposto nos postos de trabalho estudados viabilizou os seguintes resultados e conclusões:

- uma análise isolada do gráfico de controle do μ_{Global} não contemplou todas as causas especiais assinaladas nos gráficos dos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 . Esta situação retarda ou inviabiliza a tomada de ações corretivas e/ou preventivas apropriadas e reforça a estratégia da GPT pelo desdobramento dos índices que compõe o IROG;
- para avaliação da eficácia dos gráficos na detecção das causas especiais, foram realizados testes para igualdade dos valores médios entre índices estabilizados de meses contínuos. Os testes rejeitaram a igualdade de médias do índice μ_{Global} entre os meses de outubro e novembro no estudo de caso 1 e o índice μ_3 entre os meses de outubro e novembro no estudo de caso 2. A reprovação do μ_{Global} pode estar relacionada a falta de acuracidade de registros do índices de μ_1 e μ_2 .

- a tomada de ações corretivas e/ou preventivas próximas a ocorrência dos eventos das causas especiais poderiam evitar a reincidência destes problemas e refletir nos resultados de desempenho dentro dos períodos de avaliação. No primeiro estudo de caso, os resultados do mês de novembro sem as reincidências para o μ_{Global} passaria de 52,01% para 55,29%;
- a identificação dos motivos das causas especiais mais próximos as suas ocorrências melhorou a precisão das informações coletadas. Esta situação torna-se especialmente útil nas perdas relacionadas ao índice μ_2 . No modelo anterior, a análise e identificação nas reuniões semanais era prejudicada por falta de registros confiáveis;
- a estabilização do processo viabiliza uma comparação confiável do desempenho do IROG com as metas estabelecidas. A tabela 48 apresenta os resultados do IROG nos postos de trabalho estudados;
- o atendimento das metas de IROG nos estudos de caso 2, 3, e 4 seria viabilizado somente com um plano de ação focalizado sobre o sistema (ou sobre as causas comuns de variação). Desta forma, o conhecimento do nível de desempenho do processo estabilizado facilita a decisão sobre natureza das ações de melhoria necessárias e também evita o estabelecimento de metas impraticáveis;
- mesmo no caso de atendimento da meta mensal, é importante avaliar o efeito da variabilidade no desempenho do IROG durante o mês de produção. No estudo de caso 1, os limites calculados para o gráfico do μ_{Global} , o valor médio poderia oscilar entre 50,31% e 83,82%. Esta faixa de variação poderia ocasionar o não atendimento da demanda requerida em alguns turnos de produção, o que ocorreu em 6 turnos de produção no mês de outubro e em 22 turnos durante o mês de novembro (quando ocorreu queda do valor médio e aumento da variabilidade do μ_{Global}). Para proteção do sistema contra a variabilidade, foram utilizadas estratégias como estoques de segurança, reserva de capacidade, entre outras;
- a identificação dos pontos com tendência de melhoria ou deterioração do desempenho dos índices do IROG viabilizou-se pela detecção nos gráficos de

controle das observações com causas especiais no decorrer dos turnos de produção nos meses estudados;

- a informação de não atuar localmente (ações sobre supostas causas especiais) também ficou melhor definida através do uso dos gráficos de controle com comportamento estável.

TABELA 48 : Resultados do IROG nos postos de trabalho estudados

	Resultados	Outubro	Novembro	Dezembro
Caso 1	Meta	77%	58%	58%
	Desempenho Original	67%	52%	49%
	Processo Estabilizado	67%	62%	62%
Caso 2	Meta	58%	58%	58%
	Desempenho Original	56%	58%	50%
	Processo Estabilizado	58%	59%	53%
Caso 3	Meta	-	80%	80%
	Desempenho Original	-	76%	71%
	Processo Estabilizado	-	79%	77%
Caso 4	Meta	-	80%	80%
	Desempenho Original	-	70%	71%
	Processo Estabilizado	-	70%	71%

6.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Como sugestão para desdobramentos futuros desta dissertação, salienta-se:

- ampliação do presente estudo para outros equipamentos, postos de trabalho e/ou processos;
- avaliação da capacidade (ou capacidade) dos processos atenderem as metas (ou tolerâncias) de desempenho do IROG;
- desenvolvimento de metodologias específicas para redução da variabilidade do IROG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSSON, G.; GERDIN, J. **Exploiting institutional contradictions**: The role of management accounting in continuous improvement implementation. *Qualitative Research in Accounting & Management*. v.3, n.2, p.126-144, 2006.

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2009**. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br>. Acesso em 09.01.2010.

ANTUNES, J. ; ALVAREZ, R.; BORTOLOTTI, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção**: conceitos e práticas para o projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES, J.; KLIPPEL, M. **Uma abordagem Metodológica para o Gerenciamento das Restrições dos Sistemas Produtivos: A Gestão Sistêmica, Unificada e Integrada e Voltada aos Resultados do Posto de Trabalho**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXI. Salvador: 2001.

BREYFOGLE, F. **Implementing Six Sigma**: Smarter solutions using statistical methods. New York: John Wiley & Sons, 1999.

BRITZ, G.; EMERLING, D.; HARE, L.; HOERL, R.; JANIS, S.; SHADE, J. **Improving Performance Through Statistical Thinking**. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2000.

CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos na Gestão e Melhoria Contínua dos Equipamentos**: Um estudo de Caso na Indústria Automobilística. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. **Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement**: A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 20, n.12, p. 1488-1502, 2000.

DEMING, W. E. **Qualidade: A revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DIAS, S. **Análise Histórica da Trajetória de Alinhamento dos Sistemas de Produção, Custo e Indicadores de Desempenho**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

DELBRIDGE, R.; BARTON, H. **Organizing for continuous improvement**. International Journal of Operations & Production Management, v.22, n.6, p. 680-692, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2007a.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2007b.

GOLDRATT, E.; COX, J. **A Meta**. 12.ed. São Paulo: Educator, 1997

GRANT, L ; LEAVENWORTH, R. **Statistical Quality Control**. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 1996.

HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HARE, L.; HOERL, R.; HROMI, J.; SNEE, R. **The Role of Statistical Thinking in Management**. Quality Progress Magazine, v.28, n.2, p.53-60, 1995.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory Physics: foundations of manufacturing management**. 5th ed. New York: McGraw Hill, 2001.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **To Pull or Not to Pull: What Is the Question?** Manufacturing & Service Operations Management. v.6, n. 2, p. 133-148, 2004.

HURLEY, S. **A practical heuristic for effective buffer management.** International Journal of Operations & Production Management, v.16, n.10, p. 89-101, 1996.

JEONG, K.; PHILLIPS, D. T. **Operational Efficiency and Effectiveness Measurement.** International Journal of Operations & Production Management. v. 21, n. 11, p. 1404-1416, 2001.

JONSSON, P; LESSHAMMAR, M. **Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems:** The role of OEE. International Journal of Operations & Production Management. v. 19, n.1, p. 55-78, 1999.

KLIPPEL, A ; ANTUNES, J. A. V. ; KLIPPEL, M. ; JORGE, R. **Estratégia de Gestão dos Postos de Trabalho** – Um Estudo de Caso na Indústria de Alimentos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIII. Ouro Preto: 2003.

KLIPPEL, M. ; KLIPPEL, A. ; ANTUNES, J. A. V. ; JORGE, R. ; CASSEL, R. **O Desdobramento do Índice do Rendimento Operacional Global (IROG) como Pilar de Sustentação para a Abordagem da Gestão dos Postos de Trabalho (GPT) para Sistemas Produtivos.** SIMPÓSIO SOBRE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2004, Resende - RJ. Anais do SEGET. 2004.

KLIPPEL, A; OLIVEIRA, J. **Aumento da eficiência operacional através da abordagem de Gestão dos Postos de Trabalho (GPT):** um estudo de caso na indústria de Medicamentos. 'Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIV. Florianópolis: 2004.

LJUNGBERG, O. **Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities.** International Journal of Operations & Production Management. v. 18, n. 5, p. 495-507, 1998.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.

MONTGOMERY, D. C. e RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

NACHIAPPAN, R. ; ANANTHARAMAN, N. **Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line**. Journal of Manufacturing technology Management. v. 17, n. 7, p. 987-1008, 2006.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM** . São Paulo: IMC, 1989a.

NAKAJIMA, S. **TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance**. Portland: Productive Press Inc, 1989b.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção** : Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookmann, 1997.

PASSOS, A. A. **Os Circuitos da Automação – Uma abordagem Técnico-Econômica**. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2004.

PYZDEK, T. **The Six Sigma Handbook: A complete guide for Greenbelts, Blackbelts, & Managers at all levels**. New York: McGraw-Hill, 2001.

RAMOS, A. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Edgar Blücher, 2000

ROESCH, S. M. A. **Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

SANTOS, A. R. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento**. 3.ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

SEIDEL, A. **No sentido da Implementação de um Programa de Troca Rápida de Ferramenta (TRF): Um estudo de caso de uma empresa fornecedora de componentes para montadoras da Indústria Automobilística Nacional**. Dissertação

(Mestrado em Administração) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2003.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookmann, 1996a.

SHINGO, S. Sistemas de Produção com Estoque Zero: **O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**. Porto Alegre: Bookmann, 1996b.

SIEBELS, D. L. **The Quality Improvement Glossary**. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2004.

SINDIPEÇAS. **Desempenho do Setor de Autopeças 2009**. Disponível em: <http://www.sindipecas.org.br>. Acesso em 09.01.2010.

SNEE, R. **Process Variation – Enemy and Opportunity**. Quality Progress Magazine. v.39, n.12, p.73-75, 2006.

TAJIRI, M. ; GOTOH F. **TPM Implementation: A Japanese Approach**. New York: McGraw-Hill, 1992.

Yin, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

WHEELER, D.. **Entendendo a Variação: a chave para administrar o caos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

WOODALL, W.; SPITZNER, D.; MONTGOMERY, D.; GUPTA, S. **Using Control Charts to Monitor Process and Product Quality Profiles**. Journal of Quality Technology. v.36, n.3, p. 309-320, 2004.