

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Engenharia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS, METALÚRGICA E DE
MATERIAIS (PPGEM)**

**IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO ENXUTA EM EMPRESAS DE
MINERAÇÃO A PARTIR DE UM MODELO DE GESTÃO INTEGRADA:
UMA PERSPECTIVA DE SINERGIA ENTRE A ENGENHARIA DE
MINAS E A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ALTAIR FLAMARION KLIPPEL

Mestre em Engenharia

**Porto Alegre
2007**

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Engenharia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS, METALÚRGICA E DE
MATERIAIS (PPGEM)**

**IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO ENXUTA EM EMPRESAS DE
MINERAÇÃO A PARTIR DE UM MODELO DE GESTÃO INTEGRADA:
UMA PERSPECTIVA DE SINERGIA ENTRE A ENGENHARIA DE
MINAS E A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ALTAIR FLAMARION KLIPPEL

**Tese desenvolvida no Departamento de
Engenharia de Minas da Escola de Engenharia
da UFRGS, dentro do Programa de Pós-
graduação em Engenharia de Minas,
Metalúrgica e de Materiais (PPGEM), como
requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Engenharia**

**Orientador: Dr. Carlos Otávio Petter
Co-Orientador: Dr. José Antonio Valle
Antunes Jr.**

**Porto Alegre
2007**

Esta tese foi analisada e julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Carlos Otávio Petter

Orientador

Prof. Dr. José Antonio Valle Antunes Jr.

Co-orientador

A banca examinadora foi composta pelos seguintes Doutores:

Dr. Enrique Munaretti (UFRGS)

Dr. Heitor Mansur Caulliraux (UFRJ)

Dr. Jorge Dariano Gavronski (CRM)

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta tese de doutorado foi possível pela parceria realizada com a Mineração Mônego Ltda, a Carbonífera Criciúma S. A. e o “Programa em Rede do Arranjo Produtivo de Gemas e Jóias do Rio Grande do Sul”, através da Cooperativa de Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. – COOGAMAI, entidades que se tornaram laboratórios de experimentos possibilitando a interação entre os conhecimentos teóricos de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção e sua aplicação prática em cenários distintos da indústria de mineração. Desejo expressar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para que este trabalho se tornasse uma realidade, entre as quais destaco:

- ao professor Dr. Carlos Otávio Petter, pela orientação durante a realização deste trabalho nas questões relacionadas ao campo da Engenharia de Minas, bem como pela sua orientação para a apresentação deste trabalho à banca examinadora.
- ao professor Dr. José Antonio Valle Antunes Jr. pela sua orientação durante a elaboração deste trabalho nas questões relacionadas ao campo da Engenharia de Produção. Suas sugestões, contribuições e discussões foram fundamentais e inestimáveis;
- ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da UFRGS pela ampliação dos meus conhecimentos;
- aos amigos Paulo Mônego e Florêncio Mônego Jr., diretores da Mineração Mônego Ltda., por terem disponibilizado a estrutura organizacional da empresa para que esta se transformasse em um campo de aplicação do desenvolvimento desta tese;
- aos professores José Ferreira Leal e Adélir Striedel que possibilitaram a minha participação no “Programa em Rede do Arranjo Produtivo de Gemas e Jóias do Rio Grande do Sul”. Através desta participação tornou-se viável a aplicação dos conceitos teóricos desta tese em garimpos de ametista do Estado do Rio Grande do Sul, um dos cenários de mineração estudados no desenvolvimento deste trabalho;
- ao amigo Alfredo Flávio Gazzola, diretor da Carbonífera Criciúma S. A., por propiciar a coleta dos dados necessários para o desenvolvimento parcial desta tese;

- aos funcionários da Mineração Môngo Ltda., Alex, Álvaro, Andelson, Alexandre, Antonio Jocemar, Charles, Clovis, Dionísio, Eleandro, Eliane, Flavio, Joceli, João Sidnei, João Felipe, Jussemar, Liane, Lucia Helena, Luis Carlos, Marlon, Milton, Olinto, Paulo Régis, Paulo Oberto, Pedro, Roberto, Sandro, Vanuza, Vilson e Vladimir pela contribuição na elaboração deste trabalho e efetiva participação na aplicação prática dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção. Agradecimento especial ao engenheiro Álvaro Roth, sempre disponível para discussões e esclarecimento das dúvidas que surgiram durante o período de nossa convivência;
- à Diretoria da Cooperativa dos Garimpeiros do Alto Médio Uruguai – COOGAMAI, na pessoa de seu presidente, sr. Delmir Poltrich. Além de facilitar o acesso aos garimpos da região de Ametista do Sul, o mesmo disponibilizou seu garimpo para que este fosse utilizado como unidade piloto para a realização de experimentos utilizados no desenvolvimento deste trabalho;
- aos bravos garimpeiros da região de Ametista do Sul, nas pessoas de Alemão, Nego, Ninho, Enio e Valdair entre tantos outros, e cujo trabalho para a extração da riqueza mineral do subsolo brasileiro na forma de geodos de ametista é realizado em condições árduas;
- à engenheira Vivian Stumpf Madeira, responsável pela Divisão Química da Carbonífera Criciúma S. A., que nos forneceu dados necessários para o desenvolvimento parcial deste trabalho;
- à todos os meus colegas da Produttare Consultores Associados, um dos mais importantes celeiros do conhecimento da Engenharia de Produção em nosso país;
- ao meu sobrinho, geólogo Helio Costet de Mascheville Lengler, pela sua insistência para que eu aceitasse esse desafio;
- à minha esposa Núbia, meu conforto e estímulo nas horas em que as dificuldades me faziam esmorecer para a conclusão deste projeto. Sua cumplicidade foi decisiva para que eu chegasse à este momento;

- aos meus filhos Marcelo e Cristiane e a minha nora Ana Paula, igualmente baluartes e incentivadores deste projeto;
- à minha mãe Emma Costet de Mascheville, *in memorium*. Minha trajetória profissional fundamenta-se em sua pessoa através de seus exemplos de profissionalismo e ética;
- à todas as pessoas que não foram nominalmente mencionadas, mas que de alguma forma tornaram possível a elaboração desta tese de doutorado.

“Não existe a perfeição, mas sim o perfeito aperfeiçoamento”

Emma Costet de Mascheville

RESUMO

A produção de matérias-primas minerais é feita através de tecnologia conhecida mundialmente. No entanto, a crescente competição econômica mundial faz com que este domínio tecnológico não seja, por si só, suficiente para assegurar a sobrevivência das empresas de mineração. É necessário, também, que os métodos de gestão utilizados pela indústria de mineração estejam alinhados com a lógica da competitividade, visando maximizar os resultados econômicos financeiros das organizações como forma de sustentação no cenário globalizado atual. Esta tese está relacionada com a maximização dos resultados passíveis de serem alcançados nas indústrias de mineração, a ser obtida através de uma forma de gestão que integre a tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas com a tecnologia de gestão da Engenharia de Produção. Esta integração é realizada através de um Modelo de Gestão Integrada, proposto nesta tese. A construção deste modelo teve como ponto de partida a experiência realizada pelo autor desta tese na mineração de fluorita no final dos anos 90, quando foram implementados alguns conceitos de Engenharia de Produção nesta atividade mineral. A partir desta experiência, sedimentada com a agregação de conceitos teóricos, foram selecionados três outros cenários na indústria de mineração para o desenvolvimento desta tese, nos quais foram utilizadas duas metodologias de pesquisa. Na mineração de calcário e na mineração de ametista, a Pesquisa-Ação foi a metodologia de pesquisa selecionada, enquanto que na mineração de carvão utilizou-se o Estudo de Caso.

Na mineração de fluorita, a implementação de melhorias no processo de produção, devido à integração dos dois ramos da Engenharia considerados, resultou na redução dos gastos totais por tonelada de produto final, em função da eliminação de perdas no sistema de produção. A empresa transformou-se em uma organização de aprendizagem. Na mineração de calcário, a disseminação de conhecimentos da Engenharia de Produção através de processos de aprendizagem, propiciou o desenvolvimento de uma visão sistêmica do processo de produção por parte dos colaboradores, bem como a implementação de uma forma de gestão com o objetivo de otimizar o uso da capacidade existente. Neste cenário foi considerado, também, o desenvolvimento de novos produtos. Na mineração de ametista, o modelo de gestão proposto propiciou a realização de melhorias não somente no fluxo de produção, mas também

na qualidade de vida dos trabalhadores devido à melhoria nas condições de trabalho desta atividade mineral. Na mineração de carvão, este trabalho procurou evidenciar a importância de se desenvolver novos produtos buscando a plena utilização da capacidade instalada. Neste cenário foram abordadas, também, questões relacionadas com o controle do meio ambiente.

A análise e o estudo dos quatro cenários resultaram na construção de uma estrutura de mudanças e de um processo de mudanças para o Modelo de Gestão Integrada. A estrutura de mudanças do modelo é suportada pela integração das técnicas de lavra e beneficiamento mineral com as técnicas de gestão bem como pela inovação, que pode ser de produtos, serviços, métodos e mercado e, ainda, na forma de como é feita a gestão na Organização. Ela propicia a obtenção de melhores resultados nas organizações através da maior utilização dos ativos, com a ampliação do mercado, a redução dos custos operacionais e o aumento do lucro.

O processo de mudanças do modelo tem início a partir da realização de um diagnóstico situacional para avaliar a sinergia existente na empresa entre os dois ramos da Engenharia considerados e tende a transformar a mesma em uma organização de aprendizagem para assimilação, integração e sedimentação dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e de Engenharia de Produção.

Palavras-chave: Mineração, Gestão, Inovação, Produção Enxuta, Sistema Toyota de Produção (STP), Teoria das Restrições (TOC).

ABSTRACT

Mineral raw material production is done through a well known worldwide technology. However, the technological domain seems to be insufficient to cope with the survival of mining industries in view of the increasing world economic competition. In addition, it is necessary that the management methods adopted by the mining industry be aligned with the logic of competitiveness aiming to maximize the financial and economic outcomes of the organizations as a way of supporting themselves in the current globalized scenario.

This thesis deals with the maximization of outcomes to be achieved in the mining industries through a form of management that integrates Mining Engineering intrinsic technology with managing technology from Industrial Engineering. This integration is carried out through an Integrated Management Model proposed.

The model was first devised by the author in the fluorspar mining in the late 90's as some concepts from Industrial Engineering were being implemented.

Drawing on the author's experience, rooted in the aggregation of theoretical concepts, three other sites in the mining industry were chosen as a scenario for the work where two research methods were used. As for limestone and amethyst mining, the Survey-Action method was applied, while Case Study was used for coal mining.

For fluorspar mining, the improvement in production based upon the integration of the Engineering areas resulted in a reduction of the total costs per ton for finished product, allowing the elimination of waste in such production system. The company became a learning organization.

For limestone mining, the Industrial Engineering knowledge spread through learning steps provided a systemic view of the production process and implemented a management approach aiming to optimize the use of the existing capacity. In this setting, the development of new products was also taken into account.

For amethyst mining, the management model provided improvements in the production flow and also improved the employee's life quality due to better working conditions.

In the last case study, coal mining, this work attempted to emphasize the importance of developing new products by using the company's full capacity. In addition, issues related to environmental pollution control were addressed.

The analysis and study of the four scenarios led to the construction of a structure and a process of changes for the Integrated Management Model.

The model changing structure is supported by the integration of mining and processing techniques with management through the innovation of products, services, methods and market. It provides better outcomes with the expansion of market share, operational costs reduction and higher profitability.

The model changing process starts by a situational diagnostic to access the existing synergy between the two areas of Engineering previously mentioned and tends to transform the same into a learning organization to assimilate, integrate and consolidate the concepts, techniques and tools from Mining Engineering and Industrial Engineering.

Keywords: Mining, Management, Innovation, Lean Production, Toyota Production System (TPS), Theory of Constraints (TOC).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.....	23
Figura 2 – Possibilidades de inovação nos sistemas de produção da mineração.....	32
Figura 3 – Estrutura da produção.....	41
Figura 4 – Simbologia das atividades no processo de produção.....	41
Figura 5 – Simbologia simplificada de atividades no processo de produção.....	42
Figura 6 – Estrutura de operações.....	43
Figura 7 – Redução do nível de estoque.....	47
Figura 8 – Etapas de focalização da Teoria das Restrições.....	57
Figura 9 – Ações que interagem em um Posto de Trabalho.....	59
Figura 10 – Elementos fundamentais da estrutura da Gestão do Posto de Trabalho.....	59
Figura 11 – Subsistemas de uma organização de aprendizagem.....	67
Figura 12 – A ligação entre a estratégia e aprendizagem organizacional.....	68
Figura 13 – A lógica de construção de diagnóstico focado na aprendizagem organizacional..	68
Figura 14 – Ciclo do conhecimento.....	71
Figura 15 – Relações entre pesquisa, ação, aprendizagem e avaliação.....	78
Figura 16 – Hierarquia metodológica do Método de Trabalho.....	80
Figura 17 – Método de Trabalho.....	82
Figura 18 – Corte longitudinal de uma mina de fluorita.....	88
Figura 19 – Bloco de lavra.....	88
Figura 20 – Filão nas galerias N150/S (4,50 m) e N300S (25 cm).....	90
Figura 21 – Esquema básico de mudanças do Sistema Floral de Produção.....	92
Figura 22 – Operação gargalo: perfuração de minério nos blocos de lavra.....	96
Figura 23 – Dados coletados no Bloco 4/100 da Mina IV – 1ª medição.....	97
Figura 24 – Frentes de lavra na mineração de calcário.....	102
Figura 25 – Carreta de perfuração.....	103
Figura 26 – Esquema de perfuração de uma frente de lavra.....	104
Figura 27 - Alimentação das instalações de britagem.....	105
Figura 28 – Instalações de britagem.....	106
Figura 29 – Vista parcial das instalações de rebritagem.....	107
Figura 30 – Vista parcial das instalações de moagem.....	108

Figura 31 – Gráfico de Pareto obtido a partir das paralisações nos moinhos de gaiola	113
Figura 32 - Esquema de funcionamento da triagem ótica automatizada	115
Figura 33 – Apresentação do minério em um separador ótico	115
Figura 34 – Identificação do minério em separador ótico de uma e duas câmeras.....	115
Figura 35 – Geodos de ametista	122
Figura 36 – Perfuratriz pneumática de 12 kg	124
Figura 37 – Carregamento e tamponamento dos furos	125
Figura 38 – Fios de cobre para iniciação elétrica da detonação.....	126
Figura 39 – Veículo de transporte dos garimpos.....	127
Figura 40 – Depósito de rejeito	127
Figura 41 – Máquina de lapidação e facetadora CNC	141
Figura 42 – Perfil geológico da Camada Barro Branco	147
Figura 43 – Método de lavra <i>room and pillar</i> na mineração de carvão.....	148
Figura 44 – Equipamentos de lavra subterrânea de carvão	149
Figura 45 - Equipamentos de beneficiamento mineral de carvão	150
Figura 46 – Produtos da Carbonífera Criciúma S. A.	151
Figura 47 – A Estrutura de Mudanças do Modelo de Gestão Integrada.....	161
Figura 48 – Desenvolvimento dos blocos de lavra com o método <i>shrinkage stoping</i>	169
Figura 49 – Desmonte de um bloco de lavra no método <i>shrinkage stoping</i>	170
Figura 50 – Desmonte de um bloco de lavra no método <i>sublevel stoping</i>	171
Figura 51 - Processo de Mudanças do Modelo de Gestão Integrada.....	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de inovação em cenários da indústria de mineração.....	33
Tabela 2 – Atividades de mineração segundo a simbologia de Shingo (simplificada)	43
Tabela 3 – Tempo de execução das operações no bloco de lavra (%).....	98
Tabela 4 – Tempo de execução das operações segundo classificação de Shingo (%)	98
Tabela 5 – Produção de calcário na Mineração Mônego Ltda. – 2001 a 2006	109
Tabela 6 – Dados tabulados em uma frente de galeria do garimpo piloto (minutos)	131
Tabela 7 – Dados tabulados em um dia de trabalho em um garimpo de ametista	132
Tabela 8 – Concentração de poeira em suspensão nas galerias do garimpo piloto.....	136
Tabela 9 – Classificação dos diferentes tipos de carvão.....	146
Tabela 10 – Caracterização química da Camada Barro Branco	147

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APG's	Atividades de Melhorias Promovidas por Pequenos Grupos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EV/AV	Engenharia de Valor / Análise de Valor
GPT	Gestão do Posto de Trabalho
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
LME	<i>London Metal Exchange</i> (Bolsa de Metais de Londres)
MDD	Mapa Demonstrativo de Despesas
MFP	Mecanismo da Função Produção
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiência Global do Equipamento)
QVT	Qualidade de Vida no Trabalho
SFP	Sistema Floral de Produção
STP	Sistema Toyota de Produção
TEEP	<i>Total Effective Equipment Productivity</i> (Produtividade Efetiva Total do Equipamento)
TOC	<i>Theory of Constraints</i> (Teoria das Restrições)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
1.1 Contextualização de inserção da tese	24
1.2 Justificativa do trabalho	26
1.3 A questão da pesquisa.....	27
1.4 Objetivos.....	27
1.4.1 Objetivo principal	27
1.4.2 Objetivos específicos	28
1.5 Delimitação do trabalho.....	28
1.6 Estrutura do trabalho.....	29
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
2.1 A inovação nas organizações	30
2.2 Agregação de valor na cadeia de produção	33
2.3 Elementos para a construção de sistemas de produção	34
2.3.1 Considerações iniciais	34
2.3.2 O Sistema Toyota de Produção - STP	36
2.3.2.1 O princípio da subtração do custo	37
2.3.2.2 O Mecanismo da Função de Produção	38
2.3.2.3 As perdas nos sistemas produtivos	44
2.3.2.4 O Mecanismo do Pensamento Científico	49
2.3.3 A Teoria das Restrições – TOC	53
2.3.3.1 Processo de Pensamento.....	54
2.3.3.2 Sistema de indicadores de desempenho	54
2.3.3.3 Etapas de focalização	56
2.3.4 A Gestão dos Postos de Trabalho	58
2.3.4.1 Índice de Rendimento Operacional Global.....	61
2.3.4.2 Índice de Utilização	63
2.3.4.3 Índice de Desempenho	63
2.3.4.4 Índice de Qualidade	64

2.3.5 O Conhecimento na organização	65
2.3.5.1 As Organizações de Aprendizagem.....	65
2.3.5.2 O Ativo do Conhecimento	70
3. MÉTODO	72
3.1 Método de pesquisa	72
3.1.1 Pesquisa - ação	73
3.1.1.1 Fundamentos da pesquisa – ação.....	74
3.1.1.2 Fases da pesquisa – ação	76
3.1.2 Estudo de Caso	78
3.2 Método de trabalho	80
4. MODELO INICIAL DE INTERVENÇÃO	86
4.1 O processo de produção de fluorita	86
4.1.1 Método de Lavra	87
4.1.2 Método de Beneficiamento Mineral	91
4.2 A produção enxuta na mineração de fluorita	91
4.2.1 A Estrutura de Mudanças	92
4.2.2 O Processo de Mudanças	93
4.2.3 O Mapeamento do Processo Crítico	94
4.2.4 Análise do Processo Crítico	95
4.2.5 Análise dos resultados obtidos	99
5. APLICAÇÃO DO MODELO INICIAL DE INTERVENÇÃO	100
5.1 Mineração de calcário	100
5.1.1 A empresa de mineração	101
5.1.2 Características geológicas	101
5.1.3 O processo de produção de calcário	102
5.1.3.1 Método de lavra	102
5.1.3.2 Método de beneficiamento mineral	105
5.1.4 Implementando os conceitos da produção enxuta na mineração de calcário.....	109
5.1.4.1 A implementação de ferramentas de Engenharia de Produção.....	110
5.1.4.2 O Mapeamento de processos na lógica do Mecanismo da Função Produção.....	110
5.1.4.3 A eficiência do recurso restritivo no processo de produção de calcário	111

5.1.4.4 A implantação de melhorias no processo de produção	112
5.1.4.5 Utilização do calcário em outros mercados	113
5.1.5 Considerações Finais	116
5.2 MINERAÇÃO DE AMETISTA	120
5.2.1 Características geológicas	121
5.2.2 O processo de produção de ametista.....	123
5.2.2.1 Método de lavra	123
5.2.2.2 Segurança e Qualidade de Vida no Trabalho.....	128
5.2.3 Implantando os Conceitos da Produção Enxuta na Mineração de Ametista.....	130
5.2.3.1 Mapeamento do processo de produção de ametista.....	130
5.2.3.2 A implantação de melhorias no processo de produção de ametista	134
5.2.3.3 Resultados obtidos	138
5.2.4 Agregação de valor na cadeia de produção de gemas	139
5.2.5 Considerações Finais	141
5.3 MINERAÇÃO DE CARVÃO	144
5.3.1 A empresa de mineração	145
5.3.2 Características geológicas	145
5.3.3 O processo de produção de carvão	147
5.3.3.1 Método de lavra	148
5.3.3.2 Beneficiamento mineral	149
5.3.3.3 Pesquisa e desenvolvimento tecnológico	153
5.3.4 Considerações Finais	154
6. PROPOSTA DO MODELO FINAL DE INTERVENÇÃO	156
6.1 MODELO FINAL DE INTERVENÇÃO	157
6.1.1 Cenário atual.....	159
6.1.2 Estrutura de mudanças.....	160
6.1.2.1 Clima Organizacional e APG's.....	162
6.1.2.2 Meio Ambiente	164
6.1.2.3 Qualidade de Vida no Trabalho	164
6.1.2.4 Inovação	165
6.1.3 O Processo de Mudanças.....	174

7. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	180
7.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS	181
7.2 CONCLUSÕES GERAIS	185
7.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	187
7.4 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	188
APÊNDICES	194
Apêndice A: Considerações básicas sobre a indústria de mineração.....	194
Apêndice B: Fluxograma geral do beneficiamento mineral do Sistema Floral de Produção..	200
Apêndice C: A Estrutura de Mudanças do Sistema Floral de Produção	201
Apêndice D: O Processo de mudanças do Sistema Floral de Produção	202
Apêndice E: O Processo crítico do Sistema Floral de Produção.....	203
Apêndice F : Fluxograma técnico do método de lavra na Mineração Mênego	204
Apêndice G: Fluxograma técnico das instalações de britagem na Mineração Mênego	205
Apêndice H: Fluxograma técnico das instalações de moagem na Mineração Mênego.....	206
Apêndice I: Processo Capacitação Tecnológica – Conceitos Básicos de Engenharia de Produção	207
Apêndice J: Processo Capacitação Tecnológica – Eficiência da Produção.....	208
Apêndice L: Processo Capacitação Tecnológica – Mecanismo da Função de Produção e Perdas no Processo de Produção	209
Apêndice M: Fluxograma de agregação de valor do método de lavra na Mineração Mênego	210
Apêndice N: Fluxograma de agregação de valor das instalações de britagem na Mineração Mênego	211
Apêndice O: Fluxograma de agregação de valor das instalações de moagem na Mineração Mênego	212
Apêndice P: Planilha de paralisações do moinho de gaiola da Mineração Mênego.....	213
Apêndice Q: Plano de Ação no moinho de gaiola da Mineração Mênego no mês de junho 2005	214
Apêndice R: Tabulação dos dados de questionário realizado em Ametista do Sul	215

Apêndice S: Mapeamento do processo de produção de ametista em uma frente de lavra do garimpo piloto	216
ANEXOS	218
Anexo A: Laudo de Análises 5313/04 de 25.11.04	218
Anexo B: Laudo de Análises 2529/05 de 01.06.05.....	219

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

- Apêndice A: Considerações sobre a indústria de mineração
- Apêndice B: Fluxograma das instalações de beneficiamento do Sistema Floral de Produção
- Apêndice C: A Estrutura de Mudanças do Sistema Floral de Produção
- Apêndice D: O Processo de Mudanças do Sistema Floral de Produção
- Apêndice E: Processo crítico do Sistema Floral de Produção
- Apêndice F: Fluxograma técnico do método de lavra da Mineração Mônego
- Apêndice G: Fluxograma técnico das instalações de britagem da Mineração Mônego
- Apêndice H: Fluxograma técnico das instalações de moagem da Mineração Mônego
- Apêndice I: Processo de Capacitação Tecnológica: Conceitos Básicos de Engenharia de Produção
- Apêndice J: Processo de Capacitação Tecnológica: Eficiência da Produção
- Apêndice L: Processo de Capacitação Tecnológica: Mecanismo da Função Produção e Perdas no processo de produção
- Apêndice M: Fluxograma de agregação de valor do método de lavra na Mineração Mônego
- Apêndice N: Fluxograma de agregação de valor das instalações de britagem na Mineração Mônego
- Apêndice O: Fluxograma de agregação de valor das instalações de moagem na Mineração Mônego
- Apêndice P: Planilha de paralisações do moinho de gaiola na Mineração Mônego
- Apêndice Q: Plano de Ação no moinho de gaiola da Mineração Mônego no mês de junho 2005
- Apêndice R: Tabulação dos dados de questionário realizado em Ametista do Sul
- Apêndice S: Mapeamento do processo de produção de ametista em uma frente de lavra do garimpo piloto
-
- Anexo A: Laudo de Análises 5313/04 de 25.11.04
- Anexo B: Laudo de Análises 2529/05 de 01.06.05

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Além de buscar o melhor aproveitamento dos recursos minerais pela maximização da recuperação dos depósitos minerais através das atividades de lavra e beneficiamento mineral, a indústria de mineração necessita utilizar, da forma mais ampla e eficiente possível, os recursos disponíveis, compostos de bens minerais, pessoas, máquinas e instalações.

Esta tese propõe um Modelo de Gestão Integrada para a indústria de mineração, com a utilização de conceitos, técnicas e ferramentas de produção oriundas de metodologias de mineração e de gestão.

O Modelo de Gestão Integrada para a indústria de mineração proposto é produto da sinergia de dois ramos da Engenharia: a) a Engenharia de Minas e b) a Engenharia de Produção. A abordagem proposta para a indústria de mineração envolve a ampla utilização dos recursos disponíveis, buscando maximizar os resultados técnicos e econômicos, visando contribuir para que a indústria de mineração, além de fornecedora de *commodities*¹, possa se tornar, também, uma indústria prestadora de serviços a outros segmentos industriais.

A Engenharia de Minas está relacionada com a tecnologia intrínseca do setor mineral, ou seja, com o produto em si (bem mineral), e busca o melhor aproveitamento dos recursos minerais (minério bruto) através da utilização de modernas técnicas de lavra e beneficiamento mineral. Seus preceitos básicos são: a) a maximização da segurança; b) a minimização dos custos de extração e c) a otimização da recuperação das reservas geológicas.

¹ Termo usado para descrever produtos que podem ser comprados e vendidos em uma bolsa de mercadorias.

A Engenharia de Produção está relacionada à tecnologia de gestão, através da eficiente gestão dos recursos de produção, para a ampla utilização dos mesmos, envolvendo três aspectos: a) o fluxo das matérias-primas/materiais; b) a gestão das pessoas e c) a gestão dos equipamentos. Zilbovicius (1999) afirma que a Engenharia de Produção se caracteriza “como área de atuação de profissionais que, no interior das organizações, são responsáveis pela contínua elaboração de soluções para o problema básico da combinação entre os fatores de produção².” (ZILBOVICIUS 1999, p.95).

A Figura 1 representa esquematicamente a sinergia a ser desenvolvida entre estes dois ramos da Engenharia.

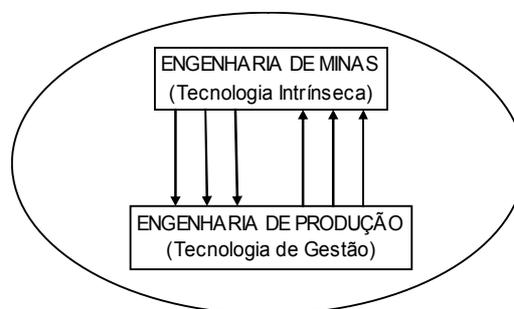


Figura 1 – Sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção

Pela implantação de metodologias de gestão, tais como o Sistema Toyota de Produção (STP), atualmente também conhecido como Sistema de Produção Enxuta, e a Teoria das Restrições (TOC), é possível realizar melhorias contínuas nos sistemas produtivos, buscando a máxima utilização de seus ativos sem a necessidade de realização de investimentos significativos.

Através do STP busca-se desenvolver uma visão sistêmica do processo de produção, desde sua matéria-prima (minério bruto) até a obtenção do produto final (bem mineral). A partir desta visão, identificam-se as perdas existentes no fluxo produtivo para a redução/eliminação das mesmas, tornando o processo de produção o mais enxuto possível.

A TOC busca identificar as restrições do sistema de produção e, através do gerenciamento eficiente destes recursos, alavancar os resultados econômicos e financeiros da empresa.

² Wild *apud* Zilbovicius (1999) afirma que “os economistas definem os fatores ou agentes de produção como capital, trabalho, energia, etc. ... estes fatores de produção devem ser levados em consideração juntamente com um ponto catalisador para a Organização: a Administração. Os fatores de produção consistem nos fatores ou entradas (*inputs*) à disposição da Administração, porém, sem que haja “gerência na Administração” estes fatores permanecem sendo apenas fatores e nunca se tornam produção.” (Zilbovicius, 1999 p.95). Assim, é central o entendimento sobre a necessidade de combinar de forma eficaz os fatores de produção para ampliar a competitividade das organizações.

A partir da análise da gestão de processos de produção na indústria de mineração e com a utilização da pesquisa-ação e do estudo de caso, esta tese propõe um Modelo de Gestão Integrada para a indústria de mineração. As análises foram realizadas em cenários distintos, envolvendo diferentes tipos de minério.

1.1 Contextualização de inserção da tese

A produção de matérias-primas minerais é feita através de métodos de lavra e beneficiamento conhecidos mundialmente para cada tipo de jazida e minério. O acirramento da competição econômica mundial, devido à globalização, faz com que apenas o domínio tecnológico destes métodos de lavra e beneficiamento não seja, por si só, suficiente para assegurar a sobrevivência das empresas de mineração.

É necessário, também, que os métodos de gestão utilizados por esta indústria estejam alinhados com a lógica da competitividade, buscando a redução de seus custos de produção e o aumento do Ganho³ através da plena utilização de seus recursos, visando maximizar os resultados econômicos financeiros, como forma de sustentação no cenário globalizado atual.

Importar tornou-se uma prática comum no Brasil. Importa-se desde produtos de consumo supérfluos até produtos ou itens de tecnologia de ponta, passando pela importação de matérias-primas minerais quando esta se justifica economicamente.

A partir da década de 90, com a diminuição das barreiras alfandegárias no Brasil, a abertura das fronteiras do país ao mercado internacional provocou uma mudança radical no comportamento das organizações; novos produtos e tecnologias surgiram ocasionando o desaparecimento de produtos consagrados; organizações sólidas se pulverizaram enquanto que outras, virtuais, floresceram; novas palavras como globalização e *Internet* foram incorporadas ao vocabulário e novos conceitos, técnicas e ferramentas de gestão são discutidas e solidificadas, acirrando a competitividade entre as organizações dos mais variados sistemas de produção.

O aumento desta competitividade, ocasionado pelo fenômeno da globalização, tem forçado as organizações a realizarem um esforço para melhorias, como forma de assegurar a sua

³ O Ganho é definido como a taxa pela qual um sistema de produção gera dinheiro através das vendas. Este conceito é proposto por Eliyahu Goldratt, autor da Teoria das Restrições, uma das metodologias de gestão utilizadas e discutidas nesta tese. Goldratt propõe que o Ganho, juntamente com o Inventário e as Despesas Operacionais, se constituam no sistema de indicadores globais de desempenho de uma organização. Estes conceitos são discutidos neste trabalho.

sobrevivência: não apenas novas tecnologias e métodos de trabalho são necessários, mas também uma mudança comportamental por parte das pessoas é importante.

As relações com o mercado, a partir da crise do petróleo no início da década de 70, foram profundamente modificadas pela mudança da relação entre a oferta e a demanda. Antes dessa crise, as organizações realizavam a produção em massa, com o mercado comprando tudo o que se produzia. Depois desta crise, o mercado, pelo excesso da oferta, passou a ser exigente, fazendo com que as empresas buscassem a sua sobrevivência através da diferenciação ou aumento da variedade de seus produtos.

No caso da indústria de mineração, por se tratar de um segmento industrial que é considerado fornecedor de matéria-prima mineral para outros segmentos industriais, considerados normalmente *commodities*, o custo é um diferencial importante para a sobrevivência das organizações.

Com o acirramento da competitividade, faz-se necessário que este segmento industrial busque, simultaneamente, outras alternativas para assegurar a sua sobrevivência. Neste sentido, é igualmente importante que os recursos disponíveis, constituídos de minérios, pessoas, máquinas e instalações, sejam utilizados de forma ampla, buscando novas oportunidades e contribuindo, assim, para o resultado da Organização através da redução dos custos operacionais e do aumento do Ganho, aumentando, desta forma, a produtividade econômica⁴ das organizações.

Antes da crise do petróleo na década de 70 a lógica de comportamento das organizações era feita pela equação $\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo}$. Neste cenário, o Preço era determinado pelo produtor e, para manter um determinado Lucro, qualquer aumento de Custo era repassado ao Preço, não se tendo, desta forma, grandes preocupações com o Custo a ser pago pelo comprador.

Em um mercado altamente competitivo como o atual, a lógica de comportamento das organizações em relação ao custo se altera através da equação $\text{Custo} = \text{Preço} - \text{Lucro}$.

Isto significa que atualmente nem o Preço e nem o Lucro são mais determinados pelos agentes de produção, os quais agora tendem a ser definidos pelo mercado. Desta forma, o resultado econômico-financeiro das organizações é fortemente influenciado pela variável Custo, que passa a ter uma importância fundamental na sua saúde financeira e na sua sobrevivência.

O desenvolvimento desta tese está relacionado com a maximização dos resultados passíveis de serem alcançados na indústria de mineração, a partir da utilização eficiente de seus recursos

⁴ A produtividade econômica é definida pela relação entre o faturamento obtido e os custos realizados na Organização.

disponíveis, com o aumento da produtividade econômica e a plena utilização de seus ativos, através de um eficiente sistema de gestão das atividades que o compreende.

1.2 Justificativa do trabalho

A competitividade atualmente existente no país em todas as indústrias é uma realidade que as empresas não podem ignorar. A indústria de mineração apresenta como característica principal a utilização de matéria-prima – minério bruto – que apresenta grande variação na sua composição mineralógica em função da gênese da jazida mineral na qual ela é formada. Esta condição é diferente da que ocorre na maioria das indústrias, nas quais é utilizado um conjunto de diferentes matérias-primas, com o processamento e a montagem utilizando insumos e componentes dentro de especificações e tolerâncias perfeitamente definidas.

Nas indústrias de maneira geral, além das dimensões da competitividade – preço, qualidade, tempo de atravessamento, flexibilidade, atendimento no prazo e inovação – deve-se considerar como é feita a gestão como forma de alavancar os resultados técnicos e econômicos e torná-las competitivas.

Na indústria de mineração em particular, tendo em vista que: a) a matéria-prima principal, o minério bruto, é função da geologia da jazida na qual ele se insere; b) os produtos são normalmente *commodities*, obedecendo a determinadas especificações técnicas de acordo com a sua utilização; c) os processos, tanto de lavra como de beneficiamento mineral, são conhecidos mundialmente e foram desenvolvidos tendo em vista as condições geológicas de cada jazida e as características físico-químicas do minério a ser explorado; e d) o mercado para os seus produtos não sofre grandes alterações, o sistema de gestão vigente na empresa de mineração adquire grande importância.

Em uma empresa de mineração este pode se tornar o diferencial competitivo em função dos resultados passíveis de serem alcançados, uma vez que ele pode ter reflexos diretos e indiretos no próprio sistema de gestão; no uso da matéria-prima; na obtenção dos produtos comercializados; nos processos de lavra e beneficiamento e no mercado no qual ela atua.

No âmbito acadêmico, este trabalho evidencia a importância da integração de disciplinas eminentemente técnicas com disciplinas voltadas para a gestão, capacitando os profissionais para a obtenção de melhores resultados econômicos e financeiros nas organizações.

1.3 A questão da pesquisa

As indústrias de mineração têm utilizado as técnicas de Engenharia de Minas através da aplicação de métodos específicos de lavra e de beneficiamento mineral que resultem no melhor aproveitamento da jazida mineral, em função das condições geológicas da mesma.

Normalmente o aproveitamento da jazida mineral é expresso em termos de recuperação percentual, seja no aproveitamento da jazida em si, seja na recuperação de minério no processo de beneficiamento mineral. Quanto maior for a recuperação, menor será a perda de minério bruto ou bem mineral.

Além destas perdas, outras perdas podem ocorrer não relacionadas com a tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas. Tratam-se das perdas relacionadas com a forma de como é feita a gestão da produção, estudadas a partir dos conceitos da Engenharia de Produção.

A pesquisa neste trabalho é direcionada para responder a seguinte questão: é possível desenvolver um Modelo de Gestão Integrada que contribua para o resultado econômico financeiro das empresas de mineração, através da integração dos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção?

1.4 Objetivos

Os objetivos principal e específicos deste trabalho são os seguintes:

1.4.1 Objetivo principal

O objetivo principal consiste em propor um Modelo de Gestão Integrada para a Indústria de Mineração a partir da integração da tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas com a tecnologia de gestão da Engenharia de Produção.

1.4.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) evidenciar a importância da proposição de um Modelo de Gestão Integrada para a eficiente e ampla utilização dos recursos disponíveis nas empresas de mineração, compostos por minérios, pessoas, equipamentos e instalações;
- b) mostrar que apesar da indústria de mineração ter, de forma geral, o domínio tecnológico dos processos de lavra e beneficiamento mineral, é possível alcançar melhores resultados econômicos financeiros com um eficiente modelo de gestão, com a redução dos custos operacionais e o aumento do Ganho;
- c) ilustrar, através de estudos de casos práticos, que se pode desenvolver um modelo de gestão utilizando-se com sinergia os conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção.

1.5 Delimitação do trabalho

Os resultados do presente estudo restringem-se à indústria de mineração, não podendo ser generalizados para os demais segmentos industriais, visto que cada um tem características próprias, que devem ser consideradas a partir de suas especificidades.

A delimitação teórica deste estudo compreende a utilização dos conceitos e ferramentas de duas metodologias da Engenharia de Produção na indústria de mineração: *a)* o Sistema Toyota de Produção (STP), atualmente conhecido como Sistema de Produção Enxuta, desenvolvido na *Toyota Motor Company* no Japão a partir do final da Segunda Guerra Mundial e *b)* a Teoria das Restrições (TOC), de autoria do físico israelense Eliyahu Goldratt.

Os conceitos teóricos abordados no desenvolvimento deste estudo, provavelmente, são passíveis de aplicação em outros segmentos industriais, desde que devidamente adaptados à realidade de cada um.

1.6 Estrutura do trabalho

Esta tese foi desenvolvida de acordo com a seguinte estrutura:

No Capítulo 1 é feita a *Introdução* deste trabalho, compreendendo a introdução propriamente dita, a contextualização do tema, a justificativa, os objetivos, a delimitação do trabalho e a estrutura desta tese.

No Capítulo 2 é apresentado o *Referencial Teórico* do trabalho, abordando considerações sobre a inovação dos sistemas de produção e os elementos utilizados para a construção dos sistemas de produção de acordo com os conceitos, técnicas e ferramentas do STP e da TOC, que se constituem nas duas metodologias de gestão da Engenharia de Produção consideradas nesta tese.

No Capítulo 3 é apresentado o *Método* utilizado para o desenvolvimento desta tese, compreendendo o Método de Pesquisa e o Método de Trabalho.

No Capítulo 4 é apresentado o *Modelo Inicial de Intervenção*, construído com base na tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas, na tecnologia de gestão da Engenharia de Produção e no Sistema Floral de Produção - SFP, desenvolvido na indústria de mineração de fluorita, utilizados no desenvolvimento deste estudo.

No Capítulo 5 é abordado a *Aplicação do Modelo Inicial de Intervenção*, no qual são apresentados cenários distintos da indústria de mineração, cujos dados são utilizados para sustentar a proposição de um Modelo Final de Intervenção para a indústria de mineração, denominado Modelo de Gestão Integrada, suportado pelos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção.

No Capítulo 6, a partir das discussões apresentadas nos capítulos anteriores, é apresentada a *Proposta do Modelo Final de Intervenção* para a indústria de mineração, no qual é sugerido uma estrutura de mudanças e um processo de mudanças, buscando a sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.

No Capítulo 7, denominado *Conclusões, Limitações e Recomendações para Trabalhos Futuros*, são apresentadas as principais conclusões do presente trabalho, com a análise dos resultados obtidos e as limitações deste trabalho, assim como recomendações para aplicação e/ou utilização do mesmo.

CAPÍTULO 2

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica a partir da qual foi desenvolvido este trabalho com vistas à proposição de um Modelo Final de Intervenção, unindo a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.

Além de apresentar considerações sobre a inovação nos sistemas de produção, neste capítulo são abordados, também, conceitos, técnicas e ferramentas de metodologias de gestão, associadas ao STP e à TOC, utilizadas no modelo proposto.

Para a implantação do Modelo Final de Intervenção faz-se necessária a participação e o envolvimento dos colaboradores da empresa. Para tanto são apresentados os conceitos para o desenvolvimento das organizações de aprendizagem.

As considerações básicas sobre a indústria de mineração são apresentadas no Apêndice A.

2.1 A inovação nas organizações

O aumento da competitividade, ocasionado pelo fenômeno da globalização, tem forçado as organizações dos diversos segmentos industriais a realizarem significativos esforços na direção de melhorias, como forma de assegurar a sua sobrevivência.

Devido ao acirramento da competitividade na indústria de mineração, além do custo, devem ser buscadas outras alternativas para assegurar a sua sobrevivência, entre as quais parece ser necessário incluir a inovação.

Schumpeter (1982) apresenta a noção de difusão de inovação, como sendo o modo como as inovações tecnológicas em produto e processo se espalham através de canais de mercado. Este autor afirma que com o processo de difusão de inovação, pode acontecer uma redistribuição de recursos a partir do momento em que empresas com menor capacidade de adaptação são substituídas por empresas novas.

Segundo Schumpeter (1982, p.112) “o impulso fundamental que inicia e mantém o processo de mudança nas organizações decorre dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção e transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criados pelas mesmas”.

O processo de mudança, que Schumpeter (1982) denomina de processo de mutação industrial, “revoluciona a estrutura econômica das organizações a partir de dentro, incessantemente destruindo a velha, incessantemente criando uma nova” (SCHUMPETER 1982, p.113). A este processo o autor denomina de destruição criativa.

A partir de inovações radicais proporcionadas por este processo, que acabam por provocar mudanças no processo de inovação, o autor propõe uma relação de vários tipos de inovações:

- a) introdução de um novo produto ou alteração em produto existente;
- b) inovação de processo que seja uma novidade para a indústria;
- c) abertura de um novo mercado;
- d) desenvolvimento de novas fontes de suprimentos de matérias-primas;
- e) mudanças na organização industrial.

O último tipo de inovação relacionado por Schumpeter (1982) preconiza novas formas de gestão do sistema de produção em uma organização, através da qual são implementados novos princípios, conceitos e técnicas, entre os quais é possível citar as do STP e da TOC.

Analisando-se um sistema de produção genérico da indústria de mineração, pode-se relacionar as possibilidades de inovação do mesmo pelas dimensões apresentadas na Figura 2.

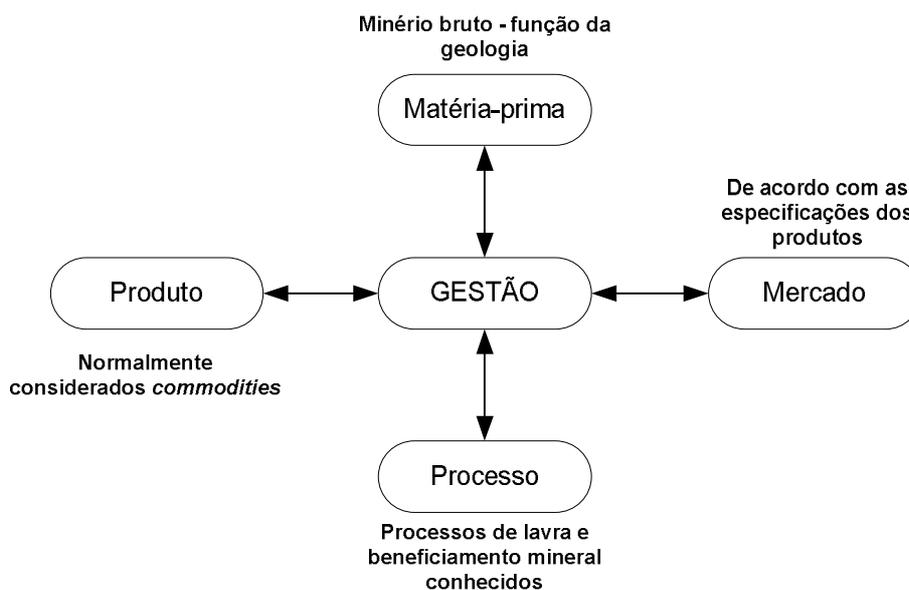


Figura 2 – Possibilidades de inovação nos sistemas de produção da mineração

As matérias-primas da indústria de mineração são extraídas diretamente da natureza, sendo este ramo da atividade industrial o único no qual, devido a esta condição, não há inovação em relação às mesmas: a produção de ácido fluorídrico tem sua origem no minério de fluorita; a produção de calcário para correção da acidez dos solos tem sua origem nas jazidas de mármore; a produção de gemas lapidadas de ametista tem sua origem nas vesículas de cristais de quartzo roxo dentro do basalto, e assim por diante.

Considerando que na indústria de mineração os produtos são normalmente *commodities*, constituindo-se em matérias-primas de outros ramos industriais, para a agregação de valor na cadeia de produção faz-se necessário a inovação dos mesmos, com vistas a atender as necessidades dos clientes, através da obtenção de novos produtos de acordo com as especificações definidas pelos mesmos. Estes novos produtos podem ser desenvolvidos em parceria com os respectivos clientes.

Ao desenvolver novos produtos que atendam estas especificações, a indústria de mineração passa a ser, também, uma prestadora de serviços para outros segmentos industriais. O desenvolvimento de novos produtos passa, necessariamente, pelo estudo do aproveitamento dos rejeitos oriundos da atividade de mineração, com vistas a sua aplicabilidade como matéria-prima em outros processos produtivos.

Apesar dos processos de lavra e beneficiamento serem amplamente conhecidos e consagrados mundialmente, o avanço tecnológico possibilita a inovação destes processos, como, por exemplo, a utilização de equipamentos de lavra monitorados por controle remoto em minas

subterrâneas de carvão com baixa espessura e a triagem ótica para obtenção de carbonatos com maior alvura⁵.

Os produtos normalmente obtidos na indústria de mineração têm especificações bem definidas, não sofrendo grandes alterações. Com o desenvolvimento de novos produtos em função do avanço tecnológico, ocorre a inovação no mercado, ampliando-se a atuação das empresas de mineração no mesmo.

A inovação de produtos, serviços, processos e mercado, a partir de matérias-primas extraídas da natureza, é obtida através da inovação na forma de gestão, responsável pela interação entre a inovação nas dimensões consideradas. O Modelo de Gestão Integrada proposto nesta tese é suportado por uma nova forma de gestão, focada na sinergia das metodologias intrínsecas da atividade de mineração com novas metodologias de gestão.

A Tabela 1 apresenta exemplos de inovação nas dimensões discutidas acima, nos cenários da indústria de mineração abordados neste estudo.

Tabela 1 – Exemplos de inovação em cenários da indústria de mineração

Foco \ Cenário	Calcário	Ametista	Carvão	Fluorita
Matéria-prima	Recursos naturais	Recursos naturais	Recursos naturais	Recursos naturais
Produto	Carbonato de alta alvura	Pedra lapidada	Carvão pozolânico	Brita para construção
Processo	Triagem ótica	Perfuração a úmido	Carregadeira Bobcat	Tri-Flo
Mercado	Indústria de tintas	Lapidação	Indústria do cimento	Construção Civil
Gestão	Integrada	Integrada	Integrada	Integrada

Os exemplos apresentados na Tabela 1 são originados da experiência do autor desta tese (mineração, carvão e ametista) e de matéria discutida no item 5.1.4.5 do presente trabalho (calcário).

2.2 Agregação de valor na cadeia de produção

Ao adotar uma estratégia de produção orientada para o aumento da participação no mercado, a indústria de mineração deve desenvolver produtos na cadeia de produção que atendam as especificações desejadas pelos seus clientes. De acordo com o método de Engenharia de Valor/Análise de Valor (EV/AV) estes produtos devem exercer funções cujo valor seja aceito pelo cliente, devendo ser produzidos ao menor custo possível.

⁵ Alvura: percentual de luz refletida em uma amostra no comprimento de onda de 457 nanômetros.

Segundo Csillag (1995), a função é “o objetivo de um produto ou sistema operando em sua maneira normalmente prescrita. É aquilo que deve ser desempenhado pelo produto” (CSILLAG 1995, p.60).

Este autor afirma que o valor real de um produto, processo ou sistema é o grau de aceitabilidade de um produto pelo cliente e, portanto, é o índice final do valor econômico.

Sendo o valor uma entidade relativa (distinto para o fornecedor e o cliente), Csillag (1995) sugere que ele deve ser relacionado a um valor-padrão.

Afirma Csillag (1995) que este valor-padrão “representa o custo mínimo de uma peça ou produto acabado, que irá desempenhar confiavelmente suas funções, sem prejuízo das especificações requeridas, e que foi produzida usando-se os mais modernos materiais e métodos de manufatura. Assim, o valor-padrão de um produto indica quanto o seu desempenho deve custar e serve como base de comparação com os custos reais” (CSILLAG 1995, p.62).

O valor de um produto pode ser definido pela relação entre a sua função e o seu custo. Em outras palavras, pode-se dizer que o valor de um produto é o menor custo atribuído a um produto ou serviço, o qual deve possuir a qualidade para atingir a função desejada pelo cliente.

No desenvolvimento de novos produtos é necessário que a indústria de mineração considere os estudos de EV/AV, buscando a competitividade destes produtos.

2.3 Elementos para a construção de sistemas de produção

2.3.1 Considerações iniciais

A disseminação de metodologias de Engenharia de Produção, como o Sistema Toyota de Produção (STP) – atualmente conhecido como Sistema de Produção Enxuta – desenvolvido na *Toyota Motor Company* no Japão – e a Teoria das Restrições (TOC) deve-se ao atual cenário da economia mundial altamente competitivo e globalizado.

Conforme comenta Liker (2005), em 2003 a Toyota era a terceira maior fabricante de automóveis do mundo, atrás da *General Motors* e da *Ford*, com vendas globais de mais de seis milhões de veículos por ano em 170 países, tendo ultrapassado a *Ford* em vendas mundiais em

2005, superando a *General Motors* no 1º semestre de 2007 para tornar-se a maior fabricante de automóveis do mundo.

No entanto, tendo sido o terceiro fabricante de automóveis no mundo em 2003, o lucro anual da Toyota ao final de seu ano fiscal de 2003 foi de 8,13 bilhões de dólares – *maior do que os da General Motors, da Chrysler e da Ford combinados*⁶ e o maior lucro anual de qualquer fabricante de automóveis por no mínimo uma década. Sua margem de lucro líquido é de 8,3 vezes maior do que a média da indústria automobilística (LIKER, 2005).

Este sucesso levou as empresas dos mais diversos segmentos industriais a copiarem e a adaptarem, tanto quanto possível, os conceitos, técnicas e ferramentas do STP em suas organizações, buscando obter melhores resultados organizacionais.

Por outro lado, para a realização de melhorias em um processo de produção, devem-se identificar os pontos prioritários do mesmo nos quais melhorias implantadas irão impactar diretamente no resultado final da empresa.

Neste sentido, faz-se necessário identificar os recursos restritivos que impedem o aumento da produtividade do processo de produção. Assim, a partir da implantação de melhorias nestes recursos e do monitoramento dos mesmos com indicadores apropriados, é possível aumentar os resultados da organização.

A Teoria das Restrições (TOC) tem por objetivo identificar os recursos que se constituem nas restrições de um processo de produção e, através do gerenciamento de suas restrições, aumentar o Ganho da Organização.

Na seqüência são apresentados e discutidos os princípios e técnicas da Engenharia de Produção utilizadas na construção do Modelo de Gestão Integrada proposto por esta tese.

⁶ Grifo do autor

2.3.2 O Sistema Toyota de Produção - STP

No atual cenário da economia mundial, em nome da sobrevivência, as organizações realizam estudos e pesquisas visando a satisfação de seus clientes – uma das dimensões da qualidade total – através da redução de seus custos de produção e aumento da qualidade de seus produtos.

O STP foi construído sob a premissa básica da redução dos custos de produção. Ohno (1997, p.30) postula que “a redução de custos deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo que busquem sobreviver no mercado atual.” A análise desta última abordagem implica “na realização de esforços implacáveis para cortar custos, sem os quais uma empresa não sobrevive” (SHINGO, 1996b, p.44).

Sobreviver no mercado atual significa ser competitivo através da redução dos custos de produção, sem alterar as demais dimensões da qualidade, constituindo-se este em um novo paradigma segundo o qual as organizações devem ser gerenciadas.

Sob a mesma ótica, Ghinatto (1996, p.53) diz que “o STP é em essência a constante perseguição às perdas e sua completa eliminação. Contudo, isto só tem sentido caso esteja vinculado consistentemente ao objetivo de redução dos custos”.

Desta forma, o enfoque da redução dos custos de produção pela eliminação de perdas, conforme proposto no STP, faz com que o custo seja visto sob outro prisma.

Antunes (1998) diz que dentro da lógica desenvolvida por Ohno e Shingo a idéia de custo toma outro significado. O custo passa a ser visualizado como todo o valor realmente agregado ao produto (por exemplo: operações de montar, fresar, etc.). Já as atividades improdutivas (por exemplo: contar peças, inspecionar, retrabalhar peças, etc.) são vistas como desperdícios e como tal, ‘custos’ que devem ser eliminados. (ANTUNES, 1998, p.87).

Na indústria de mineração as atividades que agregam valor estão diretamente relacionadas com a lavra e o beneficiamento mineral. Com este enfoque, entre as atividades que agregam valor ao produto na lavra, pode-se citar a perfuração e a detonação de bancadas a céu aberto, caso o método de lavra empregado seja a céu aberto, ou a perfuração e detonação das galerias de subsolo, caso o método de lavra empregado seja o de lavra subterrânea. No beneficiamento mineral podem ser citadas a cominuição e a flotação de minério como atividades que agregam valor ao produto.

No desenvolvimento deste trabalho buscou-se mostrar que as empresas de mineração não têm apenas por objetivo a produção de produtos considerados *commodities*, utilizados como matéria-prima de outros segmentos industriais. Elas podem, também, aumentar sua participação no mercado através do desenvolvimento de novos produtos e, ainda, disponibilizar seus recursos através da prestação de serviços aos seus clientes, buscando atender as especificações e necessidades dos mesmos, reduzindo os custos de produção e aumentando o Ganho da Organização.

2.3.2.1 O princípio da subtração do custo

O entendimento do princípio da subtração do custo passa pelo estudo da relação de custo entre os fatores de produção (homem e máquina), pela compreensão do significado de perdas e da relação destas perdas com os custos (ANTUNES 1998).

Como já foi citado anteriormente, antes da crise do petróleo, os preços de venda dos produtos eram determinados pela seguinte equação: Preço de venda = Custo de produção + Lucro. Nesta lógica, ocorria o repasse das ineficiências dos processos de produção aos clientes. Assim, tanto operações produtivas, quanto operações improdutivas (como movimentações, esperas) eram consideradas custos. Esta visão só pode ser sustentada devido a uma situação de demanda maior que a oferta, ou seja, de mercados em expansão (ANTUNES, 1998).

No início da década de 70, esta noção de custos começou a sofrer modificações. O novo significado dos custos provocou uma mudança na equação acima, representada por: Preço de venda – Custo de produção = Lucro.

Ohno (1997) explica que para conseguir um aumento nos lucros, de acordo com esta equação, é preciso reduzir custos, uma vez que o preço de venda é determinado pelo mercado. Ainda segundo este autor, a preocupação deve ser em reduzir os custos ao invés de calculá-los. Nesta nova lógica, os custos são somente as atividades que agregam valor ao produto e atividades improdutivas são vistas como desperdício (ANTUNES, 1998).

Buscando atingir os objetivos do princípio da subtração do custo, Ohno (1997) estudou os movimentos dos trabalhadores e observou que estes movimentos poderiam ser divididos em desperdício e trabalho. Desperdício ou perda é toda a atividade desnecessária que gera custos e não agrega valor ao produto, serviço ou idéia. Ainda segundo o autor, o trabalho pode ser dividido em dois tipos:

- a) trabalho sem adição de valor: são movimentos decorrentes das condições atuais de trabalho, como por exemplo, a necessidade de caminhar para apanhar uma peça. no caso da atividade de extração de ametistas nos garimpos, pode-se citar a busca de explosivos no paiol⁷ como um trabalho necessário sem adição de valor.
- b) trabalho com adição de valor: é o trabalho efetivo; processamento de matérias-primas ou peças. no caso da atividade de extração de ametistas nos garimpos pode-se citar a execução de furos na galeria como um trabalho efetivo.

Segundo Ohno (1997), “para aumentar a proporção de trabalho com valor agregado, devemos nos preocupar com os movimentos que não agregam o valor, ou seja, a total eliminação do desperdício.” Esta visão de Ohno deve ser entendida como uma estratégia de longo prazo, que busca uma constante reavaliação das perdas, ou seja, trata-se de uma lógica de melhoria contínua.

A sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção conduz as seguintes observações com relação aos custos da organização:

- a) o custo-*kaizen* implica no melhor aproveitamento possível dos recursos disponíveis, através da eliminação/redução das perdas existentes no processo de lavra e beneficiamento mineral;
- b) o custo alvo implica no desenvolvimento de novos produtos (a partir do minério disponível na jazida) com vistas a utilização mais ampla possível da capacidade instalada na organização.

2.3.2.2 O Mecanismo da Função de Produção

O crescimento da indústria japonesa a partir da segunda metade do século XX ocasionou uma revolução na Administração da Produção. Um dos paradigmas até então existentes era o da análise do fenômeno da produção através da análise das operações que compõem um processo produtivo. De acordo com este paradigma, o processo era visualizado como um somatório de operações. Desta forma, a idéia era que melhorar uma operação significava melhorar o processo como um todo.

⁷ Paiol: depósito de materiais explosivos ou iniciadores de detonação

A partir do surgimento do STP, a análise do fenômeno da produção passou a ser visto de uma forma diferente, surgindo um novo paradigma. Shingo (1996a, p.37) afirma que: “antes de estudar o STP, é necessário entender a Função da Produção como um todo.” Assim, “a produção constitui uma rede de processos e operações, fenômenos que se posicionam ao longo de eixos que se interseccionam. Em melhorias de produção deverá ser dada prioridade máxima para os fenômenos de processo” (SHINGO, 1996b, p.29).

Com esta afirmação, Shingo revolucionou o conceito do que vem a ser o fenômeno da produção. De acordo com a mesma existem dois eixos inter-relacionados de análise: o primeiro, correspondendo ao fluxo das matérias-primas e dos materiais que se transformam em produtos finais, refere-se ao eixo do processo, enquanto que o segundo, correspondendo ao fluxo de homens e máquinas, que interagem sobre as matérias-primas e materiais, refere-se ao eixo das operações.

Além do fluxo de matérias-primas ou materiais no eixo do processo, pode-se ter o fluxo de serviços ou idéias. O fluxo de uma carga de explosivos (insumo para a mineração) sendo transportado do paiol do fornecedor para o paiol da empresa de mineração corresponde a um fluxo de serviços. A decisão de explorar uma jazida mineral e a elaboração do respectivo projeto executivo de lavra e beneficiamento corresponde ao fluxo de idéias. Ambos podem ser analisados sob a ótica de um processo de produção.

Shingo (1996b) afirma que o processo pode ser entendido como sendo o fluxo de produtos de um trabalhador para outro, ou seja, os estágios pelos quais as matérias-primas se movem até se tornar um produto acabado, pela sua transformação gradativa. Por outro lado, a operação refere-se ao estágio distinto no qual um trabalhador pode trabalhar em diferentes produtos, isto é, um fluxo temporal e espacial, que é firmemente centrado nos trabalhadores e/ou nas máquinas.

Ao analisar o processo de produção na indústria de mineração, estar-se-á observando o que ocorre desde a extração do minério na jazida mineral até a obtenção do bem mineral. É o caso, por exemplo, da extração do calcário *in situ* até sua transformação em material para correção da acidez dos solos; do desenvolvimento das galerias de um garimpo até a obtenção do geodo de ametista; da extração do carvão mineral *in situ* até a sua transformação em carvão metalúrgico e da extração do minério de fluorita até a sua transformação em fluorita grau ácido ou grau metalúrgico. É a observação da produção do ponto de vista do objeto de trabalho (materiais, serviços ou idéias).

Por outro lado, as operações podem ser visualizadas como o trabalho para efetivar este processo. Conforme citado anteriormente, a operação vem a ser a análise dos diferentes estágios nos

quais os trabalhadores, as máquinas e equipamentos podem estar trabalhando ou sendo aplicados em diferentes produtos.

É a observação da produção do ponto de vista do sujeito do trabalho (máquinas e trabalhadores), com o foco dirigido e mantido em um ponto da estrutura de produção ocupado por um operador ou equipamento, ou ainda, como freqüentemente acontece, uma combinação de ambos.

Na indústria de mineração, ao observar o trabalho realizado por um operador de perfuratriz e sua perfuratriz, está se observando a operação de perfuração, operação esta que faz parte do processo de produção.

Da conceituação acima, constata-se que o processo nada mais é do que o fluxo do produto, enquanto que operação vem a constituir-se no fluxo do trabalho.

Conforme já mencionado, estes dois fluxos não são fenômenos sobrepostos pertencentes a um mesmo eixo de análise, mas sim fenômenos pertencentes a eixos diferentes que, na sua intersecção, constituem o mecanismo da produção. Por pertencerem a eixos diferentes, estes fenômenos devem ser analisados separadamente.

A análise da rede de processos e operações revela que em um processo, para otimizar a produção, deve-se perseguir a diminuição dos espaços existentes entre os pontos de intersecção da rede, tendendo a sua eliminação completa.

Ghinatto (1996, p.69) postula que “a otimização da produção é o próprio enxugamento da estrutura (rede), através da redução ou eliminação de atividades que não agregam valor ao produto pela implantação de melhorias. Desta forma não só os espaços entre as intersecções devem ser diminuídos ou eliminados como também o número de intersecções existentes”.

A análise das operações contribui apenas para a redução dos custos de produção enquanto que a análise do processo permite o aumento da eficácia do mesmo, pela maior agregação de valor ao produto e eliminação das operações que só aumentam os custos, causando desperdícios.

Na Figura 3 é apresentada uma adaptação da estrutura da produção proposta por Shingo (1996a), cuja simbologia para representar as atividades que ocorrem em um processo é indicada na Figura 4:

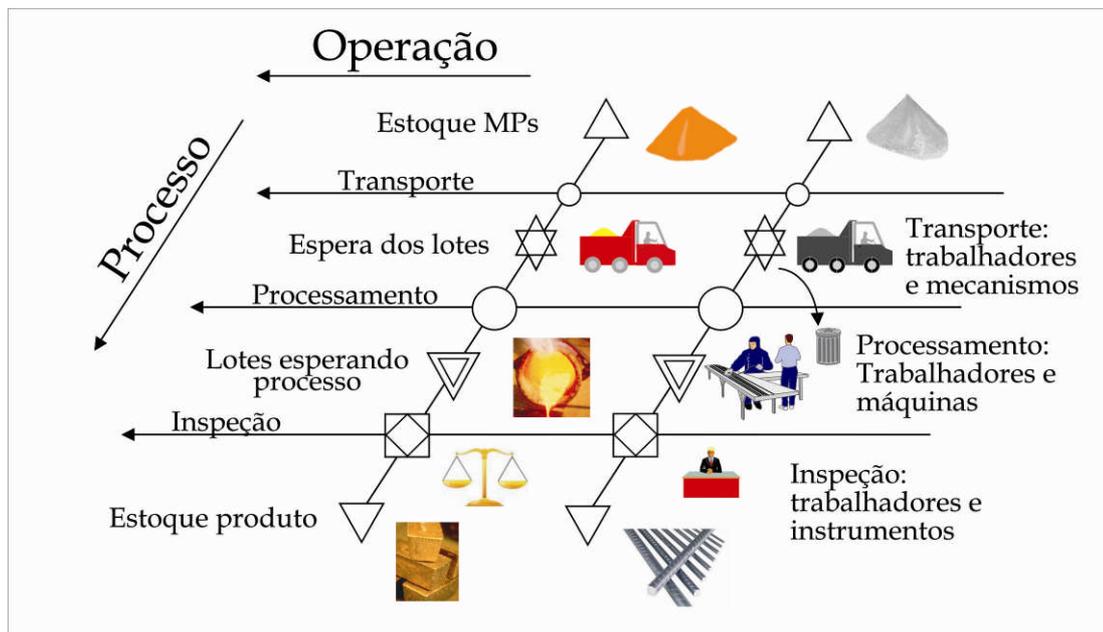


Figura 3 – Estrutura da produção
 Fonte: (Adaptação de SHINGO, 1996a)

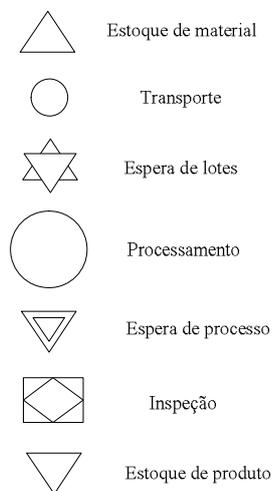


Figura 4 – Simbologia das atividades no processo de produção
 Fonte: (SHINGO, 1996a)

- processamento, uma mudança física no material ou na sua qualidade (montagem ou desmontagem);
- inspeção, comparação com um padrão estabelecido;

- c) transporte, movimento de materiais ou produtos, mudanças nas suas posições;
- d) esperas, período de tempo durante o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou transporte. as esperas podem ser:
 - o espera de processo, um lote inteiro permanece esperando enquanto o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado;
 - o espera de lotes, durante as operações de um lote, enquanto uma peça é processada (ou inspecionada ou transportada) as outras se encontram esperando;
 - o estoques, armazenagem de matérias-primas ou de produtos acabados.

As esperas de processo ocorrem quando um lote inteiro aguarda o processamento, a inspeção ou o transporte de outro lote. Neste caso, o lote inteiro está aguardando pelo processo. Já a espera de lote ocorre quando uma peça do lote está sendo processada e as demais peças deste lote (tanto não processadas, quanto processadas) estão em espera (Shingo, 1996a).

Neste trabalho adotou-se, simplificadamente, a simbologia apresentada na Figura 5 para representar as atividades que ocorrem nos processos de produção analisados:

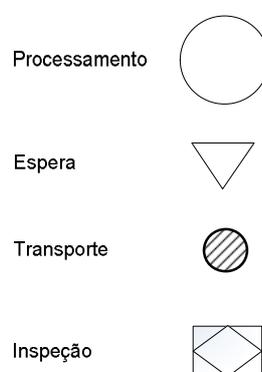


Figura 5 – Simbologia simplificada de atividades no processo de produção

Fonte: (Adaptação de SHINGO, 1996a, p.39)

Na Tabela 2 são apresentados exemplos de cada uma destas atividades que ocorrem nos processos de produção, na exploração dos minérios de fluorita, calcário, ametista e carvão, discutidos neste trabalho.

Tabela 2 – Atividades de mineração segundo a simbologia de Shingo (simplificada)

Atividade	Simbologia	Fluorita	Calcário	Ametista	Carvão
Processamento	○	Flotação	Britagem	Perfuração da galeria	Detonação da bancada
Transporte	⊗	Escoamento subsolo	Transporte mina - britagem	Remoção estéril da galeria	Transporte mina - lavador
Inspeção	◊	Análise teor CaF ₂	Análise granulométrica	Análise da qualidade do geodo	Análise teor Cinzas
Espera	▽	Aguardar transporte para escoamento subsolo	Aguardar perfuratriz para iniciar perfuração	Aguardar saída de gases e poeiras da galeria	Aguardar caminhões para transporte de minério

Em uma empresa existem operações necessárias, que agregam ou não valor ao produto final, e operações desnecessárias, que se constituem em perdas ou desperdícios. Ao analisá-las, Shingo classificou-as segundo sua utilidade, resultando no quadro da Figura 6.

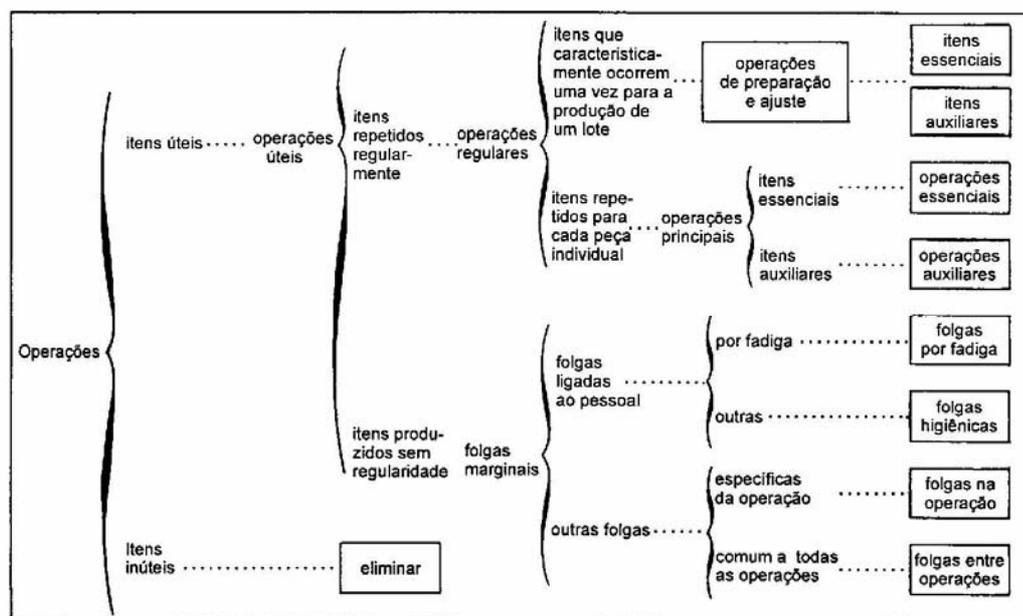


Figura 6 – Estrutura de operações

Fonte: (SHINGO, 1996a, p.76)

Os itens inúteis correspondem às perdas ou desperdícios e devem ser eliminados. Os itens úteis subdividem-se, basicamente, em operações principais, operações de preparação e ajuste e folgas.

As operações principais subdividem-se em operações essenciais – que realmente agregam valor ao produto – e operações auxiliares – necessárias para as operações essenciais mas que não agregam valor ao produto. Como operação essencial pode ser citada a execução de um furo para

colocação de explosivos em uma bancada na frente de lavra na mineração de calcário ou carvão e nas galerias subterrâneas em desenvolvimento na mineração de fluorita e ametista, enquanto que uma das operações auxiliares desta operação essencial é o transporte de explosivos do paiol para as respectivas frentes de trabalho.

As operações de preparação e ajuste referem-se às operações realizadas antes e depois das operações principais. A fixação da broca no equipamento de perfuração e sua posterior remoção é um dos exemplos a citar com relação à operação essencial acima mencionada.

Além das folgas ligadas ao pessoal, existem folgas relacionadas com as operações, como por exemplo, a lubrificação do martelo de perfuração e folgas entre operações – correspondendo ao trabalho indireto comum a várias operações, como é o caso da espera do veículo para escoamento do minério bruto da mina e do material estéril da galeria do garimpo.

2.3.2.3 As perdas nos sistemas produtivos

Ao observar os fenômenos da produção de acordo com o Mecanismo da Função de Produção, sob a ótica de melhorias do processo, Ohno e Shingo identificaram 7 tipos de perdas, a saber:

1. Perdas por superprodução;
2. Perdas por transporte;
3. Perdas por processamento em si;
4. Perdas por fabricar produtos defeituosos;
5. Perdas por espera;
6. Perdas por estoques;
7. Perdas no movimento.

As perdas por superprodução são aquelas devidas à produção antecipada de produtos, imobilizando-se recursos antes do necessário ou devido à produção excessiva, nas quais se produz mais do que a demanda, com o objetivo de “compensar” a produção de produtos defeituosos ou fazer estoque. Em ambos os casos há o desperdício.

No processo de produção de minérios, produzir uma quantidade maior do que a demanda do mercado pode não se caracterizar, necessariamente, como uma perda por superprodução, mas sim como uma estratégia empresarial.

É o caso da produção de bens minerais com demanda sazonal, como o calcário para utilização nas lavouras para correção do pH dos solos. Pode-se formar estoques deste produto durante o período de baixa demanda para comercializá-lo nos períodos de alta demanda, quando esta for superior a capacidade de produção instalada.

As perdas por superprodução devem ter prioridade na busca da eliminação/redução de perdas nos processos de produção pois elas ajudam a ‘encobrir’ outras perdas. Para eliminá-las ou reduzi-las são recomendadas ações como: *a*) redução de estoque em processamento; *b*) nivelamento e sincronização da produção; *c*) mudanças de *layout* que possibilitem a produção em pequenos lotes ou o fluxo unitário de peças e *d*) melhorias de *setup* nas operações (ANTUNES, 1998).

Transportar é uma operação que não agregará valor ao produto uma vez que este estará da mesma forma no início e no fim do ciclo. Deve-se, portanto, buscar a eliminação desta operação pela mudança do *layout* das instalações. Mecanizar idealmente um transporte, por exemplo, pode eventualmente melhorar a eficiência desta operação mas no máximo ocasionará uma redução dos custos de transporte.

A remoção do material estéril (basalto) das galerias dos garimpos para serem depositados em taludes distantes da frente de trabalho pode ser considerada como uma perda por transporte. Da mesma forma, o transporte de minério bruto das frentes de lavra de calcário e carvão para as instalações de beneficiamento deve ser minimizado pois, apesar de necessário, constitui-se em uma perda por transporte por não agregar valor ao produto.

No processamento em si, inúmeras atividades podem ser realizadas sem que contribuam para a melhoria da qualidade do produto sendo, desta forma, desnecessárias. É preciso um trabalho de investigação pela agregação de valor para a identificação das mesmas e eliminação deste tipo de perdas. A eliminação destas perdas passa pela racionalização e otimização das tarefas de processamento. Para tanto, são empregadas técnicas de Análise de Valor (AV), visando analisar qual o melhor método para produzir determinado produto e técnicas de Engenharia de Valor (EV), que definem qual produto deve ser produzido (SHINGO, 1996a).

Como exemplo de perda por processamento no processo de produção de ametistas pode-se citar o uso de uma razão de carga maior do que a necessária para fragmentar a rocha encaixante.

Neste caso, o uso excessivo de explosivo em uma detonação ocasionará a cominuição da rocha mais do que necessário, além de gerar custos desnecessários.

A produção de produtos defeituosos, ou seja, que não atendam às especificações de qualidade projetadas, constitui um desperdício que só faz aumentar os custos de produção. Para a sua eliminação deve-se realizar uma inspeção visando identificar e prevenir a ocorrência destes produtos. A simples identificação destes produtos não irá resolver o problema, uma vez que ele tenderá a se repetir.

A fragmentação de um geodo de ametista em função da detonação de um furo próximo, fazendo com que o mesmo perca parte de seu valor, é um exemplo de perda por produção de produtos defeituosos no processo de produção de ametistas.

A falta de balanceamento no processo de produção ocasiona a paralisação de postos de trabalho resultando em baixa taxa de ocupação de equipamentos e paralisação da atividade humana, caracterizando as perdas por espera. Este tipo de perda normalmente está associada à ociosidade de trabalhadores e/ou máquinas.

A falta de perfuratrizes de ar comprimido utilizados para perfuração das galerias de um garimpo, de uma mina subterrânea ou de uma bancada pode ocasionar a paralisação do avanço da frente de lavra – subterrânea ou a céu aberto – pela falta deste equipamento. Isto caracteriza uma perda por espera no processo.

Um dos paradigmas derrubados pelo STP é o de que havia necessidade de formação de estoques no processo produtivo ou no almoxarifado. O desenvolvimento do *Just-in-Time* comprovou que a existência de estoques na realidade apenas encobre imperfeições, constituindo-se em desperdício. A eliminação de estoques tanto no almoxarifado como nos produtos em fabricação ou acabados deve ser perseguida.

A redução dos níveis de estoque possibilita o aparecimento dos problemas de produção, tais como falta de padronização das operações, perfuração deficiente, ventilação insuficiente no subsolo, demanda de energia contratada em excesso e baixa recuperação de minério nas instalações de beneficiamento, entre outros.

A Figura 7 ilustra uma analogia desta situação. O nível da água corresponde ao nível do estoque e, enquanto o mesmo estiver muito alto, não é possível enxergar as pedras no fundo do rio, que correspondem às perdas. Na medida em que o nível da água baixa, as primeiras pedras (perdas) são encontradas. É preciso retirá-las (solucioná-las). Uma vez removidas estas pedras, é possível

reduzir um pouco mais o nível do rio, surgindo novas pedras (novas perdas) que por sua vez devem ser retiradas (solucionadas), num permanente ciclo de melhorias.

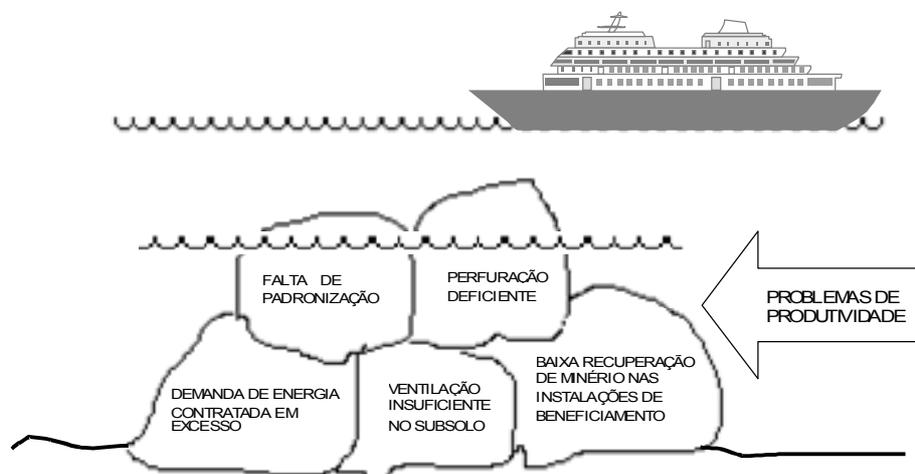


Figura 7 – Redução do nível de estoque
Fonte: (Adaptação de HAY, 1992, p.45).

Considerando-se que em um determinado período haja uma baixa demanda de ametistas, o excesso de geodo de ametistas estocados pode ser considerada uma perda por estoque.

As perdas por movimento são aquelas relacionadas com os movimentos feitos pelos trabalhadores sem que estes sejam necessários. Para atacar este tipo de perda, deve-se melhorar a operação (método de trabalho) e, em uma segunda etapa, melhorar os equipamentos (mecanização). É o caso do deslocamento de um trabalhador para buscar uma perfuratriz de ar comprimido, em um local distante das frentes de lavra.

Antunes (1998) sugere a ampliação da noção de 7 Perdas, considerando a existência de outros tipos que prejudicam a eficácia de um processo de produção e que, paralelamente, elevam os custos não medidos de produção, tais como:

- a) perdas ambientais, resultantes da agressão ao meio-ambiente;
- b) perdas ergonômicas, que causam o afastamento dos trabalhadores devido à doenças profissionais, causadas por esforços repetitivos na execução das tarefas;
- c) perdas energéticas, ocasionadas pelo desperdício das fontes de energia.

A eliminação de perdas no processo produtivo passa necessariamente pelo aprimoramento deste através da realização de melhorias contínuas, realizadas a partir de métodos científicos de identificação, análise e solução de problemas.

Genericamente, estes tipos de perdas podem ocorrer em todos os processos produtivos, devendo-se observar que, devido a particularidade de cada ramo industrial, pode haver a predominância de um ou mais tipos sobre os demais, podendo, inclusive, não ocorrer algum destes tipos de perdas.

Com o STP foram revolucionados os métodos de trabalho tradicionais, aumentando o grau de envolvimento e responsabilidade dos operários. É necessário, assim, que os mesmos sejam treinados e motivados para que o sistema funcione adequadamente.

Hay (1992) menciona que o envolvimento dos operários é um dos componentes do STP, sendo “um dos pré-requisitos para a eliminação do desperdício. Cada membro da organização, desde os que ocupam os cargos mais modestos até a alta administração, têm seu papel no esforço de eliminação de desperdício e na solução dos problemas de produção que causam perdas.” (HAY, 1992, p.14)

Na análise dos processos de produção dos minérios de fluorita, carvão e calcário, os tipos de perdas existentes nos mesmos são analisados em função da transformação da matéria-prima (minério disponível na jazida) em produto acabado (como por exemplo, fluorita grau ácido, carvão metalúrgico e calcário dolomítico para correção da acidez dos solos respectivamente).

Isto exige uma mudança comportamental por parte de todos os funcionários de uma organização. Neste sentido, Ohno (1997) evidencia a necessidade de envolvimento da direção ao afirmar que “isso requer aquilo que eu chamo de revolução da consciência, uma mudança de atitude e ponto de vista por parte dos empresários.” (OHNO, 1997, p.35)

No estudo de caso do processo de produção de ametistas, apesar do objetivo final do processo ser a obtenção do geodo de ametista, considerando que este já se encontra em sua forma definitiva em função de sua gênese ocorrida durante os derrames basálticos, sugere-se que os tipos de perdas do processo devam ser analisados em relação ao desenvolvimento das galerias do garimpo (frentes de trabalho), as quais possibilitam o acesso aos geodos de ametista, produto final deste processo de produção, e não em relação ao geodo de ametista a ser extraído.

Isto significa que, de acordo com a lógica do Mecanismo da Função Produção - MFP desenvolvida por Shingo, no processo de extração de ametista o objeto do trabalho é a galeria do

garimpo e não o geodo de ametista em si, que pode ou não ocorrer na galeria em desenvolvimento e tem o seu valor diretamente relacionado com sua gênese.

Além da visão sistêmica do processo de produção, propiciada pelo Mecanismo da Função Produção, faz-se necessário identificar os pontos potenciais de melhorias que devem ser priorizados. Neste sentido, Shingo (1996b) propõe identificar a causa raiz dos problemas, através do Mecanismo do Pensamento Científico⁸.

2.3.2.4 O Mecanismo do Pensamento Científico

O sucesso do STP tem muito a ver com a lógica adotada por Shingo para a análise e solução de problemas - a lógica dialética - buscando sempre contestar paradigmas aparentemente sólidos. Através de um estudo científico, estes paradigmas cedem lugar a novas teses que se constituem em novos paradigmas até que uma nova antítese os conteste e os substitua novamente.

Shingo (1996a, p.269) destaca que:

Em dialética, principia-se com uma idéia a qual chamamos tese. Oposta a ela existe uma antítese. Na lógica comum, o antagonismo entre tese e antítese é geralmente resolvido com uma solução conciliatória. No entanto, esse problema de contradição e oposição pode ser visto a partir de uma perspectiva diferente. Através da ascensão, uma síntese de mais alto nível será atingida. A oposição desaparece e ambos os lados ficam satisfeitos. Este método de cognição é chamado de processo dialético.

Através desta lógica é possível entender como surgiu o conceito revolucionário da redução ou eliminação de estoques nos processos produtivos, contrariando o paradigma vigente de que os estoques 'asseguravam' a continuidade operacional.

A construção do STP foi desenvolvido por Shingo com base na lógica dialética. Shingo (1996b, p.71) propugna que:

As melhorias nos métodos de produção devem iniciar pelo entendimento da Engenharia de Produção, que é uma maneira de pensar sobre como fazer melhorias. Porém as técnicas de Engenharia de Produção são frequentemente interpretadas erroneamente como uma coleção de técnicas para a análise do *status quo*. Intuição e experiência adquiridas também são erroneamente consideradas como única fonte de inspiração

⁸ No original em inglês: *Scientific Thinking Mechanism*

para melhorias. Contudo, isto não é verdadeiro. Melhorias significativas e realistas requerem o seguinte fluxo de pensamento:

Observação → Formulação de Idéia → Julgamento → Sugestão → Execução.

Pela ótica acima, a quebra de paradigmas proposta por Shingo para a análise e solução de um problema se apoia em uma lógica dedutiva, uma vez que a solução de um problema é encontrada pela observação dos fatos e dos dados existentes e que permitem determinar relacionamentos do tipo causa e efeito do problema analisado.

Shingo (1996b) criou um método de identificação, análise e solução de problemas denominado Mecanismo do Pensamento Científico, composto de cinco estágios para realizar melhorias significativas no fluxo de produção, comentados na seqüência:

Estágio Preliminar: *Melhores maneiras de pensar.* Neste estágio é preciso analisar uma situação sob diferentes ângulos, segundo os princípios de classificação que, segundo Shingo (1996b, p.74) “são maneiras básicas de se distinguir uma coisa da outra”. Através destes princípios de classificação Shingo (1996b) cita, por exemplo, que os seres humanos podem ser classificados de várias maneiras, como por sexo (homem *versus* mulher); acuidade visual (os que usam óculos *versus* os que não usam); idade (adultos *versus* crianças) e saúde (pessoas doentes *versus* pessoas saudáveis).

Um dos procedimentos que auxiliam no entendimento dos fatos é a técnica do 5W1H. De acordo com a mesma, um fenômeno é perfeitamente conhecido ao determinarmos o objeto (*what*), o sujeito (*who*), o método (*how*), o lugar (*where*) e o tempo (*when*). Ao questionar-se o por quê (*why*) em todos estes componentes, o fenômeno estará perfeitamente caracterizado.

A lógica dialética utilizada por Shingo enfatiza a necessidade de se perguntar “por quê?” cinco vezes como forma de identificar a real causa de um fenômeno. Este procedimento faz com que não se analise apenas as causas superficiais, visíveis, e que, numa primeira visão, parecem ser as responsáveis pelo fenômeno.

O exemplo apresentado em Ohno (1997, p.37) demonstra a preocupação dos construtores do STP com a lógica dialética:

Suponha, por exemplo, que uma máquina parou de funcionar.

1. Por que a máquina parou?

Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.

2. Por que houve uma sobrecarga?

Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.

3. Por que não estava suficientemente lubrificado?

Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.

4. Por que não estava bombeando suficientemente?

Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.

5. Por que o eixo estava gasto?

Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha.

Adotando a lógica dedutiva, a análise do Mecanismo da Função Produção para identificar as atividades que realmente agregam valor ao produto e eliminar as atividades que só geram desperdícios, sem agregar valor ao produto, levou Shingo e Ohno a identificarem os 7 tipos de perdas.

Estágio 1: *Identificação dos problemas.* Afirmar Shingo (1996b, p.77) que “quando pensamos seriamente em fazer uma melhoria, o primeiro passo é identificar o problema”. Ainda segundo este autor “para identificar um problema uma pessoa tem que estar construtivamente insatisfeita com a situação atual. Pessoas que estão completamente satisfeitas com ela não pensarão a respeito de melhorias.” Como requisitos fundamentais para descobrir problemas, Shingo afirma que nunca se deve estar satisfeito e deve-se sempre procurar por maneiras de fazer as coisas melhores.

Estágio 2: *Abordagens conceituais básicas para melhorias.* “Identificado um problema deve-se entender completamente as condições atuais antes de tentar apresentar soluções” (SHINGO, 1996b, p.80). Nesta fase, dois pontos devem ser levados em conta: “o entendimento da realidade” e o “estabelecimento de metas para o processo de melhorias contínuas e sistemáticas” (ANTUNES, 1998, p.266). Shingo apresenta técnicas a serem utilizadas para a compreensão dos problemas como o MFP e o método 5W1H, entre outras.

Uma vez observado e identificado um problema, a etapa seguinte na busca de melhorias vem a ser a formulação de idéias. Uma das práticas adotadas é o *brainstorming*, devendo-se coletar a maior quantidade possível de idéias, tomando-se o cuidado de, nesta fase, não formular julgamentos a respeito das mesmas.

Shingo postula que “o processo de formular e avaliar idéias é repetitivo até se chegar a uma idéia de melhoria verdadeiramente útil. Não é necessário dizer que, durante a etapa de avaliação, é vital envolver-se em julgamentos que tragam vida”. Por julgamentos que tragam vida Shingo sustenta que são aqueles que contribuem para a adoção de um plano de melhoria específico, que esteja inserido no contexto da empresa e que considere a eficiência do investimento, isto é, que seja um plano de melhorias factível.

Estágio 3: *Planejamento para melhorias.* Este estágio é constituído das seguintes etapas: observação dos problemas, formulação das idéias, avaliação das idéias e apresentação da proposta (SHINGO 1996b). Conforme Macke (1999, p.71) “a fase de observação tem o objetivo de proporcionar a geração de *insights*, através do envolvimento do grupo de trabalho com os problemas levantados. Na fase de formulação de idéias é preciso criatividade”. A formulação de idéias é o “ato de pensar formas melhores de se executar um trabalho” (SHINGO, 1996b, p.113). Já a fase de avaliação das idéias é “um processo que restringe a criatividade e tenta comprometer-se com as limitações impostas pelas condições reais” (SHINGO, 1996b, p.135). Para a apresentação da proposta é preciso que as idéias tenham sido cuidadosamente analisadas (ANTUNES, 1998).

Estágio 4. *Transformando planos em realidade.* Neste estágio é preciso vencer resistências, como a força dos hábitos adquiridos, a “falta de motivação e envolvimento das pessoas” e a “não compreensão das propostas elaboradas” (ANTUNES, 1998, p.268). Para tanto, Shingo propõe que todas as etapas do Mecanismo do Pensamento Científico sejam realizadas através da utilização de trabalhos em grupos.

O passo final do Mecanismo do Pensamento Científico é a implantação do plano de melhorias, que deve ser buscada com a participação das pessoas envolvidas no processo. Certamente haverá confronto de idéias, mas a discussão de forma responsável e democrática permite a criação de um clima de cooperação, fundamental para o sucesso das atividades de melhoria.

Klippel (1999a) propõe que em uma empresa há dois tipos de problemas distintos e inter-relacionados: o problema técnico e o problema humano. O primeiro é resolvido com o auxílio da experiência, com a análise dos dados e dos fatos, enfim, com o conhecimento. O segundo é solucionado pelas relações humanas praticadas entre as pessoas que trabalham na empresa e o bom relacionamento, que deve ser praticado por todos, independentemente do seu grau hierárquico.

O relacionamento do pessoal é um dos principais fatores determinantes do sucesso da construção e implantação de novos conceitos, técnicas e ferramentas em uma empresa, uma vez que

há a necessidade de uma mudança de mentalidade, com a conseqüente mudança de comportamento, para que as pessoas os possam entender e praticar.

Assim é importante que seja formada uma equipe de melhorias, multidisciplinar, diretamente comprometida com a implantação destes conceitos, técnicas e ferramentas e que tenha o apoio da alta gerência.

Além da aplicação do Mecanismo do Pensamento Científico para a identificação dos pontos potenciais de melhorias em um processo de produção, devem-se considerar as restrições existentes no mesmo. Neste sentido, a TOC propõe o gerenciamento das restrições existentes nos sistemas de produção.

2.3.3 A Teoria das Restrições – TOC

A Teoria das Restrições (*Theory of Constraints - TOC*) foi desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu Goldratt, que se tornou mundialmente conhecido após a publicação do livro “A Meta” em 1984, no qual ele introduz os princípios globais desta teoria, em estilo socrático.

Segundo este autor, a meta de uma empresa é “ganhar dinheiro hoje e no futuro” (GOLDRATT, 2003). Esta meta é alcançada através da otimização das restrições de um sistema de produção.

Cox III (2002) afirma que “restrição é qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito a sua meta. As restrições podem ser físicas, como por exemplo, um equipamento ou a falta de material, mas elas podem ser também de ordem gerencial, como procedimentos, políticas e normas”. (COX III, 2002, p.38)

Posteriormente, a definição da meta de uma empresa foi ampliada por Goldratt, ao afirmar serem necessárias duas outras condições (ALVAREZ 1996 *apud* ANTUNES 1998, p.139):

- a) “satisfazer os clientes hoje e no futuro”;
- b) “satisfazer os empregados hoje e no futuro”.

Goldratt (2003) afirma que estas duas condições são fundamentais, sem as quais não é possível atingir a meta de “ganhar dinheiro hoje e no futuro”. A “satisfação dos clientes hoje e no

futuro” e a “satisfação dos empregados hoje e no futuro” são condições básicas necessárias para atingir a meta propugnada por Goldratt (ANTUNES, 1998).

2.3.3.1 Processo de Pensamento

O Processo de Pensamento⁹ desenvolvido por Goldratt constitui um Método de Identificação, Análise e Solução de Problemas baseado no Método Científico – relações do tipo efeito-causa-efeito (Antunes, 1998).

Trata-se de uma abordagem que permite às pessoas implementarem mudanças nos processos de produção através da realização de melhorias nos mesmos. Para tanto, deve-se responder a três perguntas:

- a) O que mudar?
- b) Para o que mudar?
- c) Como realizar a mudança?

Entender o cenário atual do processo de produção responde a primeira pergunta. A segunda pergunta implica decidir qual a situação desejada no futuro para o mesmo. A terceira pergunta é respondida através do método utilizado para que as mudanças sejam efetivadas.

E como saber se a empresa está alinhada com sua meta? Para tanto, Goldratt (2003) propõe a utilização de um sistema de indicadores de desempenho que possibilitam medir o alcance da meta da empresa.

2.3.3.2 Sistema de indicadores de desempenho

A partir do processo de pensamento, Goldratt desenvolveu um sistema de medidores com a função de orientar as ações de melhorias para a implantação das mudanças: os indicadores de desempenho.

⁹ O Processo de Pensamento da Teoria das Restrições é detalhado em Alvarez (1996).

Segundo a TOC, desenvolvida por Goldratt (2003), “a soma dos ótimos locais não é igual a soma dos ótimos globais”. Esta afirmação possui como questionamentos principais os seguintes tópicos (RODRIGUES, 1997): a) qual é o ótimo global de uma empresa e quem determina esta meta? b) como saber se a meta está sendo alcançada? c) como definir ações locais visando o alcance da meta?

Para atingir a meta de uma empresa, Goldratt (2003) apresenta um sistema de indicadores de desempenho. Estes indicadores são:

- a) lucro líquido, que se constitui em um medidor absoluto de alcance da meta;
- b) retorno sobre o investimento, que se constitui em um medidor relativo de alcance da meta;
- c) caixa, que se constitui em um medidor de sobrevivência.

Estes são os indicadores globais da empresa. No entanto, para se saber se as ações gerenciais, ao nível de fábrica, estão alinhadas com estes indicadores, faz-se necessário estabelecer uma ligação com os mesmos. Para tanto, Goldratt (2003) propõe três indicadores locais (operacionais) de desempenho:

- a) ganho, que é a taxa pela qual o sistema gera dinheiro através das vendas. este indicador é obtido subtraindo-se as matérias-primas do preço dos produtos;
- b) inventário, que é todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que o sistema pretende vender. neste indicador estão incluídos os produtos acabados estocados e não vendidos, que se transformam em ganho no momento da venda;
- c) despesas operacionais, que é todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar o inventário em ganho. neste indicador estão incluídas todas as despesas gerais da empresa.

A relação entre os indicadores globais e indicadores locais, a partir da definição dos mesmos é: a) o Lucro Líquido é obtido subtraindo-se as Despesas Operacionais do Ganho; b) o Retorno Sobre o Investimento é obtido pela divisão do Lucro pelo Inventário.

Os indicadores locais, como se observa, são diferentes daqueles tradicionalmente utilizados pela contabilidade de custos. Neste sentido, torna-se importante considerar o Ganho como a medida mais importante. Assim, uma melhoria não é necessariamente uma redução de custos, mas idealmente um aumento do Ganho (GOLDRATT, 2003).

Com base nos indicadores de desempenho, Goldratt (2003) propõe o gerenciamento das restrições de um sistema de produção através de uma seqüência de ações, que constituem as etapas de focalização da TOC.

2.3.3.3 Etapas de focalização

Visando atingir a meta nas organizações, a TOC propõe que o gerenciamento das restrições seja realizado através de cinco etapas de focalização.

Segundo Cox III (2002) estas etapas permitem que os gerentes planejem o processo global de produção e que focalizem sua atenção nos recursos que criam o maior impacto.

O gerenciamento das restrições tem seu maior impacto na medida em que permite aos gerentes desenvolver uma visão da organização como um sistema, contrária à visão tradicional que consiste em otimizar o desempenho de cada departamento de forma isolada. (COX III, 2002)

As cinco etapas de focalização da TOC são as seguintes:

- a) *1º Identificar a(s) restrição(ões) do sistema.* As restrições podem ser internas ou externas. Em uma determinada situação de mercado, quando a demanda é maior do que a capacidade instalada de produção tem-se uma restrição interna, denominada gargalo de produção. É esta restrição que define a capacidade de produção de todo o sistema produtivo. Quando se tem uma situação inversa, na qual a demanda é menor do que capacidade instalada tem-se uma restrição externa – o mercado.
- b) *2º Decidir como explorar a restrição do sistema.* Se a restrição for interna, esta etapa significa maximizar a utilização da mesma em direção à meta da empresa. Na situação em que a restrição é externa, não existem gargalos no processo de produção e a meta da empresa estará limitada pelas restrições impostas pelo mercado.
- c) *3º Subordinar todos os demais recursos à restrição.* Nesta etapa, considerada por Cox III (2002) a mais difícil de ser implantada, todas as outras atividades do processo de produção devem ser subordinadas à restrição. Independentemente de a restrição ser interna ou externa, os recursos não restritivos devem seguir o ritmo da restrição.
- d) *4º Elevar a capacidade da(s) restrição (ões).* Esta etapa consiste em aumentar a capacidade de produção dos recursos restritivos. No caso da restrição interna, atua-se

sobre o sistema de produção através da compra de equipamentos, redução dos tempos de paradas, etc. No caso da restrição externa, as ações devem estar relacionadas ao incremento da demanda da empresa no mercado¹⁰.

- e) 5º Voltar à etapa 1 se a restrição for quebrada, não permitindo que a inércia tome conta do sistema. O aumento da capacidade do recurso restritivo implicará na quebra da restrição, surgindo uma nova restrição. Desta maneira, deve-se retornar à etapa 1, reiniciando todo o processo, evitando que a inércia interrompa o processo de melhoria contínua do sistema (COX III, 2002).

Na Figura 8 estão representadas as cinco etapas de focalização da TOC.

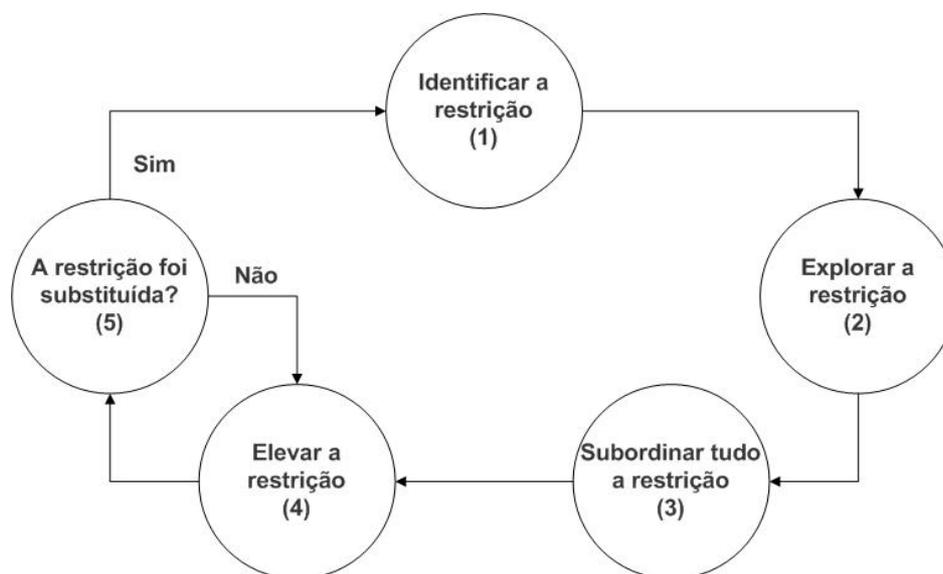


Figura 8 – Etapas de focalização da Teoria das Restrições

Ao analisar um sistema de produção sistemicamente, gerenciando o mesmo através de suas restrições, é possível unir os conceitos, técnicas e ferramentas do STP e da TOC (Antunes, 1998). Neste sentido, a otimização do uso das restrições pode ser operacionalizada através da metodologia de Gestão dos Postos de Trabalho.

¹⁰ Em uma visão ampla, devem-se considerar outras restrições possíveis, tais como: *i*) falta de capital financeiro; *ii*) falta de efetivo com qualificação e *iii*) sazonalidade dos produtos ofertados para o mercado, as quais limitam a capacidade de produção de uma Organização.

2.3.4 A Gestão dos Postos de Trabalho

Através de uma eficiente gestão dos processos de produção de uma Organização é possível aumentar a eficiência dos ativos disponíveis (pessoas, equipamentos, instalações), de forma a assegurar a sua competitividade no atual cenário globalizado. Para tanto, faz-se necessário incrementar a utilização destes ativos visando atingir sua capacidade instalada, aumentando, conseqüentemente, a produtividade sem a realização de investimentos adicionais em termos de capital.

Esta abordagem norteia a Gestão dos Postos de Trabalho – GPT, desenvolvida por Antunes e Klippel (2001) a partir de duas óticas gerais: a) a melhoria dos processos e b) a melhoria nas operações mais lentas do sistema produtivo (os denominados “gargalos”), com base nos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção. Através da mesma, unem-se, de forma sinérgica, os conceitos do STP e da TOC.

Ao observar um posto de trabalho, é possível constatar que várias ações interagem diretamente no seu resultado, entre as quais as indicadas na Figura 9.

Antunes e Klippel (2001) propõem uma GPT que: *a)* focalize as ações de gestão nos pontos críticos do sistema de produção; *b)* utilize um medidor de eficiência que permita e estimule a integração entre os diversos setores da empresa tais como produção, qualidade, manutenção, processo e afins; *c)* realize planos de melhorias sistêmicos, unificados e voltados para os resultados globais da empresa e *d)* avalie os postos de trabalho críticos, levando em consideração os indicadores e os respectivos planos de ações de melhorias.

A base conceitual da proposta de GPT preconizada por Antunes e Klippel (2001) é fundamentada no STP, com foco principal na melhoria dos processos da empresa e na TOC, com foco na melhoria dos postos de trabalhos que se constituem nas restrições do sistema produtivo.

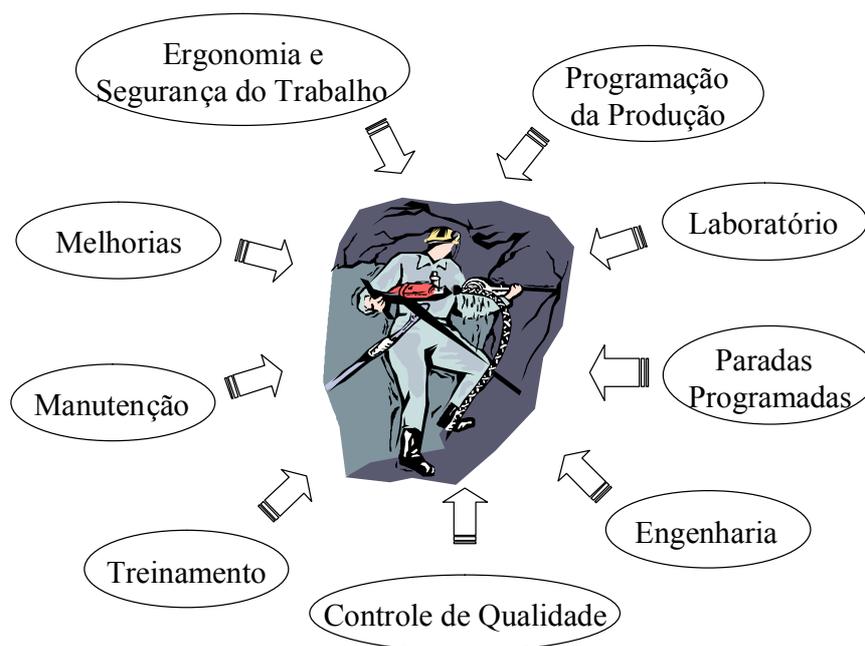


Figura 9 – Ações que interagem em um Posto de Trabalho

Fonte: (Adaptação de ANTUNES e KLIPPEL (2001))

O modelo de GPT proposto fundamenta-se em cinco elementos fundamentais: *a)* Entradas do Sistema; *b)* Processamento propriamente dito; *c)* Saídas do Sistema; *d)* Treinamento e *e)* Gestão do Sistema. Na Figura 10 estão representados os elementos da estrutura da GPT.

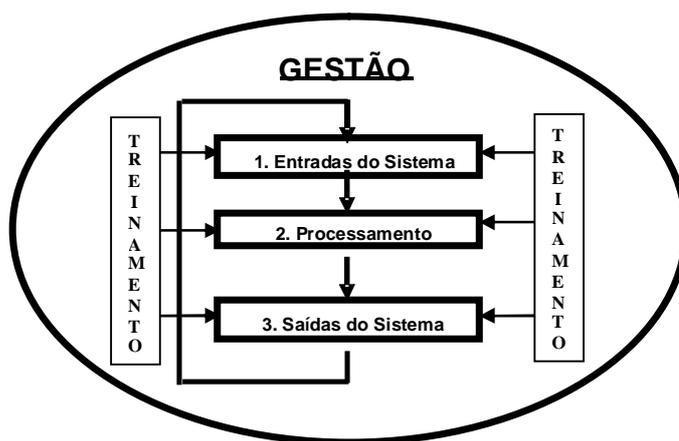


Figura 10 – Elementos fundamentais da estrutura da Gestão do Posto de Trabalho

Fonte: (ANTUNES e KLIPPEL (2001))

1. Entradas no Sistema: O foco consiste em melhorar os fluxos de produção, sendo importante, para tanto, identificar os postos de trabalho que se constituem em recursos

críticos por apresentarem restrição de capacidade ou problemas relacionados com a qualidade;

2. Processamento: Após a definição dos postos de trabalho críticos, a GPT preconiza uma abordagem de gestão da rotina e melhoria dos mesmos através da adoção de uma Gestão Sistêmica, Unificada/Integrada e Voltada para os Resultados, com três sentidos básicos: *a) Visão sistêmica* do processo de produção da empresa, o que implica na subordinação da utilização dos recursos de melhoria dos postos de trabalho em determinados locais da mesma; *b) Integrada/unificada*, na medida em que as ações nestes postos de trabalho devem ser feitas de forma conjunto por todos os profissionais envolvidos com os mesmos; *c) Voltada aos resultados*, o que significa que melhorias nos indicadores destes postos de trabalho específicos devem levar a melhoria dos resultados gerais da empresa devendo-se, para tanto, calcular a eficiência dos mesmos. Esta eficiência é calculada pelo Índice de Rendimento Operacional Global – IROG¹¹.

3. Saídas do Sistema: A partir do cálculo da eficiência dos postos de trabalho críticos obtêm-se informações que possibilitam a tomada de ações gerenciais com relação às rotinas e as melhorias na empresa. Estas ações devem ser tomadas sempre que a eficiência do posto de trabalho monitorado atingir um padrão abaixo da eficiência mínima estabelecida para o mesmo. Já as melhorias devem ser realizadas a partir de planos de ação previamente estabelecidos em função das causas que ocasionaram a queda da eficiência deste posto de trabalho.

4. Treinamento: A sustentação da GPT é atingida através do treinamento/capacitação de todos os colaboradores envolvidos no processo. O conteúdo programático deste treinamento/capacitação deve envolver os conceitos para o cálculo do IROG e a concepção geral preconizada pela GPT proposta.

5. Gestão do Sistema: As informações geradas pelo sistema possibilitam a sua gestão como um todo. Antunes e Klippel (2001) sugerem o estabelecimento de um conjunto de reuniões periódicas específicas, envolvendo todos os colaboradores da GPT, de forma que os resultados desejados sejam alcançados e sustentados.

¹¹ O Índice de Rendimento Operacional Global – IROG foi desenvolvido durante a construção da ferramenta do STP denominada Manutenção Produtiva Total (termo original em inglês, TPM – *Total Productive Maintenance*), para medir a eficiência dos recursos de um processo de produção.

2.3.4.1 Índice de Rendimento Operacional Global

A metodologia GPT, a partir de uma visão de gestão sistêmica, unificada/integrada e voltada para resultados das operações que compõem o fluxo de produção, envolve questões além de pessoas e equipamentos, tais como ferramental utilizado, instruções de trabalho, ergonomia e gestão de recursos humanos e, através de um indicador denominado Índice de Rendimento Operacional Global – IROG, possibilita o monitoramento destas operações.

Na lógica do STP as melhorias em um 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.

O Índice de Rendimento Operacional Global – IROG é calculado pela Equação 1:

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i x q_i}{T}$$

Equação 1

Onde:

t = tempo de ciclo ou tempo padrão de um produto ***i***

p = produto ***i***

q = quantidade do produto ***i***

T = tempo disponível

Ao se analisar a Equação 1 observa-se que a multiplicação do tempo de ciclo de um produto pela quantidade produzida deste produto em um equipamento corresponde, na realidade, ao tempo de agregação de valor deste equipamento no processo de produção, ou seja, o tempo em que efetivamente o mesmo funcionou adicionando valor ao produto em elaboração.

No caso de uma instalação de britagem, o tempo em que o britador opera, britando um determinado minério a uma taxa nominal, corresponde ao tempo de agregação de valor deste equipamento. Em um garimpo de ametista, o tempo em que é feita a perfuração da frente de trabalho, com a realização de uma quantidade determinada de furos, corresponde ao tempo de agregação de valor da perfuratriz.

Existem duas maneiras de calcular a eficiência de um recurso em função do tempo: a) considerando o tempo calendário e b) considerando o tempo programado para produção.

Caso seja considerado o tempo calendário, o indicador da eficiência global do equipamento é denominado de Produtividade Efetiva Total do Equipamento – TEEP¹² e mede a eficiência dos recursos restritivos (gargalos). Nesta situação, por ser um recurso restritivo, deve-se operar o equipamento durante o máximo de horas disponíveis. Este índice indica o tempo que pode ser ganho para produzir e corresponde à produtividade real do sistema de produção.

Caso seja considerado o tempo programado para produção, o indicador da eficiência global do equipamento é denominado de Eficiência Global do Equipamento - OEE¹³. Nesta situação, deve-se utilizar o equipamento durante o tempo obtido pela diferença entre o tempo calendário e o tempo de paradas programadas. Tratando-se de um recurso não restritivo, pode-se programar certas paradas como paradas para refeição, ginástica laboral, etc., uma vez que a não paralisação deste equipamento geraria estoques intermediários antes do equipamento gargalo devido a sua maior capacidade em relação ao recurso restritivo. Este índice indica a eficácia do equipamento durante o tempo de operação programado.

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

$$\mu_{\text{global}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Equação 2

Onde:

- μ_1 = Índice de Utilização
- μ_2 = Índice de Desempenho
- μ_3 = Índice de Qualidade

¹² Original em inglês: *Total Effective Equipment Productivity*

¹³ Original em inglês: *Overall Equipment Effectiveness*

2.3.4.2 Índice de Utilização

O Índice de Utilização é calculado em função do tempo em que o equipamento ficou disponível para produção (tempo calendário menos tempo de paradas programadas) em relação ao tempo de paradas não programadas. Portanto, é relacionado com o tempo em que a velocidade do equipamento cai a zero e permanece em zero durante um período razoável de tempo, sendo calculado pela Equação 3:

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo Total} - \sum \text{Tempo Paradas não Programadas}}{\text{Tempo Total}}$$

Equação 3

Onde:

Tempo Total: tempo total programado (calendário ou disponível)

Tempo das paradas não programadas: não incluídas as paradas programadas

Afirma Nakajima (1989, p.27) que “nas empresas japonesas é desejável atingir um Índice de Utilização superior a 90%”.

2.3.4.3 Índice de Desempenho

O Índice de Desempenho corresponde à performance ou desempenho do equipamento, sendo calculado em função do tempo total e à redução da velocidade do mesmo, operação em vazio e paradas momentâneas (a velocidade cai a zero, porém em um tempo muito reduzido). É relacionado, portanto, com a queda de velocidade do equipamento (velocidade diferente da nominal e diferente de zero), sendo calculado pela Equação 4:

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo Total} - \sum \text{Queda de Velocidade}}{\text{Tempo Total}}$$

Equação 4

Estas paradas são de difícil visualização, podendo este índice ser calculado, também, a partir da Equação 2, anteriormente apresentada, como segue:

$$\mu_2 = \frac{\mu_{\text{global}}}{\mu_1 \times \mu_3}$$

Equação 5

Caso não seja conhecido o tempo de ciclo dos produtos, pode-se calcular este índice dividindo-se a produção real obtida em um recurso em um determinado período de tempo de operação pela capacidade teórica deste recurso neste mesmo período, conforme a Equação 6:

$$\mu_2 = \frac{\text{Produção real}}{\text{Tempo Real de Produção} \times \text{Velocidade Teórica}}$$

Equação 6

Afirma Nakajima (1989, p.27) que “nas empresas japonesas é desejável atingir um Índice de Desempenho superior a 95%”.

2.3.4.4 Índice de Qualidade

O Índice de Qualidade está relacionado com a qualidade dos produtos produzidos no recurso considerado, sendo calculado em função do tempo de operação real e do tempo gasto com refugo e/ou retrabalho, pela Equação 7:

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

Equação 7

Caso não sejam conhecidos os tempos da Equação 7, o Índice de Qualidade pode ser calculado aproximadamente em função da quantidade total de produtos produzidos e da quantidade produzida de produtos não conformes, pela Equação 8:

$$\mu_3 = \frac{\sum \text{Quantidades produzidas} - \sum \text{Quantidades (Refugadas + Retrabalhadas)}}{\sum \text{Quantidades produzidas}}$$

Equação 8

Afirma Nakajima (1989) que nas empresas japonesas é desejável atingir um Índice de Qualidade superior a 99%”.

Considerando-se os valores desejáveis nas pretensões nipônicas para os Índice de Utilização, Índice de Desempenho e Índice de Qualidade, obtém-se um Índice de Rendimento Operacional Global – IROG igual a 85%.

O entendimento pelos colaboradores de uma empresa de mineração dos conceitos, técnicas e ferramentas de metodologias de mineração e de gestão, nas quais se insere a metodologia GPT, aumenta o ativo de conhecimento da mesma, sendo fator determinante para o sucesso da implantação do Modelo de Gestão Integrada proposto neste trabalho.

2.3.5 O Conhecimento na organização

A acirrada competitividade atual faz com que a sobrevivência das empresas dependa fundamentalmente do conhecimento que ela detém, tanto de seus processos internos como do ambiente no qual ela se insere e, ainda, de quão preparado ela está para agregar conhecimento com vistas ao futuro. As organizações que se preocupam com o conhecimento podem ser denominadas de organizações de aprendizagem.

Assim, é necessário que as organizações promovam o envolvimento e participação de seus colaboradores, através da agregação do conhecimento, na busca de solução para seus problemas.

2.3.5.1 As Organizações de Aprendizagem

Klippel (1999b) aborda alguns tópicos que conduzem uma empresa a se transformar em uma organização de aprendizagem.

Segundo Leonard-Barton (1992) a empresa que se transforma em uma organização de aprendizagem deve se tornar um laboratório de aprendizagem, dedicado à criação, acúmulo e controle do conhecimento. Neste tipo de organização, mais importante que os aspectos técnicos em si, são as práticas gerenciais e seus valores fundamentais que renovam e dão suporte à base do conhecimento e um sistema de gestão voltado para a aprendizagem constante. Esta afirmação vem ao encontro do objetivo deste estudo.

Da mesma forma, como em uma organização de aprendizagem, segundo Leonard-Barton (1992), é fundamental que haja a participação dos colaboradores da empresa com sua criatividade e habilidades para que o Modelo de Gestão Integrada para a indústria de mineração proposto neste trabalho seja implantado.

Em uma organização de aprendizagem quatro são as atividades consideradas críticas, expressadas pelo seu valor fundamental e apoiadas fortemente em um sistema gerencial compatível em procedimentos e incentivos com este valor fundamental (LEONARD-BARTON, 1992).

Conforme esta autora, cada atividade, valor e sistema gerencial funcionam como um subsistema internamente consistente, mutuamente alinhado e inter-relacionado com os demais que se fundamentam e se apóiam entre si. Estes subsistemas – Presente, Interno, Futuro e Externo – são apresentados na Figura 11.

O Subsistema 1 – Presente, está relacionado com a busca de solução para os problemas atuais, citando-se como exemplo a busca incessante pela eliminação das perdas existentes nos processos da empresa de acordo com o Mecanismo da Função Produção, desenvolvido durante a construção do STP.

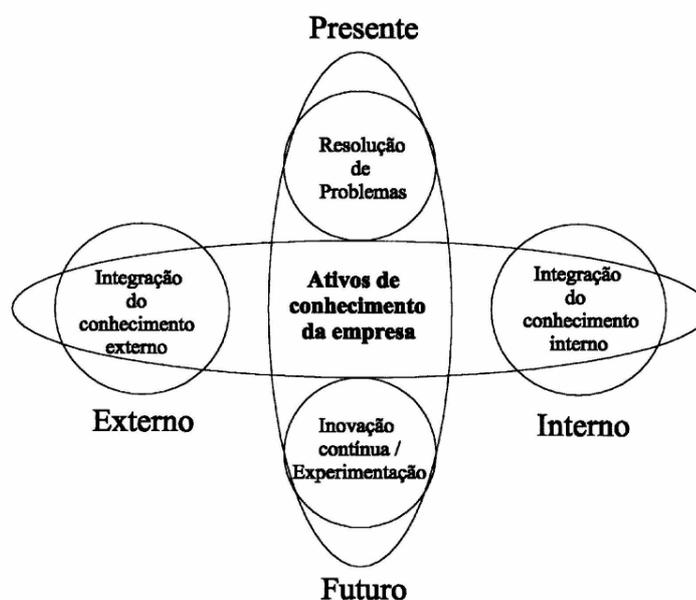


Figura 11 – Subsistemas de uma organização de aprendizagem

Fonte: (LEONARD-BARTON, 1992)

O Subsistema 2 – Interno, trata do valor do conhecimento, preconizando que a gestão deve investir na educação dos colaboradores, disseminando o conhecimento em toda a empresa. Nesta lógica inserem-se os processos de capacitação tecnológica¹⁴ abordados neste trabalho.

O Subsistema 3 – Futuro, tem seu foco voltado para a experimentação contínua e a criatividade, que devem ser estimuladas em uma organização de aprendizagem. A realização de trabalhos em grupos para melhorias está relacionada com este subsistema.

O Subsistema 4 – Externo, está relacionado com a busca do conhecimento externo à empresa, como, por exemplo, a introdução de novas metodologias de gestão na mesma.

Zack (1999) *apud* Pantaleão (2003, p.54) estabelece que “os esforços na busca do conhecimento organizacional devem estar alinhados com os esforços na busca de vantagens competitivas estratégicas, de modo que as defasagens de conhecimento possam ser cobertas a fim de contribuírem para a cobertura das defasagens estratégicas.”. A Figura 12 ilustra este pensamento.

¹⁴ O Processo de Capacitação Tecnológica se constitui em um processo de aprendizagem teórico-prático, no qual os participantes vivenciam em sua realidade profissional os conceitos assimilados em sala de aula, através da realização de trabalhos práticos. Estes trabalhos são, posteriormente, apresentados e discutidos entre todos os participantes do curso, com a presença da Gerência da Empresa.

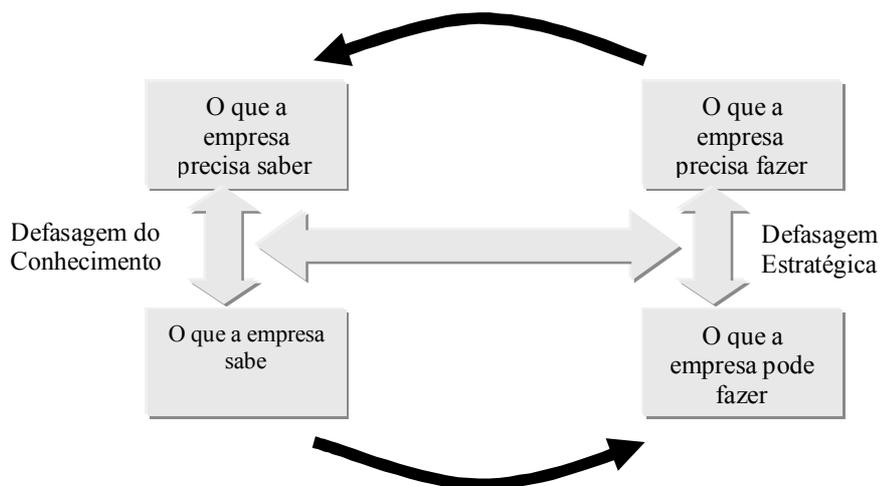


Figura 12 – A ligação entre a estratégia e aprendizagem organizacional

Fonte: (ZAACK, 1999, p.136 *apud* PANTALEÃO, 2003, p.54)

Pantaleão (2003) comenta que “em um modelo de diagnóstico voltado para a aprendizagem em uma organização, uma vez que esta tenha escolhido um determinado sistema de gestão, a parte esquerda da Figura 12, ou seja, a defasagem da Aprendizagem e do Conhecimento Organizacional deve ser avaliada sob dois aspectos, cuja lógica está representada na Figura 13:

- a) **Defasagem 1** – que elementos componentes desse sistema essa organização sabe?
- b) **Defasagem 2** – daqueles princípios que a organização já sabe, quais realmente são colocados em prática de modo a aumentar o desempenho da Organização?”

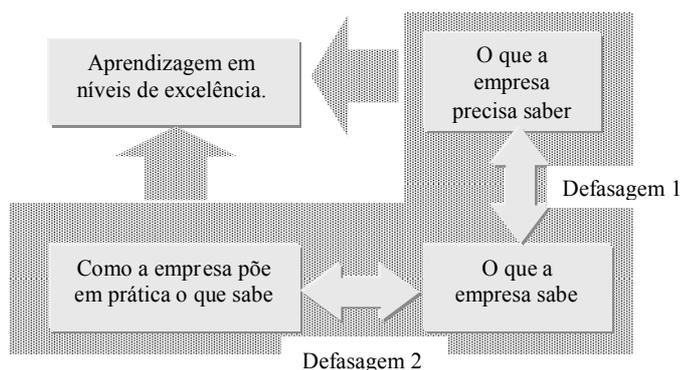


Figura 13 – A lógica de construção de diagnóstico focado na aprendizagem organizacional

Fonte: (PANTALEÃO 2003, p.55)

O aprendizado dentro de uma organização pode ser individual ou coletivo. No caso do aprendizado individual entende-se que as pessoas aprendem com a organização na qual elas

participam, influenciados pela mesma, enquanto que o aprendizado coletivo está relacionado com a organização, a qual é influenciada pelas mudanças realizada pelas pessoas.

Crossan e Berdrow (2003) propõem uma base conceitual que permite perceber as conexões que estruturam o processo de aprendizagem nas organizações. Segundo estes autores, deve-se considerar diferentes níveis de aprendizagem: *a*) individual; *b*) grupal e *c*) organizacional, sendo que as organizações devem estar preparadas para trabalhar as tensões entre duas formas de aprendizagem: *a*) relacionada com assimilar novos aprendizados (*exploration*) e *b*) utilizar ao máximo os conhecimentos já existentes (*exploitation*).

Na proposta de Leonard-Barton (1992) a assimilação de novos aprendizados (*exploration*) está relacionada com o Subsistema 2 (Reconhecer o valor do conhecimento) e o Subsistema 4 (Rastreamento de novas idéias) e corresponde a Defasagem 1 proposta por Pantaleão (2003), podendo-se denominá-la de Aprendizado I. Já a utilização dos conhecimentos existentes (*exploitation*) está relacionado com o Subsistema 1 (Solução de problemas atuais) e o Subsistema 3 (Criatividade e experimentação contínua) de Leonard-Barton (1992) e corresponde a Defasagem 2 proposta por Pantaleão (2003), podendo-se denominá-la de Aprendizado II.

Ainda segundo Crossan e Berdrow (2003), os três níveis de aprendizagem estão ligados por um processo social e psicológico constituído por quatro etapas: *a*) intuição, *b*) interpretação, *c*) integração e *d*) institucionalização. No nível individual ocorre a intuição e a interpretação, no nível grupal ocorre a interpretação e a integração, enquanto que no nível organizacional ocorre a integração e institucionalização.

A intuição representa a capacidade de descobrir e delinear, em nível pré-consciente, novos padrões e processos. Nesse nível a ação intuitiva é individual e somente afeta aos outros quando estes experimentam interações com outros indivíduos. Ela pode ser o início de uma aprendizagem organizacional.

A interpretação consiste em explicar uma idéia para si e para os outros através de palavras e ações. Cada indivíduo verbaliza as relações já identificadas no nível pré-consciente e, à medida que verbaliza, compartilha e possibilita ao grupo compreender o conhecimento individual. Ela é um processo que pode ocorrer a nível pessoal, contudo seu resultado será melhor se for envolvido outros indivíduos, tornando-se um processo de nível de grupo.

A integração é o processo de desenvolvimento de conhecimentos compartilhados e tomada de ações conjuntas. Nesse nível o aprendizado envolve consenso e necessidade de diálogos, onde grupos superam suas limitações individuais através de uma contínua troca de idéias entre seus membros. Os valores que sustentam este nível de aprendizado incluem elementos com capacidade para trabalhar em grupo, habilidade para solucionar conflitos e estar preparado tanto para o sucesso como para o fracasso. Os diálogos e as concessões mútuas geram ações grupais e o aprendizado passa para o próximo nível, o nível organizacional.

A institucionalização é o processo no qual os resultados da aprendizagem são incorporados aos sistemas, à estrutura organizacional, às rotinas e aos procedimentos organizacionais. O processo de aprendizagem não termina na institucionalização, pois a aprendizagem consolidada neste nível pode influenciar o grupo e o indivíduo inserido nesse ambiente, afetando a forma de pensar e agir dos grupos e indivíduos (CROSSAN E BERDROW (2003)).

2.3.5.2 O Ativo do Conhecimento

Podem-se considerar os ativos de uma organização como sendo de dois tipos distintos: Ativos de Capital e Ativos de Conhecimento.

O Ativo de Capital é aquele direcionado pelo mercado através da realização de investimentos diretos feitos pelos acionistas ou proprietários. Ele está relacionado com a capacidade da organização de adquirir tecnologias de processos, máquinas, equipamentos e instalações. Esta capacidade possibilita à organização melhorar seus métodos de produção no curto prazo.

Por sua vez, o Ativo de Conhecimento é construído com a agregação de conhecimento e crescimento intelectual dos colaboradores da organização. Este ativo está relacionado diretamente com as pessoas e com sua capacidade de adquirir e desenvolver conhecimentos através de treinamentos, o que ocorre no médio e longo prazo.

A busca de um novo modelo de gestão implica, necessariamente, na mudança comportamental de todos colaboradores da organização, através da agregação de conhecimento, isto é, através do aumento do seu Ativo de Conhecimento.

A partir da assimilação de um novo conhecimento, realizado através de treinamento e capacitação tecnológica, os participantes vivenciam na prática, em sua realidade, a aplicação dos mesmos, obtendo como resposta novos resultados. Trata-se, portanto, de um processo teórico-prático de assimilação do conhecimento.

A análise dos novos resultados, vivenciados na prática, possibilita aos participantes desenvolverem novos conceitos, surgindo uma nova teoria que irá se incorporar ao conhecimento já adquirido, fechando-se o ciclo do conhecimento e aumentando o Ativo de Conhecimento da organização, conforme representado na Figura 14.

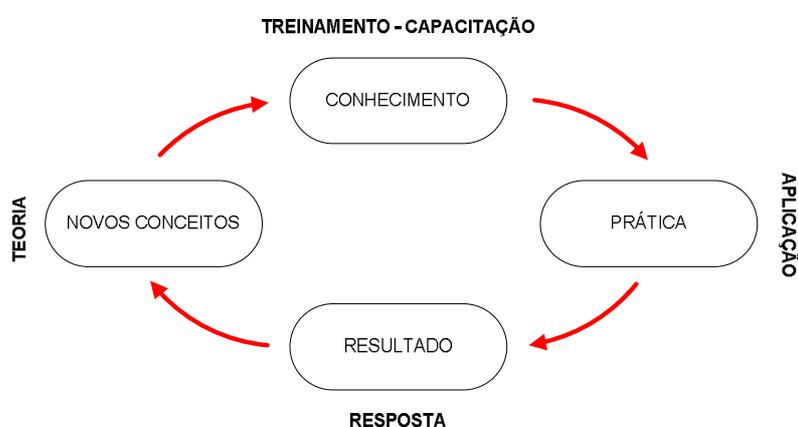


Figura 14 – Ciclo do conhecimento

Este ciclo do conhecimento tem correlação direta com as fases da pesquisa-ação, propostas por Thiollent (2002).

Para a obtenção de resultados sólidos e permanentes faz-se necessário que na construção do Ativo de Conhecimento os participantes desenvolvam as seguintes habilidades:

- a) humildade: reconhecer que não sabe tudo e que o conhecimento dos demais participantes pode contribuir para o aumento do conhecimento global;
- b) comunicação: através do diálogo, o conhecimento é disseminado globalmente;
- c) trabalho em grupo: a troca de experiência de cada participante, aliada as habilidades anteriores, desenvolve o trabalho em grupo, de forma que o ativo de conhecimento aumenta coletivamente.

Neste sentido, a organização tende a se tornar uma organização de aprendizagem.

CAPÍTULO 3

3. MÉTODO

Neste Capítulo é apresentado o Método de Pesquisa e o Método de Trabalho utilizado para o desenvolvimento desta tese, com vistas à proposição de um Modelo Final de Intervenção para a indústria de mineração com a integração da tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas e a tecnologia de gestão da Engenharia de Produção.

A partir de um referencial teórico e da experiência já vivenciada pelo autor na construção do Sistema Floral de Produção (discutido no capítulo 4) foram utilizadas dois métodos de pesquisa: a) a pesquisa-ação e b) o estudo de caso. Estes métodos de pesquisa foram aplicados em outros cenários de mineração para o desenvolvimento deste trabalho.

A integração dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção com a utilização dos dois métodos de pesquisa citados propõe uma mudança global na forma como as empresas de mineração devem ser gerenciadas. Esta mudança é realizada através de uma abordagem que tenha um caráter motivacional, induzindo todos os colaboradores a se envolverem, participando ativamente do processo de mudanças.

3.1 Método de pesquisa

O método de pesquisa denominado pesquisa-ação promove o envolvimento dos colaboradores por tratar-se de um método realizado com a interação entre pesquisador e

colaboradores da empresa pesquisada. No estudo de caso esta interação intensa não acontece, estando o trabalho de pesquisa mais focado nas atividades propostas pelo pesquisador.

O referencial teórico destes dois métodos de trabalho é apresentado na seqüência.

3.1.1 Pesquisa - ação

Thiollent (2002) afirma que o método pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e os participantes representativos de um problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Segundo este autor, a pesquisa-ação propõe a realização de uma pesquisa envolvendo pessoas ou grupos pertencentes aos vários níveis hierárquicos da organização que têm implicação com um problema para a obtenção de um diagnóstico que irá desencadear ações que provocam mudanças na organização Thiollent (1997, p.115).

Desta forma, a pesquisa-ação possui um caráter participativo, pelo fato de promover a integração entre todas as pessoas envolvidas em uma determinada situação que se encontra em investigação. Thiollent (2002, p.15) considera que toda pesquisa-ação é do tipo participativo na medida em que *a participação das pessoas implicadas nos problemas investigados é absolutamente necessária*¹⁵.

A efetiva participação de pessoas ou grupos neste processo, de forma mais ampla possível, legitima o diagnóstico e as ações propostas: não se tratam de ações impostas do “topo para a base”, de forma autoritária, mas de ações que contam com o apoio do corpo funcional da organização.

Thiollent (1997, p.149) afirma que a “cultura organizacional é considerada como importante fator de produtividade e criatividade nas organizações industriais...”.

O autor afirma que a pesquisa-ação é:

Uma forma de questionamento de dada situação de modo a auxiliar os participantes na formulação de suas perguntas e na busca de respostas no seio da coletividade, o que poderá levá-los a uma tomada de consciência (ou forma de aprendizagem). O objetivo da pesquisa-ação consiste também em auxiliar

¹⁵ Grifo do autor

na tomada de decisão a ser orientada em função dos valores ou objetivos coletivamente identificados.

Os conceitos apontados por Thiollent na pesquisa-ação parecem coincidir com aqueles desenvolvidos durante a construção do STP. Com efeito, Shingo (1996b) diz que “o STP, no qual se encoraja os trabalhadores a fazerem sugestões, conduz a um respeito maior pela dignidade humana”.

A participação de todos no processo de mudanças é fundamental para que elas se consolidem. Esta participação depende diretamente do diálogo entre liderança e liderados. Segundo Klippel (1999a , p.15):

O diálogo entre dirigentes e dirigidos é o ponto de partida para que se crie em uma empresa um ambiente saudável. Os problemas existentes são mais bem solucionados a partir desta atitude. Inúmeros exemplos podem ser citados, diariamente, de soluções encontradas a partir de opiniões expressadas por funcionários em todos os níveis hierárquicos. [...] Além de criar um ambiente saudável, o diálogo entre líder e liderados resulta em um comprometimento de todos com os objetivos a serem alcançados pela empresa.

Thiollent (2002) afirma que é necessário definir com precisão, de um lado, qual é a ação, quais são os seus agentes, seus objetivos, seus obstáculos e, de outro lado, qual é a exigência de conhecimento a ser produzido em função dos problemas encontrados na ação ou entre os atores da situação.

A realização de processos de capacitação tecnológica nas empresas objeto de estudos discutidos neste trabalho teve por objetivo agregar conhecimento aos colaboradores das mesmas.

3.1.1.1 Fundamentos da pesquisa – ação

A pesquisa-ação é uma estratégia de pesquisa que agrega vários métodos ou técnicas de pesquisa social, com as quais se estabelece uma estrutura coletiva, participativa e ativa ao nível da captação da informação (THIOLLENT, 2002).

Entre os objetivos do conhecimento potencialmente passíveis de serem alcançáveis em pesquisa-ação, Thiollent (2002) relaciona:

- a) a coleta de informação original acerca de situações ou de atores em movimento.

- b) a concretização de conhecimentos teóricos, obtida de modo dialogado na relação entre pesquisadores e membros representativos das situações ou problemas investigados.
- c) a comparação das representações próprias aos vários interlocutores, com aspecto de cotejo entre saber formal e saber informal acerca da resolução de diversas categorias de problemas.
- d) a produção de guias ou de regras práticas para resolver os problemas e planejar as correspondentes ações.
- e) os ensinamentos positivos ou negativos quanto à conduta da ação e suas condições de êxito.
- f) possíveis generalizações estabelecidas a partir de varias pesquisas semelhantes e com o aprimoramento da experiência dos pesquisadores.

Segundo Thiollent (1997) as características da pesquisa-ação, não encontradas em pesquisas convencionais são: a) orientação para o futuro; b) colaboração entre pesquisadores e empresa; c) desenvolvimento de sistema: o sistema desenvolve a capacidade de detectar e resolver problemas; d) geração de teorias fundamentadas na ação, as quais podem ser corroboradas ou revisadas; e) não-predeterminação e adaptação situacional: as situações de pesquisa variam e não são previsíveis.

Dubost *apud* Thiollent (1997) apresenta as seguintes características da pesquisa-ação:

- a) é uma experiência que ocorre no mundo real, de modo concreto, não apenas no pensamento. as ações dos agentes são vistas como acontecimentos por todas as pessoas implicadas;
- b) a experiência ocorre em escala restrita, limitada pelo caráter local ou por um princípio de amostragem;
- c) é uma ação deliberada que visa uma mudança efetiva dos grupos considerados. constitui-se de objetivos fixados por qualquer grupo implicado no processo e/ou pela negociação entre grupos;
- d) desde o início ela é projetada para produzir conhecimentos passíveis de generalização, para guiar ações posteriores, ou evidenciar princípios e leis;
- e) deve fazer uso de regras e dispositivos que possibilitem a observação, a coleta de dados, o controle e a avaliação dos resultados.

Estes fundamentos induziram o autor deste trabalho a selecionar a pesquisa-ação como um dos métodos de pesquisa para a realização da mesma. Através da utilização da pesquisa-ação torna-se possível propor uma pesquisa com a efetiva participação dos atores envolvidos na construção do Modelo de Gestão Integrada para a indústria de mineração.

3.1.1.2 Fases da pesquisa – ação

Thiollent (2002) comenta que é possível identificar quatro fases distintas que compõem o método de pesquisa-ação:

a) Fase Exploratória

Esta fase consiste em descobrir o campo de pesquisa, os interessados e suas expectativas e estabelecer um primeiro levantamento (ou diagnóstico) da situação, dos problemas prioritários e de eventuais ações.

Nos seus primeiros contatos com os interessados, os pesquisadores tentam identificar as expectativas, os problemas da situação, as características da população e os outros aspectos que fazem parte do que é tradicionalmente chamado de ‘diagnóstico’. Paralelamente a esses primeiros contatos, a equipe de pesquisa coleta todas as informações disponíveis.

Em função da competência e do grau de envolvimento dos pesquisadores com a linha da pesquisa-ação, a equipe define sua estratégia metodológica e divide as tarefas.

Na fase inicial da pesquisa, além da definição dos temas e objetivos, precisa-se dar atenção à colocação dos principais problemas a partir dos quais a investigação será desencadeada.

b) Fase de pesquisa aprofundada

Nesta fase a situação é pesquisada por meio de diversos tipos de instrumentos de coleta de dados que são discutidos e progressivamente interpretados pelos grupos que participam (THIOLLENT, 1997). O autor comenta que a partir do momento em que os pesquisadores e os interessados na pesquisa estão de acordo sobre os objetivos e os problemas a serem examinados,

começa a constituição dos grupos que irão conduzir a investigação e o conjunto do processo. A técnica principal, ao redor da qual as outras gravitam, é a do ‘seminário’¹⁶.

O seminário central reúne os principais membros da equipe de pesquisadores e membros significativos dos grupos implicados no problema sob observação. O papel do seminário consiste em examinar, discutir e tomar decisões acerca do processo de investigação. A partir do conjunto de informação processada, o seminário produz material. Parte deste material é de natureza ‘teórica’ (análise conceitual, etc.), outra parte é de natureza empírica (levantamentos, análise da situação, etc.).

Algumas das principais tarefas do seminário segundo Thiollent (2002, p.59) são:

- a) definir o tema e equacionar os problemas para os quais a pesquisa será solicitada.
- b) elaborar a problemática na qual serão tratados os problemas e as correspondentes hipóteses de pesquisa.
- c) constituir grupos de estudos e equipes de pesquisa. coordenar suas atividades.
- d) centralizar todas as informações provenientes das diversas fontes e grupos.
- e) elaborar as interpretações.
- f) buscar soluções e definir diretrizes de ação.
- g) acompanhar e avaliar as ações.
- h) divulgar os resultados pelos canais apropriados.
- i) o papel dos pesquisadores dentro do seminário, entre outros, consiste em:
- j) colocar à disposição dos participantes os conhecimentos de ordem teórica ou prática para facilitar a discussão dos problemas.
- k) em estreita colaboração com os demais participantes, conceber e aplicar, no desenvolvimento do projeto, modalidades de ação.
- l) participar numa reflexão global para eventuais generalizações e discussão dos resultados no quadro mais abrangente das ciências sociais ou de outras disciplinas implicadas no problema.

¹⁶ O seminário proposto por Thiollent é fortemente correlacionado com o Processo de Capacitação Tecnológica, visto que ambos se constituem em processos de aprendizagem de caráter teórico-prático.

c) Fase de ação

Nesta fase são realizadas reuniões de grupos, com coleta de dados, com vistas à proposição de um método experimental de intervenção.

Esta fase consiste, com base nas investigações em curso, em difundir os resultados, definir objetivos alcançáveis por meio de ações concretas, apresentarem propostas que poderão ser negociadas entre as partes interessadas (THIOLLENT, 1997). Segundo este autor, sejam quais forem as técnicas utilizadas, os grupos de observação procuram a informação que é julgada necessária para o andamento da pesquisa.

d) Fase de avaliação

Esta fase tem por objetivos: observar, redirecionar o que realmente acontece e resgatar o conhecimento produzido no decorrer do processo.

Segundo Thiollent (1997), ocorre um efeito de aprendizagem. Os participantes e pesquisadores aprendem conjuntamente a identificar e resolver problemas dentro da situação em questão. A aprendizagem é difusa ao longo do processo e não é considerada como uma fase propriamente dita. A Figura 15 mostra as relações entre pesquisa, ação, aprendizagem e avaliação.

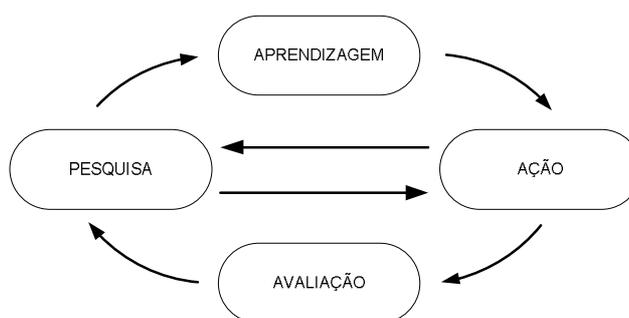


Figura 15 – Relações entre pesquisa, ação, aprendizagem e avaliação

Fonte: (THIOLLENT, 2002, p.59)

3.1.2 Estudo de Caso

Além da pesquisa-ação, o desenvolvimento deste trabalho foi realizado com o estudo de caso de um cenário da indústria de mineração, focando aspectos específicos do mesmo.

O estudo de caso, como método de pesquisa, tem sido amplamente utilizado na pesquisa acadêmica, embora nem sempre seja bem compreendida ou avaliada. É difícil sintetizar o material, visto que não há consenso sobre a natureza dessa estratégia de pesquisa (Roesch, 1999). De acordo com esta autora, existem duas perspectivas que são centrais para caracterizar os estudos de caso como uma estratégia de pesquisa legítima que são:

- a) estudar os fenômenos em profundidade levando-se em conta o contexto, ou seja, a adequação do método para a realização de estudos dos processos;
- b) permitir o estudo dos fenômenos contemporâneos a partir de vários ângulos de observação e análise.

Roesch (1999) afirma que existem estudos de caso cujo objetivo consiste em descrever realizações práticas nas organizações ou, de outro lado, recomendar alterações internas nas organizações. Os estudos de caso podem desempenhar várias funções, tais como: descrever fenômenos; levantar hipóteses; refutar generalizações universais e demonstrar a existência de um fenômeno que necessita ser levado em consideração.

De outro lado, Yin (2001) descreve e defende a contribuição do estudo de caso como forma de pesquisa para a compreensão que um amplo conjunto de fenômenos que vão desde individuais, até os Organizacionais, Sociais e Políticos.

O mesmo autor descreve três críticas para o estudo de caso como metodologia de pesquisa:

- a) falta de rigor do método;
- b) pouca base para se fazer uma generalização científica;
- c) eles demoram muito.

O cenário para estudo de caso considerado no desenvolvimento deste trabalho, em complementação à pesquisa-ação realizada em outros cenários da indústria de mineração, foi o da mineração de carvão, com o foco de análise voltado para a pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a obtenção de novos produtos.

3.2 Método de trabalho

O Método de Trabalho deste estudo visa à integração gradativa dos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas com os conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção pela inovação na forma de gestão das empresas de mineração.

A hierarquia metodológica do Método de Trabalho é representada na Figura 16.

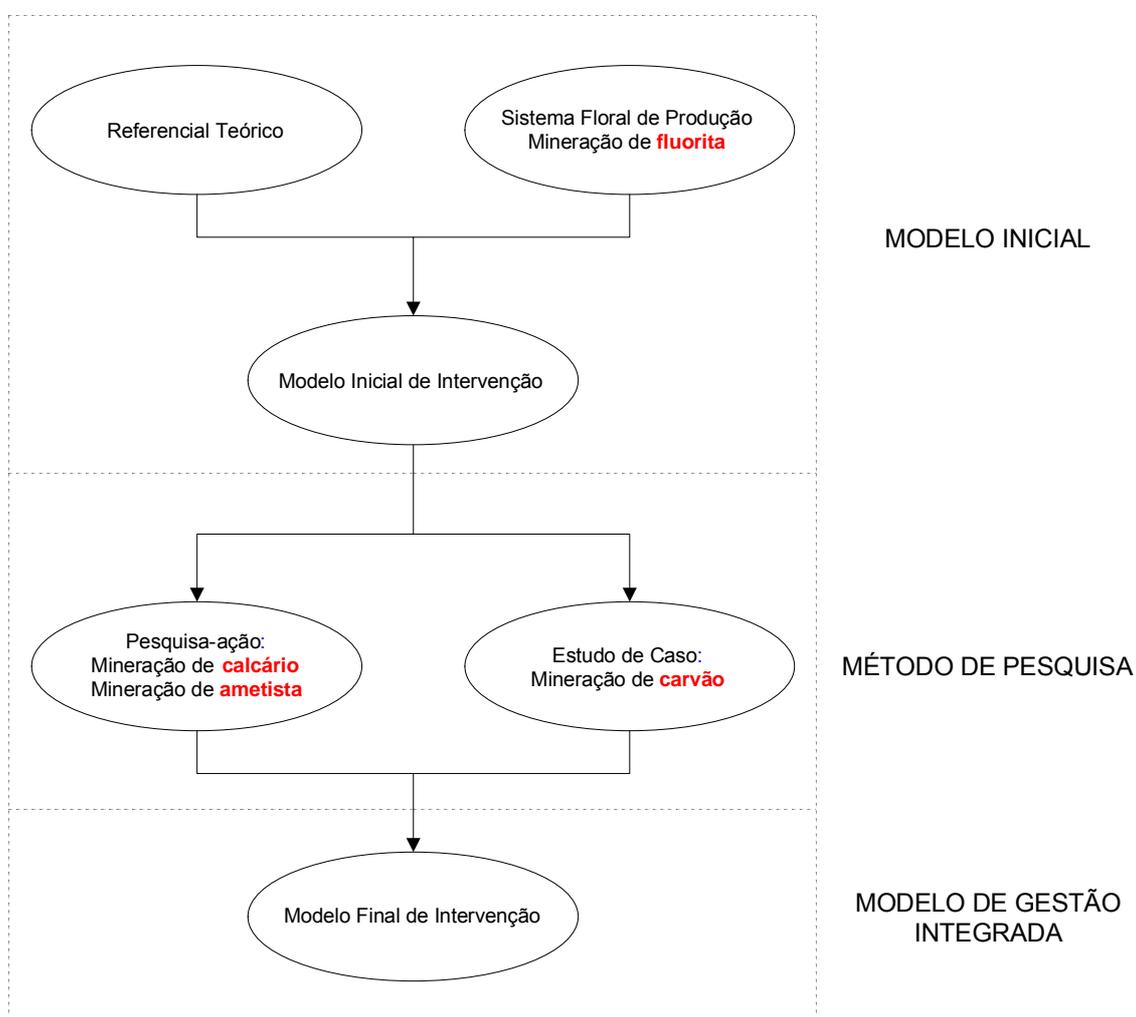


Figura 16 – Hierarquia metodológica do Método de Trabalho

Este estudo inicia-se a partir de um Modelo Inicial, que se constitui no Modelo Inicial de Intervenção e tem como suporte um Referencial Teórico e o Sistema Floral de Produção – SFP, desenvolvido na mineração de fluorita.

O Referencial Teórico compreende os conceitos, técnicas e ferramentas de duas metodologias de gestão da Engenharia de Produção: *a)* o Sistema Toyota de Produção, também conhecido como Sistema de Produção Enxuta e *b)* a Teoria das Restrições.

O Sistema Floral de Produção é resultado da experiência vivenciada pelo autor desta tese na Mineração Floral Ltda. no período de 1997 a 1998, com vistas a implantação de conceitos, técnicas e ferramentas do STP na empresa. Este sistema foi desenvolvido no cenário da mineração de fluorita e deu origem à dissertação de Mestrado intitulada “O Sistema Toyota de Produção e a indústria de mineração: uma experiência de gestão da produtividade e da qualidade nas minas de fluorita do Estado de Santa Catarina” (KLIPPEL, 1999b).

No SFP os conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção são integradas com vistas à obtenção de melhores resultados organizacionais.

A partir do Modelo Inicial de Intervenção, foram selecionados dois Métodos de Pesquisa com vistas à proposição de um Modelo Final de Intervenção: *a)* a pesquisa-ação para o desenvolvimento deste trabalho nos cenários de duas empresas de mineração, sendo uma empresa de mineração de calcário e outra de mineração de ametista e *b)* o estudo de caso para o desenvolvimento deste trabalho no cenário de uma empresa de mineração de carvão.

A escolha da pesquisa-ação como Método de Pesquisa se justifica pelo fato deste trabalho ser suportado por uma abordagem teórica-prática: ao conhecimento teórico soma-se o conhecimento prático e vivencial dos colaboradores das empresas de mineração dos cenários selecionados. A aplicação da pesquisa-ação ocorreu no período de 2004 a 2005.

O estudo de caso teve como foco a discussão crítica sobre o desenvolvimento de novos produtos, tendo ocorrido em 2006.

A aplicação do Modelo Inicial de Intervenção nos cenários da indústria de mineração selecionados, através dos Métodos de Pesquisa, resulta na proposição de um Modelo Final de Intervenção denominado Modelo de Gestão Integrada. O Método de Trabalho é representado na Figura 17, constituindo-se dos seguintes passos básicos:

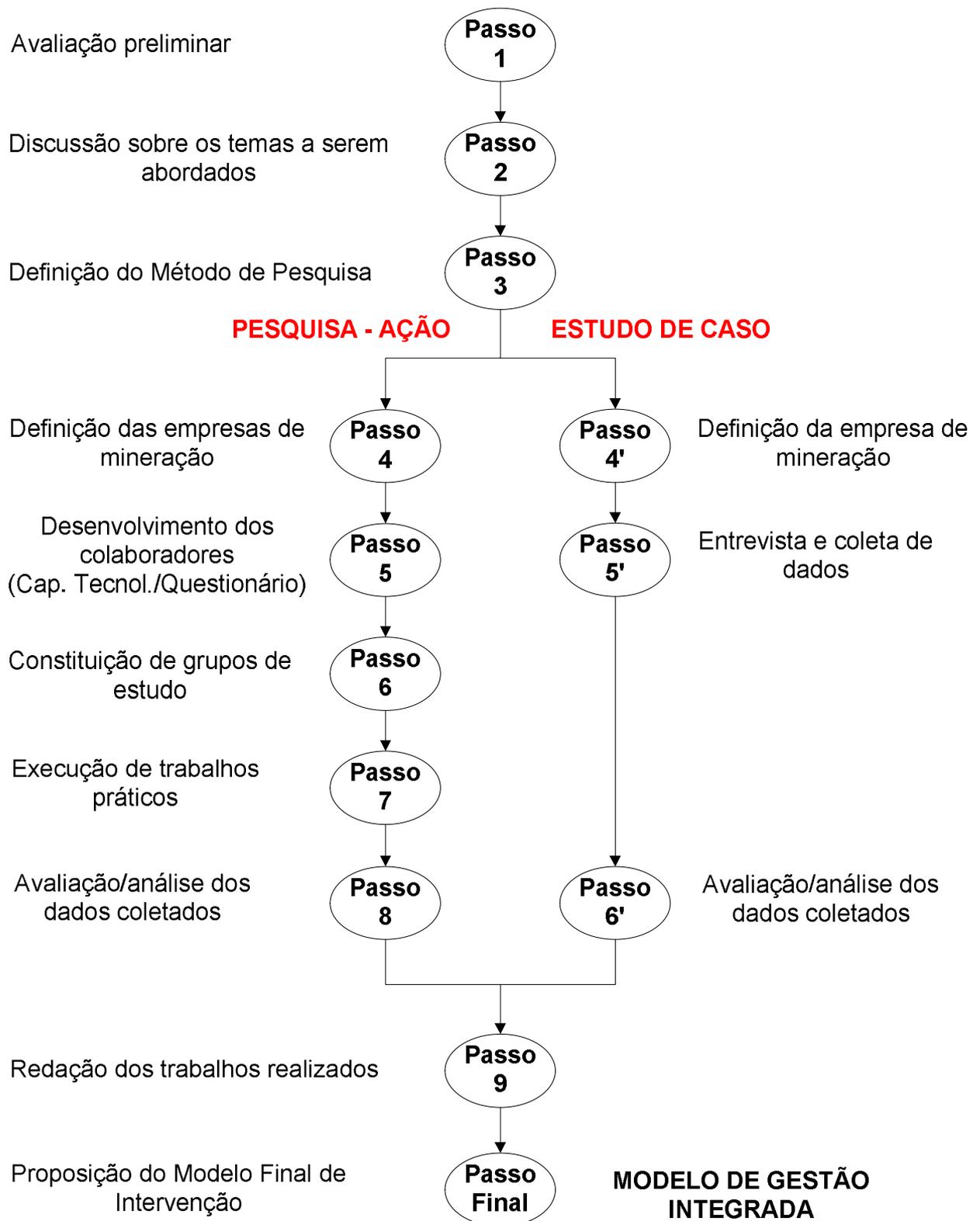


Figura 17 – Método de Trabalho

Passo 1: Avaliação preliminar sobre a aplicabilidade do Modelo Inicial de Intervenção de forma ampla na indústria de mineração. Considerando-se os resultados obtidos durante a implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção na mineração de fluorita e a experiência profissional do autor desta tese na lavra e beneficiamento de outros minérios, foi avaliada a possibilidade de implantar esta metodologia de gestão de forma ampla na indústria de mineração.

Passo 2: Definição dos temas iniciais a serem abordados com vistas à integração dos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção para a proposição de um modelo de gestão para a indústria de mineração. Esta integração visa a maior utilização dos recursos disponíveis nas empresas de mineração para a obtenção de melhores resultados econômico-financeiros.

Passo 3: Definição do Método de Pesquisa. O método de pesquisa-ação foi selecionado devido ao fato de ter sido utilizado no Modelo Inicial de Intervenção e devido a sua abordagem teórica-prática, que propicia a integração do conhecimento assimilado em salas de aula com o conhecimento tácito dos participantes. O estudo de caso como Método de Pesquisa foi selecionado para a coleta de dados e informações em uma empresa de mineração sem provocar mudanças ou interferência na realidade da mesma.

A partir do Passo 3 o Método de Trabalho contempla passos distintos de acordo com o Método de Pesquisa selecionado.

Com a utilização da pesquisa-ação como Método de Pesquisa, o Método de Trabalho, a partir do Passo 3, é constituído dos seguintes passos básicos:

Passo 4: Definição das empresas de mineração que se constituíram nos cenários de estudo para o desenvolvimento deste trabalho, transformando estas empresas em laboratórios de estudo e aprendizagem. A implantação de forma ampla na indústria de mineração deve contemplar os diferentes métodos de lavra utilizados, tendo-se selecionado uma empresa de mineração cujo minério é extraído a céu aberto (mineração de calcário) e outra cujo minério é extraído do subsolo (mineração de ametista).

Passo 5: Desenvolvimento dos colaboradores das empresas de mineração selecionadas para a agregação de conhecimentos, visando adaptar conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção à realidade de cada empresa. Esta ação possibilita a construção de soluções específicas com a realização de melhorias incrementais e a evolução contínua das

mesmas. Este passo foi realizado através de processos de capacitação tecnológica, com a transferência de conceitos teóricos e a apresentação e discussão dos dados obtidos no SFP. No cenário da mineração de ametista foi realizado um questionário junto aos trabalhadores para o entendimento da realidade desta atividade mineral.

Passo 6: Constituição de grupos de estudo com vistas à realização de trabalhos práticos de implantação dos conceitos teóricos adquiridos no Passo 5 à realidade de cada empresa de mineração.

Passo 7: Execução de trabalhos práticos pelos grupos de estudo constituídos no Passo 6 com o objetivo de implantar os conceitos teóricos assimilados em sala de aula à realidade de cada empresa de mineração, através da realização de melhorias.

Passo 8: Avaliação dos dados coletados no Passo 7, feito conjuntamente com o autor deste estudo e os colaboradores envolvidos. Neste passo foram analisados os resultados obtidos e o aprendizado adquirido em cada empresa de mineração selecionada, com o objetivo de sedimentar as melhorias realizadas, com vistas à construção de um modelo de gestão para a indústria de mineração.

Com o estudo de caso como Método de Pesquisa, o Método de Trabalho, a partir do Passo 3, é constituído dos seguintes passos básicos:

Passo 4': Definição da empresa de mineração para a realização do estudo de caso. Foi selecionada uma empresa de mineração de carvão que desenvolveu produtos relacionados com o controle ambiental. Esta decisão levou em consideração o fato de que é possível realizar a atividade de mineração sem descuidar das questões relacionadas com o controle do meio ambiente.

Passo 5': Entrevista e coleta de dados: Foi realizada entrevista com a responsável pelo laboratório químico da empresa selecionada, coletando-se informações a respeito do desenvolvimento de novos produtos na empresa.

Passo 6': Análise dos dados e da documentação coletados, com vistas à construção de um modelo de gestão para a indústria de mineração.

Após o Passo 8 do Método de Trabalho que utiliza a pesquisa-ação como Método de Pesquisa e do Passo 6' do Método de Trabalho que utiliza como Método de Pesquisa o estudo de caso, ocorre o seguinte passo:

Passo 9: A partir da análise dos dados e da documentação coletados foi desenvolvida a redação dos trabalhos realizados com vistas à proposição do Modelo Final de Intervenção.

Passo Final: Proposição de um Modelo Final de Intervenção, denominado Modelo de Gestão Integrada, para utilização ampla na indústria de mineração, desenvolvido com base nas coletas de dados, observações e avaliações críticas realizadas nos passos anteriores do Método de Trabalho.

CAPÍTULO 4

4. MODELO INICIAL DE INTERVENÇÃO

O Modelo Inicial de Intervenção apresentado na Figura 16 integra a tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas e a tecnologia de gestão da Engenharia de Produção, a partir de um Referencial Teórico e do Sistema Floral de Produção – SFP.

O Referencial Teórico compreende os conceitos, técnicas e ferramentas do STP e da TOC, duas metodologias de gestão da Engenharia de Produção, discutidas no item 2.4 deste trabalho.

O SFP está relacionado com a implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas do STP na Mineração Floral Ltda., localizada no Estado de Santa Catarina, no período de 1997 a 1998.

Neste período, a empresa de mineração analisada, posteriormente incorporada pela Companhia Nitroquímica (Votorantim), constituiu-se em um laboratório de experimentos em termos da implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas do STP e da TOC na indústria de mineração.

4.1 O processo de produção de fluorita

A indústria de mineração é uma atividade em desenvolvimento constante, que utiliza equipamentos que podem ser desde artesanais – no caso de garimpos – até equipamentos de última geração, que acompanham o desenvolvimento tecnológico.

Os métodos de lavra, por outro lado, são função principalmente das características de gênese da jazida e de seu minério, sendo de domínio público e constando detalhadamente da bibliografia universal especializada.

As jazidas minerais podem ser lavradas a céu aberto ou através de lavra subterrânea. Estes métodos diferenciam-se entre si, mas, sob determinadas condições de jazimento, eles são considerados “clássicos” por não apresentarem grandes alterações.

As minas de fluorita localizadas no Estado de Santa Catarina, objeto dos estudos para implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas do STP dando origem ao SFP, são mineradas pelo método de lavra subterrânea denominado *shrinkage stoping*.

4.1.1 Método de Lavra

De acordo com este método de lavra, o acesso ao corpo de minério é feito através de um poço vertical utilizado para transporte de pessoal e equipamentos bem como para escoamento de minério para a superfície.

A cada cinquenta (50) metros de profundidade são desenvolvidas galerias horizontais que acompanham a direção do filão¹⁷ de fluorita. Estas galerias constituem-se nos níveis de exploração, nas quais ocorre o trânsito de pessoal e dos comboios¹⁸ de escoamento de minério e onde estão instaladas as redes de ar comprimido, água e energia elétrica. Elas são utilizadas, também, para a circulação da ventilação no subsolo.

Após o desenvolvimento da galeria horizontal, a cada oitenta (80) metros, é preparado um bloco de lavra que se constitui em uma unidade de desmonte de minério, individualizado por duas chaminés¹⁹.

A Figura 18 mostra esquematicamente, em seção vertical, o desenvolvimento de uma mina que utiliza o método de lavra *shrinkage stoping*.

¹⁷ Filão: corpo de minério alongado, resultante de processo de mineralização em fraturas geológicas de uma rocha.

¹⁸ Comboio: conjunto de vagonetas tracionadas por uma locomotiva que transportam o minério das frentes de lavra para o poço de extração.

¹⁹ Chaminés: aberturas verticais desenvolvida entre dois níveis de lavra e que delimitam um bloco de lavra. Elas são utilizadas para acesso ao interior dos blocos de lavra e para ventilação.

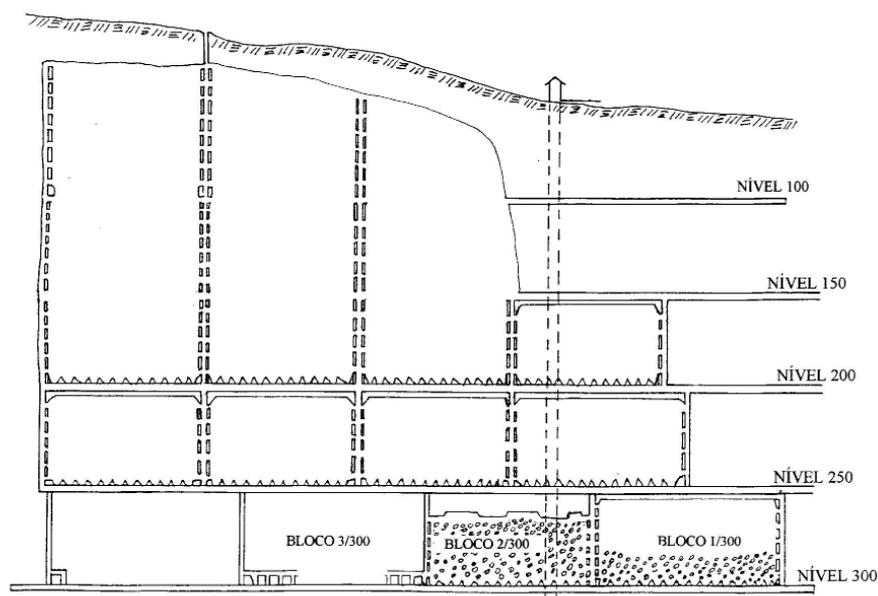


Figura 18 – Corte longitudinal de uma mina de fluorita

Fonte: (KLIPPEL, 1999b)

Na Figura 19 está representado em detalhe um bloco de lavra. No nível em atividade, entre as chaminés, é feita uma abertura a cada seis (6) metros denominada de chute²⁰, na qual é instalado um dispositivo metálico com comporta, destinado a controlar o escoamento do minério desmontado²¹ do bloco para enchimento das vagonetas do comboio.

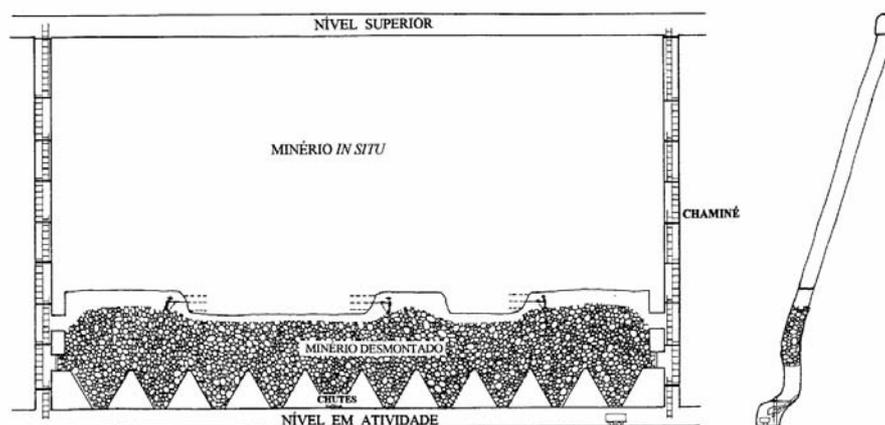


Figura 19 – Bloco de lavra

Fonte: (KLIPPEL, 1999b)

²⁰ Chute: ligação entre o bloco de lavra e a galeria de escoamento de minério. Através do mesmo o minério é transferido do interior do bloco de lavra para as vagonetas para ser transportado para o poço de extração.

²¹ Minério desmontado: minério fragmentado após a detonação dos explosivos.

Ao se aproximar do nível superior, o desmonte de minério é finalizado, mantendo-se um pilar de minério *in situ* entre a face do desmonte e o nível superior com cerca de dois (2) metros de espessura. Este minério forma o piso do nível de exploração superior e delimita o bloco de lavra em desmonte na sua parte superior.

Ao concluir o desmonte de minério no bloco de lavra, ou seja, do minério existente entre as duas chaminés e entre o pilar do nível em atividade e o pilar superior, o minério estocado no mesmo, corresponde a 70% do volume do minério *in situ*. Este minério fica disponível para produção e escoamento para a superfície a partir do momento em que não há mais necessidade de mantê-lo como piso para circulação de pessoal.

A produção é composta pelo escoamento do minério proveniente do empolamento dos blocos de lavra em desmonte e pelo escoamento do minério proveniente dos blocos de lavra disponíveis, acrescida do minério resultante do avanço das galerias que deve ser escoado imediatamente após cada detonação para possibilitar o desenvolvimento das mesmas.

Do ponto de vista do STP, deve-se produzir somente o necessário, nas quantidades necessárias e nos prazos necessários, eliminando-se todas as formas de estoques, sejam eles de matéria-prima, de produtos em fabricação ou de produtos acabados.

A adaptação da atividade de mineração acima descrita ao STP não é total pela necessidade de se manter em estoque, no subsolo, 70% do minério desmontado nos blocos de lavra, pela própria característica do método de lavra *shrinkage stoping*.

O escoamento de minério do subsolo, feito nas galerias de nível por comboios tracionados por locomotiva a diesel nos níveis de extração e no sentido vertical por um guincho²² no poço de extração, deve ser tanto quanto possível sincronizado para minimizar perdas.

O STP busca a eliminação de todos os tipos de perdas que ocorrem no processo de produção. A sua aplicação na mineração de fluorita conduz, necessariamente, à busca das mesmas em todas as atividades de subsolo.

Uma das principais características observadas na indústria de mineração é a variação do teor do minério bruto em função da gênese da jazida mineral. Esta variação ocasiona mudanças freqüentes nas características geológicas do minério em exploração bem como nas condições de lavra e beneficiamento mineral, não assegurando, dessa forma, a qualidade da matéria-prima.

²² Guincho: equipamento para escoamento vertical de minério e acesso de pessoal ao subsolo da mina.

Durante o desenvolvimento das galerias de subsolo e dos blocos de lavra na mineração de fluorita ocorre a alteração das condições físico-químicas do filão, representadas pela variação dos teores do minério: o filão passa de uma condição favorável, com grande possança e alto teor, para uma condição desfavorável de ausência de minério e vice-versa, em poucos metros. Esta alteração ocorre tanto no sentido horizontal como no sentido vertical.

Devido ao planejamento da lavra, esta alteração não pode ser desconsiderada. Há a necessidade de se desenvolver galerias em trechos de ausência ou baixo teor de minério no filão para se atingir trechos mais favoráveis indicados pela pesquisa mineral feita através de furos de sonda.

Na Figura 20 observa-se a variação do filão. No lado esquerdo, numa condição favorável, o filão apresenta uma possança²³ de 4,5 metros, fazendo com que a galeria em desenvolvimento seja larga para abranger toda a espessura do filão, havendo pouca produção de material estéril. No lado direito, numa condição inversa, o filão está reduzido a poucos centímetros, ocasionando a produção de material estéril pela exigência mínima de uma largura de 2,20 metros da galeria em desenvolvimento para circulação de pessoal e comboios de vagonetas.

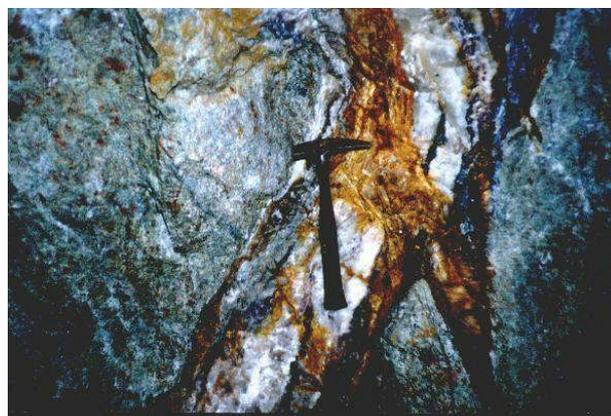
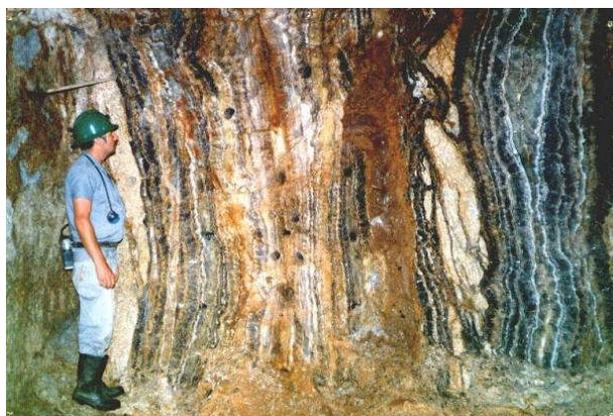


Figura 20 – Filão nas galerias N150/S (4,50 m) e N300S (25 cm)

Fonte: (KLIPPEL, 1999b)

²³ Possança: espessura do filão de minério.

4.1.2 Método de Beneficiamento Mineral

Da mesma forma que os métodos de lavra, os métodos de beneficiamento mineral são consagrados para cada tipo de minério, com tecnologia bem conhecida, constando, também, da bibliografia especializada.

O beneficiamento da fluorita é feito pela cominuição²⁴, classificação granulométrica e lavagem nas instalações de Preparação, seguido pela separação densimétrica através do processo de meio denso realizado nas instalações de Concentração e concluído com a separação físico-química pelo processo de Flotação e posterior Secagem. No Apêndice B está representado o fluxograma geral do beneficiamento mineral realizado na mineração de fluorita²⁵ considerado no SFP.

Os produtos comercializados nesta mineração são:

- a) fluorita grau metalúrgico, produzida na etapa de concentração do minério;
- b) fluorita grau ácido, produzida na etapa de flotação do minério;
- c) brita, obtido na etapa de concentração de minério.

4.2 A produção enxuta na mineração de fluorita

Preocupada com a possibilidade de importação de fluorita em função do fenômeno da globalização – fato que se concretizou posteriormente – a empresa objeto de estudos iniciou, a partir do segundo semestre de 1997, um processo de mudanças com o objetivo de assegurar a sua sobrevivência, iniciando a construção do SFP.

Os agentes motivadores deste processo de mudanças foram a queda das barreiras alfandegárias e a redução dos preços praticados pela estiva nos portos brasileiros, fruto de sua parcial privatização, e que até então se constituiu em uma barreira para a entrada de minério de fluorita no país.

²⁴ Cominuição: redução granulométrica do minério.

²⁵ Os teores indicados no Anexo II correspondem aos valores médios obtidos durante o ano de 1998. As diversas etapas deste beneficiamento mineral estão detalhadas em Klippel (1999b).

Esta empresa se tornou, a partir do primeiro semestre de 1999, no único produtor de fluorita de porte no país, sendo que sua capacidade de produção não atendia as necessidades de sua demanda.

Neste cenário, um processo de mudanças para implementação de melhorias deve atuar prioritariamente na eficiência da organização, buscando a melhor utilização de seus recursos e a conseqüente redução de seus custos de produção e o aumento dos ganhos.

O esquema básico para este processo de mudanças, apresentado na Figura 21, foi desenvolvido a partir da formulação de três perguntas²⁶: a) “O que mudar?” correspondendo ao cenário inicial da empresa no segundo semestre de 1997; b) “Para o que mudar?” correspondendo à estrutura de mudanças para a implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas do STP nesta empresa e c) “Como realizar a mudança?” correspondendo ao método de mudanças proposto.

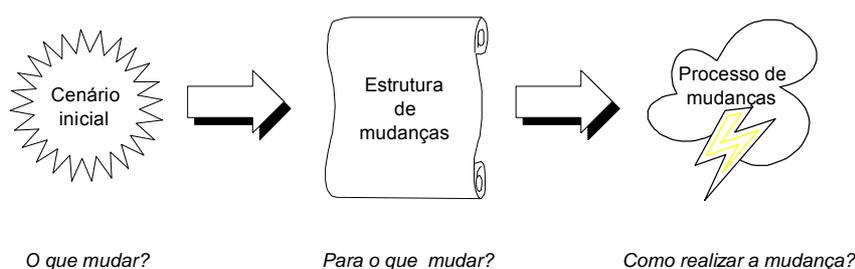


Figura 21 – Esquema básico de mudanças do Sistema Floral de Produção

Fonte: (KLIPPEL, 1999b, p.89)

4.2.1 A Estrutura de Mudanças

Em Klippel (1999b) é sugerida uma estrutura de mudanças para a gestão da empresa com vistas à implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas do STP na indústria de mineração de fluorita, apresentada no Apêndice C.

Esta estrutura de mudanças tem como pilares de sustentação as Atividades de Melhorias Promovidas por Pequenos Grupos – APGs e o Clima Organizacional, possibilitando que novos conhecimentos sejam incorporados à cultura da empresa de forma permanente.

²⁶ Estas três perguntas constituem o Processo de Pensamento da Teoria das Restrições (TOC), comentado no item 2.4.3.2 deste trabalho.

Para assegurar que estes novos conhecimentos sejam, efetivamente, adquiridos pelos colaboradores, constituiu-se na empresa um grupo multidisciplinar, denominado Equipe de Melhorias, que se tornou uma APG de caráter permanente.

Quando alguma área específica do processo de produção era objeto de estudos para a implantação de melhorias, esta equipe devia se assessorar de funcionários desta área, com mais conhecimento e experiência, formando-se uma APG provisória, denominada Força-Tarefa, que se dissolvia uma vez concluída a implantação de melhorias na área.

Com a constituição de um grupo permanente voltado para melhorias (Equipe de Melhorias) e a constituição de grupos provisórios (Força-Tarefa) o processo de mudanças pode ser implantado com sucesso, tendo em vista que ele se processará com o envolvimento daqueles que o irão executar.

O segundo pilar de sustentação, o Clima Organizacional, deve propiciar a implantação dos novos conhecimentos através da aceitação e participação dos colaboradores da empresa no processo de mudanças, desenvolvendo e incentivando, desta forma, o trabalho em equipe.

Portanto, observa-se que os dois pilares de sustentação da estrutura de mudanças proposta vêm ao encontro do que preconiza a pesquisa-ação e transformaram a empresa em uma organização de aprendizagem.

A pesquisa-ação, segundo Thiollent (1997), propõe a formação de um ambiente participativo no seio da organização, como forma de promover a integração e o envolvimento dos funcionários na busca de soluções para os problemas da organização, o que deve, necessariamente, acontecer em uma organização de aprendizagem.

4.2.2 O Processo de Mudanças

Na formatação da estrutura de mudanças do SFP foram considerados os conceitos desenvolvidos durante a construção do STP, apresentados no item 2.3.2: *a)* o Princípio da Subtração do Custo; *b)* o Mecanismo da Função Produção; *c)* as Perdas nos sistemas produtivos e *d)* o Mecanismo do Pensamento Científico.

A partir destes conceitos e considerando as atividades dos subsistemas de uma organização de aprendizagem foi proposto o Processo de Mudanças apresentado no Apêndice D.

A análise das condições de concorrência possibilitou situar a empresa em relação ao mercado no qual ela estava inserida: em um cenário globalizado como o atual ela deveria se tornar competitiva para assegurar a sua sobrevivência.

Para ser tornar competitiva, a empresa deveria reduzir os seus custos de produção, tornando-se enxuta, condição atingida através da identificação e redução/eliminação das perdas existentes em seus processos, feita de acordo com a lógica do Mecanismo da Função Produção.

O questionamento constante como forma de identificar a real causa de um problema, proposto pelo Mecanismo do Pensamento Científico, e a agregação do conhecimento, que caracteriza uma organização de aprendizagem, são intimamente relacionados: quanto maior for a busca das causas de um problema, maior é a necessidade do conhecimento e quanto maior for o conhecimento, mais facilmente se identificam as causas de um problema.

A análise dos resultados obtidos possibilita verificar a eficiência do planejamento das ações realizadas com vistas a redução dos custos de produção.

A redução dos custos durante o processo de produção através da implantação de melhorias constitui a estratégia do *Custo-Kaizen*. Ao adotar esta estratégia, o SFP se tornou um processo de mudanças dinâmico e contínuo: após a análise dos resultados obtidos, o planejamento de novas ações realimenta o processo para a implantação de novas melhorias que possibilitarão a obtenção de resultados mais favoráveis e assim sucessivamente.

4.2.3 O Mapeamento do Processo Crítico

A identificação das operações que compõem o processo de produção das minas de fluorita localizadas no município de Morro da Fumaça (considerado o processo crítico do SFP) desde a extração do minério *in situ* até a sua transformação em produto vendável e expedição aos clientes da empresa, realizada de acordo com a ótica do Mecanismo da Função Produção, é representada no Apêndice E.

Neste fluxo estão destacadas as atividades relacionadas com os produtos finais do processo: fluorita grau metaúrgico (operação 11), fluorita grau ácido úmida (operação 20) e fluorita grau ácido seca (operação 22).

4.2.4 Análise do Processo Crítico

A partir do mapeamento do processo crítico do SFP, foi possível identificar as perdas existentes no mesmo, bem como o seu gargalo, correspondendo este ao ponto no qual o fluxo de produção é interrompido pela falta de minério.

Como a capacidade de produção das instalações de beneficiamento mineral é superior a capacidade de produção da mina, o monitoramento do processo crítico foi focado nas atividades de subsolo.

Entre as perdas identificadas nas operações de lavra subterrânea, pode-se citar:

- a) *Perdas por processamento em si*: excesso de furos no desmonte dos blocos de lavra;
- b) *Perdas pela fabricação de produtos defeituosos*: plano de fogo mal realizado, não desmontando adequadamente a rocha;
- c) *Perdas por espera de processo*: espera para escoamento do empolamento²⁷ do minério dos blocos de lavra para início dos trabalhos;
- d) *Perdas por estoque*: manutenção de 70% do minério desmontado no interior do bloco de lavra devido ao método de lavra utilizado;
- e) *Perdas de movimento*: busca de equipamentos, materiais, ferramentas em locais distantes do local de trabalho;
- f) *Perdas ergonômicas*: esforço para acesso e trânsito no interior dos blocos de lavra devido a irregularidade do piso (minério desmontado);
- g) *Perdas ambientais*: contaminação da água de subsolo pelo óleo utilizado na lubrificação de perfuratrizes, posteriormente bombeada para a superfície;
- h) *Perdas energéticas*: vazamento nos dutos de ventilação e circuito de ventilação mal dimensionado;

Sequencialmente, as atividades de subsolo na mineração de fluorita se constituem no desmonte de minério nos blocos de lavra através da perfuração, no escoamento horizontal no interior da mina feito por comboio de vagonetas tracionadas por uma locomotiva e no escoamento vertical realizado no poço de extração por um guincho. A análise destas três atividades permitiu constatar

²⁷ Empolamento: aumento de volume devido aos espaços vazios criados entre os fragmentos de rocha após a detonação dos explosivos, correspondendo a um acréscimo de aproximadamente 30% do volume da rocha “*in situ*”.

que as duas últimas apresentaram excessiva perda por espera por falta de vagonetas carregadas de minério, concluindo-se, desta forma, ser a perfuração de minério nos blocos de lavra a operação gargalo (Figura 22).

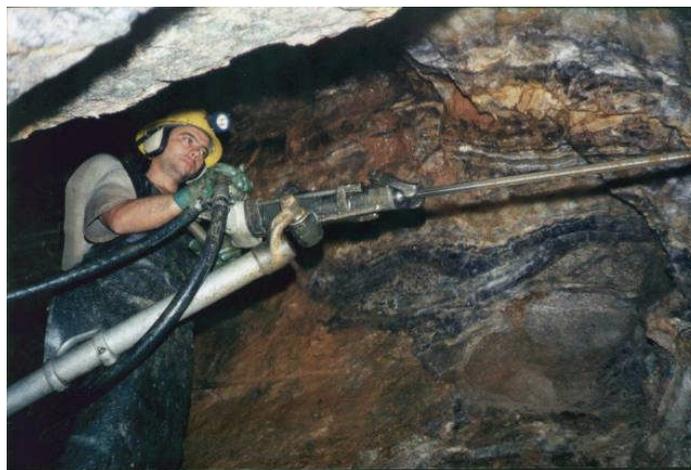


Figura 22 – Operação gargalo: perfuração de minério nos blocos de lavra

A operação gargalo é aquela que limita o processo de produção por ser a atividade de menor desempenho ao longo do mesmo. Ohno (1997) compara a velocidade desta atividade com a velocidade de uma tartaruga, enquanto que as demais atividades são comparadas à velocidade da lebre.

Segundo este autor, “em uma fábrica onde as quantidades necessárias realmente ditam a produção, eu gosto de mostrar que a lenta, porém consistente tartaruga, causa menos desperdício e é muito mais desejável que a rápida lebre, que corre à frente e então pára ocasionalmente para tirar uma soneca. O STP só pode ser realidade quando todos os trabalhadores se tornarem tartarugas (OHNO, 1997, p.78).”

De nada adianta aumentar o ritmo de produção de operações não-gargalo em um processo de produção pois a única consequência será a formação de estoques de produtos intermediários ou de produtos acabados. Para que haja a melhoria do processo é necessário aumentar o ritmo da operação gargalo, uma vez que: “o que os gargalos produzirem em uma hora é o equivalente ao que a fábrica produz em uma hora. Então ... uma hora perdida em um gargalo é uma hora perdida em todo o sistema.” (GOLDRATT, 2003, p.170).

Identificada a operação gargalo, foi realizado o acompanhamento das atividades em um bloco de lavra durante 15 dias, com o registro dos dados e dos fatos, sem se efetuar qualquer tipo de interferência. A Figura 23 é o resultado deste acompanhamento no Bloco 4/100 da Mina IV (KLIPPEL, 1999b).

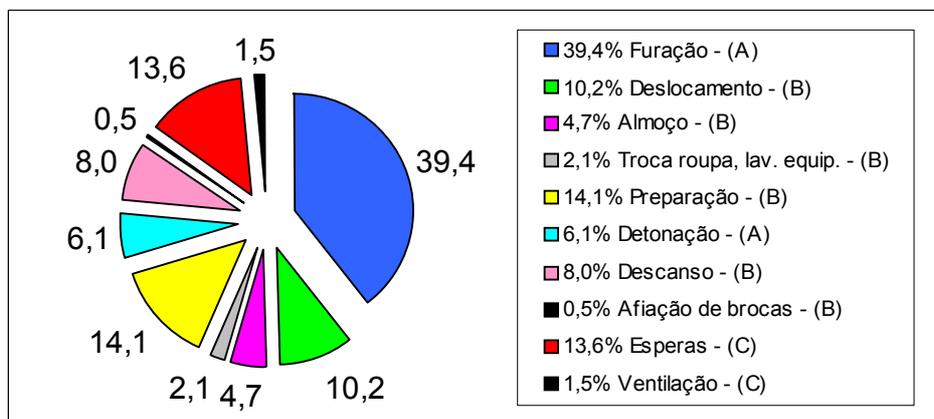


Figura 23 – Dados coletados no Bloco 4/100 da Mina IV – 1ª medição

Fonte: (KLIPPEL, 1999b, p.115)

Conforme se constata, no desmonte dos blocos de lavra, a atividade de perfuração constituiu-se na operação gargalo. Isto se deveu ao fato de que, além de realizar a operação que realmente agrega valor – a perfuração – o operador de perfuratriz realizava a afiação das brocas, a busca de explosivos e acessórios para detonação e a instalação das mangueiras de água e ar comprimido.

Adotando o Mecanismo do Pensamento Científico, conforme preconiza a pesquisa-ação, foram formuladas e avaliadas diversas idéias em conjunto com os operadores de perfuratriz. A mais significativa foi a de se constituir equipes de operadores de perfuratriz para a execução das operações essenciais, passando-se a executar a perfuração não mais de forma individual, mas com uma equipe de três operadores de perfuratriz. Enquanto dois executam a perfuração, o terceiro, denominado apoiador, realiza todas as demais tarefas de apoio, possibilitando, desta maneira, que o tempo de perfuração, ou seja, de agregação de valor, se torne maior do que na situação anterior. Considerando o fato de que a função do apoiador é cansativa pela necessidade de subir e descer do bloco de lavra diversas vezes por turno, foi instituído um rodízio, a cada dois dias, entre os membros da equipe.

Além desta, outras melhorias²⁸ foram discutidas e analisadas com os operadores de perfuratriz durante 18 meses, sendo realizadas novas medições após a implantação das mesmas,

²⁸ Estas melhorias estão descritas em Klippel (1999b).

cujos resultados são apresentados na Tabela 3. As diversas operações foram classificadas em essenciais (A), auxiliares (B) e perdas (C), de acordo com a classificação das operações proposta por Shingo.

Tabela 3 – Tempo de execução das operações no bloco de lavra (%)

Fonte:(KLIPPEL, 1999b, p.122)

Operações	Tipo	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	4ª Medição	Variação final
Furação	A	39,4	59,8	53,7	46,1	6,7
Orientação	B			0,5	1,3	1,3
Deslocamento	B	10,2	7,8	9,8	9,0	-1,2
Almoço	B	4,7	4,8	5,0	4,5	-0,2
Troca roupa, lavagem equip.	B	2,1	2,4	1,3	3,8	1,7
Preparação	B	14,1	15,4	21,0	25,7	11,6
Detonação	A	6,1	0,9	3,0	2,8	-3,3
Descanso	B	8,0	3,1	1,2	0,3	-7,7
Afiação de brocas	B	0,5				-0,5
Esperas	C	13,6	5,2	4,5	6,5	-7,1
Ventilação	C	1,5	0,6			-1,5

Na Tabela 4 estão registrados os tempos de execução das operações. Ao analisá-la, observa-se que as operações essenciais (A) e as auxiliares (B) tiveram ao longo do tempo variação percentual positiva (aumento de tempo) e negativa (redução de tempo).

Tabela 4 – Tempo de execução das operações segundo classificação de Shingo (%)

Fonte: (KLIPPEL, 1999b, p.122)

Tipo de operação	1ª Medição	2ª Medição	3ª Medição	4ª Medição	Variação final
Essencial (A)	45,5	60,7	56,7	48,9	3,4
Auxiliar (B)	39,4	33,5	38,8	44,6	5,2
Perdas (C)	15,1	5,8	4,5	6,5	-8,6

Este fato se explica pelo relacionamento existente entre estas operações: por exemplo, uma das melhorias realizada foi a redução do número de furos executados em cada frente de perfuração, passando de 11 para 7 unidades. Isto significou a redução do tempo da atividade essencial de perfuração, mas ao mesmo tempo significou o aumento da atividade auxiliar de preparação, pela necessidade de se preparar uma maior quantidade de locais para perfuração.

As perdas (C) tiveram variação negativa entre a 1ª e a 3ª medição, que vem a ser o objetivo da implantação de melhorias. Entre a 3ª e a 4ª medição houve um acréscimo do tempo de perdas

porque o acesso ao bloco de lavra do nível 250 passou a ser feito pelo nível 200, aumentando um nível de parada no transporte vertical e, portanto, o tempo de espera.

4.2.5 Análise dos resultados obtidos

Em função da baixa qualificação do pessoal de nível operacional na empresa, fez-se necessário, para a agregação do conhecimento com vistas à implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas do STP, que a mesma se tornasse uma organização de aprendizagem.

O objetivo desejado foi a execução das tarefas com pleno conhecimento e domínio, após uma análise prévia sobre a melhor maneira de executá-las. É o caso da atividade de perfuração. Antes de simplesmente iniciar a execução dos furos, deseja-se que o operador de perfuratriz faça uma análise da situação, minimizando a quantidade de furos a executar, de tal forma a tornar o seu trabalho mais fácil, com menor custo, porém com a mesma ou maior eficiência. Para isto é necessária informação: com ela o funcionário adquire maior conhecimento e reduz as perdas na sua atividade. De acordo com a função exercida, a empresa passou a exigir um nível de escolaridade mínimo, auxiliando os mesmos para que atingissem a escolaridade requerida.

Os resultados obtidos com a integração dos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e Engenharia de Produção na mineração de fluorita correspondem a uma redução de 18,90% das despesas realizadas em relação aos produtos obtidos (US\$/ton) no período de 1996 a 1998.

Esta variação percentual dos gastos totais de produção em relação aos produtos finais obtidos (fluorita grau ácido úmido e fluorita grau metalúrgico) tem como parâmetro de referência o valor médio do ano de 1996, no qual não houve influência do processo de mudanças posto em prática a partir do segundo semestre do ano de 1997. Os dados foram coletados até o final de 1998.

No SFP não foram realizados estudos tendo como base a Gestão dos Postos de Trabalho – GPT, fato ocorrido na mineração de calcário que se constitui em um dos cenários utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho.

CAPÍTULO 5

5. APLICAÇÃO DO MODELO INICIAL DE INTERVENÇÃO

O Modelo Inicial de Intervenção, conforme a hierarquia metodológica do Método de Trabalho, corresponde à integração do Referencial Teórico e do Sistema Floral de Produção, constituindo-se no Modelo Inicial para aplicação em diferentes cenários da indústria de mineração para o desenvolvimento deste estudo.

Três foram os cenários selecionados: a) a mineração de mármore dolomítico (calcário), que utiliza o método de lavra a céu aberto, em bancadas; b) a mineração de ametista, desenvolvida em lavra subterrânea com acesso feito por galerias de encosta e c) a mineração de carvão, desenvolvida em lavra subterrânea, com acesso feito ao subsolo através de um plano inclinado e um poço vertical.

A utilização plena dos recursos existentes pode possibilitar à indústria de mineração a sua sobrevivência em um ambiente globalizado e fortemente competitivo.

5.1 Mineração de calcário

Considerando a importância do mármore dolomítico (calcário) para o setor agrícola e, ainda, a ocorrência de jazidas deste minério no Estado do Rio Grande do Sul, este foi um dos cenários selecionado para este estudo. A empresa de mineração analisada foi a Mineração Mônego Ltda.,

produtora deste minério e localizada na região centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, no município de Caçapava do Sul.

A partir do minério bruto, explorado a céu aberto, são obtidos vários produtos nas instalações de beneficiamento, destacando-se o calcário dolomítico para uso na correção²⁹ da acidez dos solos.

Varela (2007) afirma que “as reservas medidas de calcário do Estado do Rio Grande do Sul (RS) são de 153,5 milhões de toneladas, embora se encontre registros como, por exemplo, o desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil (1974 e 1975) no Distrito de Apertados (Bagé-RS), quantificando 431,6 milhões de toneladas deste minério. Atualmente a produção gaúcha de calcário supera 3 milhões de toneladas, representando a 5^a maior produção nacional”. (VARELA, 2007, p. 3)

5.1.1 A empresa de mineração

A Mineração Mônego Ltda. tem capacidade para produzir anualmente 720.000 toneladas de mármore dolomítico. Além da sede, localizada no município de Caçapava do Sul, a empresa possui outras unidades de produção e distribuição no Estado do Rio Grande do Sul.

5.1.2 Características geológicas

A geologia da região de Caçapava do Sul, onde se localizam as principais instalações da empresa foi mapeada por Ribeiro (1970). De acordo com este mapeamento, as rochas predominantes na região são dadas como pré-gondwânicas e englobadas no que Carvalho (1932) denominou de Escudo Sul Riograndense.

Ainda conforme Ribeiro (1970), as litologias encontradas nas rochas carbonatadas podem ser definidas como mármore calcítico-dolomíticos. Os mármore mais puros formam bancos de 6 a 10

²⁹ A correção da acidez é realizada através da alteração do pH dos solos. pH Significa o potencial de hidrogênio do solo. Quanto maior for o pH do solo, até um valor 6 ou 7, mais fácil será a germinação das sementes porque as raízes, com este pH, retiram do solo o máximo em macro e micro nutrientes, que vem a ser os elementos como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, cobre, boro, manganês e molibdênio. Estes elementos são as “vitaminas” que alimentam as raízes e proporcionam fartas colheitas. Fonte: SINDICALC (<http://www.sindicalc.com.br>), capturado em 23/01/2006.

metros de espessura, os quais, quando marmorizados, se apresentam maciços. Os mármore são de composição calcítico-dolomítica com silicatos associados.

5.1.3 O processo de produção de calcário

Nesta empresa o principal produto é o mármore dolomítico (calcário) para correção da acidez dos solos, cujo fluxo de produção é apresentado na seqüência a partir da obtenção da matéria-prima na mina até a sua transformação final nas instalações de beneficiamento mineral.

5.1.3.1 Método de lavra

As jazidas de rocha calcária pertencentes à empresa são exploradas a céu aberto pelo método de bancadas descendentes, como mostrados na Figura 24.



Figura 24 – Frentes de lavra na mineração de calcário

Com a utilização de um trator, realiza-se o decapeamento, que consiste na retirada da camada superficial de solo e estéril que se sobrepõe à rocha, observando-se que a espessura desta camada varia de alguns centímetros a vários metros.

A primeira etapa do decapeamento, realizada com até um ano de antecedência, compreende a remoção e o transplante de espécies nativas existentes na área a ser decapeada para áreas mineradas já recuperadas.

Posteriormente, com o uso da escavadeira hidráulica e caminhões, realiza-se a remoção e o transporte do solo vegetal que pode ser destinado a: a) locais que estão sofrendo um processo de reconstituição da vegetação, tais como taludes e pátios e b) para depósito em local pré-determinado para posterior aproveitamento.

Uma vez removido o solo vegetal, quando existir, inicia-se a remoção do material estéril que recobre a rocha com a escavadeira hidráulica, descobrindo-se a mesma. Este material é carregado pela pá-carregadeira e transportado por caminhões, depositado em locais de bota-fora ou pontas de aterro, afastados das áreas de lavra, controlados para evitar processos de erosão ou deslizamento.

O processo de lavra propriamente dito se inicia pela demarcação e realização de furos para utilização de explosivos, previamente dispostos de acordo com um plano de fogo anteriormente elaborado.

Na atividade de perfuração é utilizada a carreta de perfuração, acionada por ar comprimido, sendo realizados furos com diâmetro de 64 a 76 mm e inclinação em torno de 15°, com comprimento variável de acordo com a altura da bancada a ser detonada. Uma das carretas de perfuração é mostrada na Figura 25.



Figura 25 – Carreta de perfuração

Além da perfuração principal, é feita uma perfuração secundária em matacões ou repés³⁰ gerados na detonação inicial com um martetele pneumático manual acionado por um compressor a ar comprimido, evitando-se o envio, para as instalações de beneficiamento, de fragmentos de rocha não compatíveis com a abertura do britador primário.

³⁰ Repés: parte inferior da bancada da lavra a céu aberto não desagregada pela ação dos explosivos e que deve ser novamente perfurada, carregada com explosivo e detonada.

Os furos inclinados são dispostos de forma alternada (denominada “pé de galinha”), com a altura da bancada (H) variando, normalmente, de 8,00 a 13,00 metros; o afastamento (V) variando de 1,70 a 2,00 metros e o espaçamento (E) variando de 3,70 a 4,00 metros. O comprimento dos furos (L) é calculado pela fórmula $L = H + 0,3 V$. O tamponamento é feito com material inerte (brita, pó de perfuração) com comprimento de 1,60 a 2,50 m.

De acordo com o plano de fogo básico, na detonação são utilizados cordel detonante e espoletopim, sendo feita a ligação dos furos em forma de “V” ou em cunha, intercalados com retardos de 20 milissegundos. O início da detonação é feito através de um espoletopim unido ao cordel detonante. Em média, é realizada uma detonação a cada dois dias. A Figura 26 mostra o esquema de perfuração de uma frente de lavra.

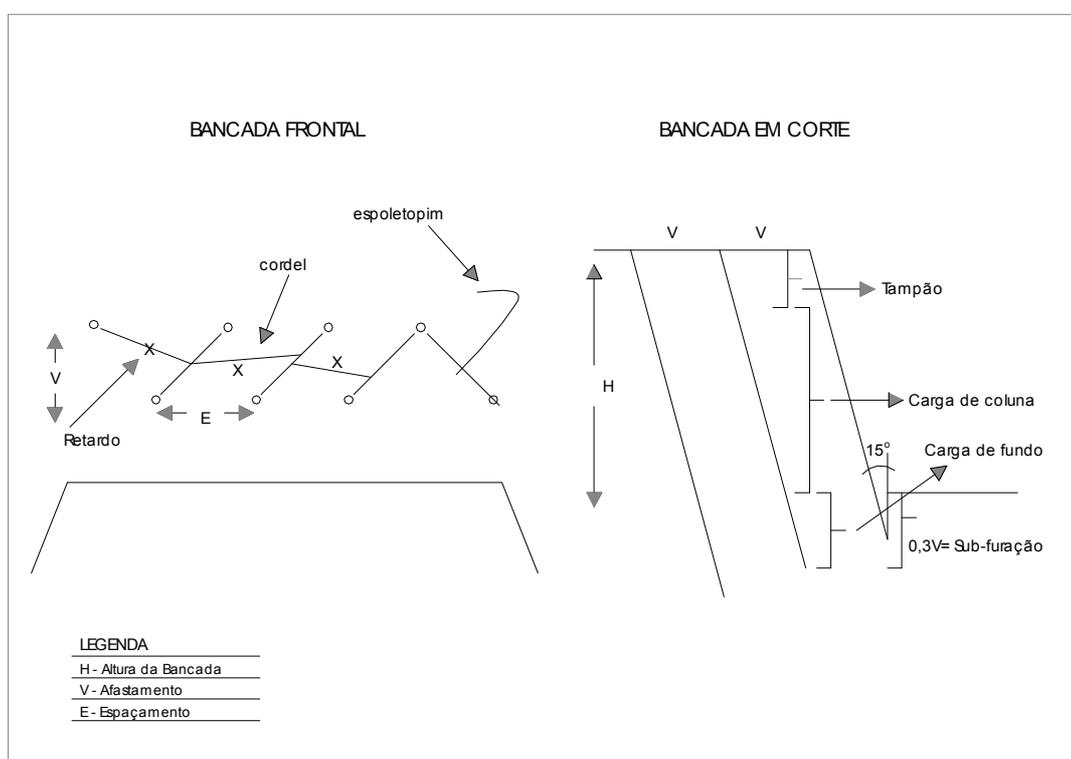


Figura 26 – Esquema de perfuração de uma frente de lavra

(Fonte: Mineração Mônego Ltda.)

Após a detonação e dissipação dos gases é feita uma vistoria para verificar o resultado da mesma e, caso não ocorram falhas, o local é liberado para carregamento e escoamento do minério bruto para as instalações de britagem, realizado pela pá-carregadeira e pelos caminhões. O fluxograma do método de lavra é apresentado no Apêndice F.

5.1.3.2 Método de beneficiamento mineral

O método de beneficiamento mineral para a produção de calcário e cal compreende, basicamente, as etapas de britagem, rebitagem e moagem, detalhadas na seqüência.

5.1.3.2.1 Instalações de britagem

Nas instalações de britagem é feita a cominuição do minério bruto oriundo do desmonte realizado na mina até uma granulometria de 25,4 cm.

Estas instalações têm capacidade para britar 65.000 toneladas de minério bruto por mês, destinando-se o material obtido na mesma para a produção de calcário (90%), cal (9%) e rejeito (1%). O pátio de estocagem tem capacidade de 1.000 toneladas.

A britagem constitui a primeira etapa do processo de produção de calcário ou cal. O minério bruto é depositado diretamente na tremonha de um alimentador vibratório (Figura 27) ou no pátio, próximo ao silo de alimentação do britador primário para posterior utilização.



Figura 27 - Alimentação das instalações de britagem

Após passar pelo alimentador vibratório, ocorre uma separação do material argiloso existente no minério bruto, feito em uma grelha. Este material argiloso é transportado por uma correia transportadora até uma peneira vibratória. Nesta, o material retido é transportado por uma correia transportadora e depositado em uma pilha de rejeito, para posterior uso como aterro. O material passante na peneira vibratória retorna ao processo através de uma correia transportadora.

O material passante na grelha alimenta um britador de mandíbulas, sendo transportado através da correia transportadora, que retoma o material da peneira vibratória, até a peneira vibratória. A Figura 28 apresenta uma visão geral das instalações de britagem.



Figura 28 – Instalações de britagem

Na peneira vibratória, o material retido é enviado para a correia transportadora, na qual é feita a cata manual do material cuja especificação não é própria para a produção da cal, sendo formada a pilha de material que irá abastecer os fornos de calcinação. O material passante na peneira vibratória é transportado pela correia transportadora, formando uma pilha para abastecimento das instalações de rebitagem. O fluxograma das instalações de britagem é apresentado no Apêndice G.

5.1.3.2.2 Instalações de rebitagem

Nas instalações de rebitagem o minério britado proveniente das instalações de britagem é processado para ser enviado às instalações de moagem para a obtenção do calcário para corretivo de solos ou uso industrial.

A partir da pilha de alimentação destas instalações, o material passa por um alimentador vibratório, sendo transportado por duas correias transportadoras até uma peneira de dois *decks*, na qual sofre uma classificação granulométrica.

O material retido no primeiro *deck* é rebitado em um rebitador de mandíbulas, reduzindo sua granulometria de 25,4 cm para 5,0 cm. O material retido no segundo *deck*, acrescido do material proveniente da saída do rebitador de mandíbulas, é rebitado em um rebitador giroscópico, reduzindo sua granulometria de 5,0 para 1,9 cm.

O material passante no segundo *deck*, acrescido do material proveniente da saída do rebitador girosférico, é transportado para uma pilha de alimentação do rebitado, através da correia transportadora. Este material é retomado por alimentadores vibratórios, sendo transportado pela correia transportadora para caminhões que o levará para as instalações de moagem.

Na Figura 29 é apresentada uma vista parcial das instalações de rebitagem.



Figura 29 – Vista parcial das instalações de rebitagem

5.1.3.2.3 Instalações de moagem

Nestas instalações é produzido o calcário dolomítico a granel e ensacado, granilhas e a matéria-prima para a produção de carbonato.

A matéria-prima proveniente das instalações da rebitagem é basculado pelos caminhões na tremonha do alimentador vibratório, sendo transportado pelas correias transportadoras até o silo de material rebitado.

Através dos alimentadores vibratórios e de um alimentador de gavetas, o mesmo é transportado pelas correias transportadoras até os moinhos de martelo, os quais trabalham sem carga circulante, resultando em um produto com aproximadamente 60% de material pronto. Na Figura 30 é apresentada uma vista parcial das instalações de moagem.

Posteriormente, o material é transportado pelas correias transportadoras até o peneiramento primário nas peneiras. A fração granulométrica passante nestas peneiras é transportada pelas correias transportadoras até o silo de calcário ou, pelas correias transportadoras, até o silo de expedição. A fração granulométrica retida nas peneiras é transportada pelas correias transportadoras até a correia transportadora que despeja o produto em uma pilha pulmão.



Figura 30 – Vista parcial das instalações de moagem

A partir desta pilha pulmão, o material é retomado pelo alimentador vibratório que abastece a correia transportadora que, por sua vez, o transporta, em duas linhas, até as válvulas rotativas, as quais controlam o fluxo de material que alimenta os moinhos de gaiola.

Estes dois moinhos trabalham com material circulante e seu produto é transportado pelas correias transportadoras até o peneiramento secundário nas peneiras.

A fração granulométrica retida no peneiramento secundário retorna para a pilha pulmão pelas correias transportadoras. A fração granulométrica passante no peneiramento secundário é transportada pelas correias transportadoras até o silo de calcário. Anexo à correia transportadora existe um elevador de canecas que alimenta os silos das ensacadeiras para a produção de material ensacado.

No peneiramento secundário é produzido também calcário dolomítico com menor granulometria pela simples troca das peneiras. Este produto pode ser obtido, também, no silo do exaustor de pó.

O calcário dolomítico a granel, passante nos peneiramentos primário e secundário, pode ser transportado para três locais distintos de carregamento: *a)* o silo com comportas, para carregamento direto nos caminhões; *b)* o depósito de calcário, no qual é utilizado uma carregadeira para carregamento dos caminhões e *c)* o silo da balança para completar as cargas dos caminhões.

O calcário dolomítico a granel e o ensacado são transportados para um silo com divisão. No Apêndice H é apresentado o fluxograma das instalações de moagem.

5.1.4 Implementando os conceitos da produção enxuta na mineração de calcário

O produto principal da empresa – o calcário dolomítico para correção da acidez do solo – é um produto sazonal, significando que em um determinado período do ano (março a outubro) há uma maior utilização da capacidade instalada e em outro (novembro a fevereiro) há ociosidade dos equipamentos. Estrategicamente, no período de baixa demanda é feito um estoque de calcário visando atender a demanda no período de alta.

Na Tabela 5 é apresentada a produção mensal de calcário produzido pela Mineração Mônego Ltda. no período compreendido entre os anos de 2001 e 2006. Observa-se a queda de produção no ano de 2005, devido a grande estiagem ocorrida no final de 2004 e início de 2005.

Tabela 5 – Produção de calcário na Mineração Mônego Ltda. – 2001 a 2006

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
2001	6.373	15.248	38.805	47.704	55.921	50.280	30.837	40.567	29.130	34.320	23.324	11.205	383.712
2002	14.949	9.337	19.542	49.717	53.773	41.828	41.940	57.047	41.466	26.184	26.526	9.066	391.375
2003	8.843	5.095	27.014	58.320	61.309	58.544	60.057	57.059	51.900	45.618	21.693	27.000	482.452
2004	31.082	38.811	48.360	49.116	38.043	34.993	36.000	53.500	40.879	26.674	13.797	7.371	418.626
2005	12.119	14.028	15.277	16.986	13.188	16.311	16.982	23.685	16.931	10.859	5.460	10.463	172.289
2006	7.429	7.845	21.063	29.258	35.245	38.563	26.648	19.700	14.500	16.000	12.242	2.618	231.111
Média	13.466	15.061	28.344	41.850	42.913	40.086	35.411	41.926	32.468	26.609	17.174	11.287	346.594

Uma das questões relevantes neste cenário é como utilizar os equipamentos, parcialmente ociosos, durante o período de baixa sazonalidade. Para tanto, deve-se buscar respostas para perguntas tais como:

- É possível a obtenção de novos produtos de maneira a aproveitar a ociosidade da capacidade instalada?
- As instalações de beneficiamento podem ser utilizadas para se obter outros tipos de produtos, visando atender a demanda de novos mercados, durante o período de baixa sazonalidade?
- É possível terceirizar (parcial ou totalmente) as instalações de beneficiamento para outras empresas, para obtenção de produtos oriundos de outras fontes?

5.1.4.1 A implementação de ferramentas de Engenharia de Produção

Com vistas a transferência de conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção aos colaboradores da Mineração Mônego Ltda. para a implantação de uma gestão integrada foram realizados Processos de Capacitação Tecnológica. Trata-se de assimilar novos conhecimentos, na Organização, caracterizando-se o Aprendizado I (*Exploration*).

O conteúdo abordado nos Processos de Capacitação Tecnológica foi:

- a) Conceitos Básicos de Engenharia de Produção (Apêndice I)
- b) Eficiência da Produção (Apêndice J)
- c) Mecanismo da Função de Produção e Perdas no Processo de Produção (Apêndice L)

Após a realização de cada encontro, formaram-se grupos de colaboradores para a realização de trabalhos com o objetivo de incorporar o conhecimento assimilado em sala de aula à realidade da empresa, de acordo com a lógica do Processo de Capacitação Tecnológica. Estes grupos foram formados em função do fluxo do processo de produção de calcário dolomítico, principal produto da empresa, a saber:

- a) Grupo 01: *Mineração*, concentrando-se nas atividades de extração do minério bruto;
- b) Grupo 02: *Britagem*, concentrando-se nas atividades realizadas no sistema de britagem de minério, onde é produzido o minério britado destinado à instalação de rebitagem;
- c) Grupo 03: *Rebitagem*, concentrando-se nas atividades realizadas no sistema de rebitagem de minério;
- d) Grupo 04: *Moagem*, concentrando-se nas atividades realizadas no sistema de moagem, onde é produzido o calcário moído.

Os trabalhos desenvolvidos pelos grupos são apresentados na seqüência.

5.1.4.2 O Mapeamento de processos na lógica do Mecanismo da Função Produção

Como resultado do Processo de Capacitação Tecnológica, o fluxo da produção de calcário dolomítico foi mapeado de acordo com a lógica do Mecanismo da Função Produção, identificando-

se as diversas atividades em processamento, transporte, inspeção ou espera conforme propõe Shingo (1996a). Isto possibilitou a elaboração do fluxograma de agregação de valor, identificando-se as operações que agregam valor ao produto (operações principais); as que são necessárias (operações auxiliares) e as que se caracterizam como perdas e devem ser reduzidas ou eliminadas.

Segundo esta ótica, o fluxograma do método de lavra apresentado no Apêndice F está representado no Apêndice M. Observa-se que, das 22 atividades identificadas no fluxograma de agregação de valor do método de lavra, apenas 6 caracterizam-se por agregar valor ao produto.

Da mesma forma, o fluxograma das instalações de britagem anteriormente apresentado no Anexo G está representado no Apêndice N como um fluxograma de agregação de valor destas instalações. Observa-se que, das 20 atividades identificadas neste fluxograma, 4 caracterizam-se por agregar valor ao produto.

O fluxograma de agregação de valor das instalações de moagem está apresentado no Anexo O, anteriormente apresentado no Apêndice H. Observa-se que, das 50 atividades identificadas neste fluxograma, 11 caracterizam-se por agregarem valor ao produto.

5.1.4.3 A eficiência do recurso restritivo no processo de produção de calcário

Considerando-se o período de alta sazonalidade, ou seja, o período no qual é utilizada toda a capacidade de produção das instalações, a análise do processo de produção de calcário dolomítico possibilitou identificar como recurso restritivo os moinhos de gaiola, localizados nas instalações de moagem, devido a pouca área das peneiras vibratórias.

Assim sendo, optou-se por selecionar este equipamento para implantação da metodologia GPT, sendo o mesmo objeto da coleta de dados para o cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global – IROG. Este índice foi calculado pela multiplicação dos índices de utilização, índice de desempenho e índice de qualidade.

Na moagem estão instalados cinco moinhos, sendo três da marca FAÇO, com capacidade de 35 ton/hora, e dois da marca NORDBERG, com capacidade de 45 ton/hora, totalizando uma capacidade nominal de moagem de 195 ton/hora.

O índice de desempenho foi calculado pela relação entre a produção real e a produção teórica do equipamento. A capacidade teórica considerada corresponde a média das capacidades dos cinco

moinhos, ou seja, 39 ton/hora. Em função da mudança das características do minério (umidade, composição granulométrica, etc.), há uma oscilação na taxa de alimentação dos moinhos. Por exemplo, o aumento da umidade do minério a ser peneirado implica em uma redução da área de peneiramento devido a retenção da polpa de minério nas telas, resultando na redução do índice de desempenho destes equipamentos.

Para o cálculo do índice de desempenho utilizou-se o artifício de considerar a capacidade teórica destes equipamentos como sendo a equivalente a maior taxa de alimentação possível, ou seja, sem considerar que haja obstrução dos orifícios das peneiras, situação que implica na redução da área de peneiramento.

Ao se considerar a maior taxa de alimentação possível (taxa de alimentação teórica) para o cálculo do índice de desempenho, o valor obtido no cálculo deste índice é menor do que o valor real, visto que a taxa de alimentação teórica considerada não ocorre na prática. Isto se deve à variação das características do minério (umidade, composição granulométrica, etc.) que tem como consequência, o aumento ou redução da área útil e da eficácia de peneiramento.

No Apêndice P é apresentada a planilha de paralisações do moinho utilizada para o cálculo dos índices mencionados relativo ao mês de junho 2005.

Aplicando-se a Equação 2 na qual o IROG é obtido pela multiplicação dos itens de utilização (92,43%), desempenho (27,78%) e qualidade (100%), obtém-se o valor de 25,68%.

O índice de desempenho de 27,78% foi obtido por se considerar, na Equação 6, a taxa de alimentação possível dos moinhos como sendo de 195 ton/hora, igual a soma das capacidades teóricas dos 5 moinhos instalados (3 moinhos marca Faço de 35 ton/hora e 2 moinhos marca Nordberg de 45 ton/hora), o que não acontece na realidade. O baixo valor do índice de desempenho calculado (27,78%) resulta em um baixo valor do IROG (25,68%).

5.1.4.4 A implantação de melhorias no processo de produção

Ao se analisar as causas de paralisação registradas na planilha apresentadas no Apêndice P (utilizadas para o cálculo do índice de utilização), selecionou-se as principais para a elaboração de um Gráfico de Pareto (Figura 31).

A partir deste Gráfico de Pareto e com a utilização da ferramenta 5W1H foi elaborado um Plano de Ação com vistas a realização de melhorias para o aumento da produtividade dos moinhos de gaiola, apresentado no Apêndice Q.

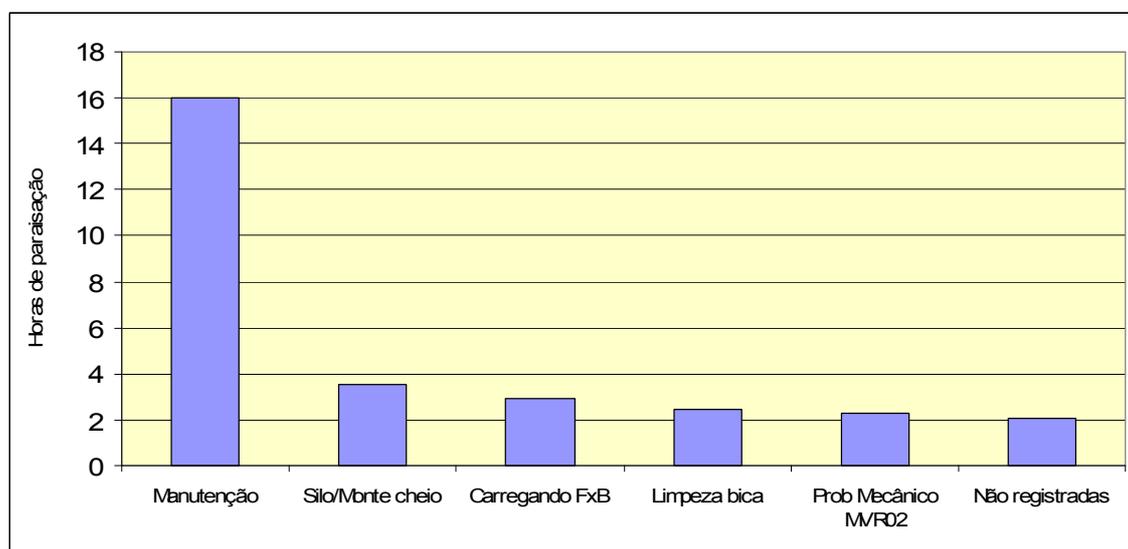


Figura 31 – Gráfico de Pareto obtido a partir das paralisações nos moinhos de gaiola

5.1.4.5 Utilização do calcário em outros mercados

A sazonalidade na utilização de calcário para correção da acidez dos solos faz com que a capacidade instalada seja menor do que a demanda existente no período compreendido entre os meses de outubro a março no Estado do Rio Grande do Sul. Neste período, os equipamentos podem ser utilizados para a obtenção de outros produtos cuja matéria-prima seja o calcário dolomítico das jazidas exploradas, possibilitando, desta forma, a pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos e a utilização desta capacidade ociosa.

A pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos buscando aumentar a participação no mercado e o aumento da eficiência dos recursos atualmente disponíveis através da implantação de conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção contribuem para os resultados organizacionais.

A partir de uma investigação junto aos atuais clientes e nos prováveis futuros clientes é possível verificar quais são as especificações físico-químicas que um determinado produto deve atender, procedendo-se estudos e testes para viabilizar sua produção.

As especificações dos produtos obtidos na indústria mineral normalmente são relacionadas à composição química e à distribuição granulométrica dos mesmos, existindo também, em função de sua aplicação, especificações com relação à sua cor. Para estas últimas, o índice de alvura é um dos parâmetros mais utilizados.

No trabalho “Triagem ótica aplicada ao processamento de carbonatos no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil”, de Varela (2007), é apresentado um estudo para a aplicação do minério oriundo das jazidas pertencentes à Mineração Mônego Ltda. em outros segmentos industriais.

Para que esta utilização seja possível faz-se necessário obter um índice de alvura que atenda as especificações desejadas pelos clientes, o qual pode ser obtido pelo processo de triagem ótica automatizada.

“Entre as propriedades óticas que podem ser mensuradas através da triagem ótica pode-se citar a cor, opacidade, brilho, coeficiente de espalhamento, índice de refração, índices de alvura (*brightness*) e de amarelamento (*yellowness*). Os sensores mais utilizados para a caracterização e/ou separação colorimétrica dos produtos são os espectrofotômetros e as câmeras CCD³¹. Através de sensores óticos realiza-se a medição da cor superficial da amostra, servindo a mesma como parâmetro de controle no processo de triagem.” (VARELA, 2007, p.13)

Na Figura 32 é apresentado esquematicamente o princípio de funcionamento da triagem ótica automatizada. De acordo com esta Figura, na separação automatizada de um minério através de sensores óticos existem quatro subprocessos: 1) preparação (lavagem, apresentação, individualização); 2) identificação; 3) análise de dados e 4) separação.

Os subprocessos de apresentação, identificação e separação do minério no processo de triagem ótica são realizados através de alimentador vibratório, correia transportadora ou suporte para permitir a queda livre do material, câmera CCD e válvulas de ar.

³¹ Câmera eletrônica acoplada à rede elétrica (CCD = *Charge Coupled Device*)

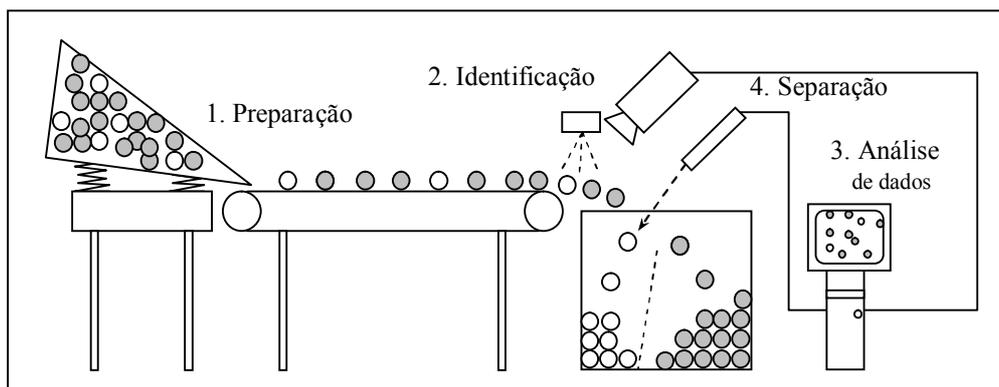


Figura 32 - Esquema de funcionamento da triagem ótica automatizada

Fonte: (VARELA, 2007, p.14)

Na Figura 33 é mostrada a etapa de apresentação do minério, enquanto que na Figura 34 é apresentada a etapa de identificação do mesmo.



Figura 33 – Apresentação do minério em um separador ótico

Fonte: (VARELA, 2007, p15)

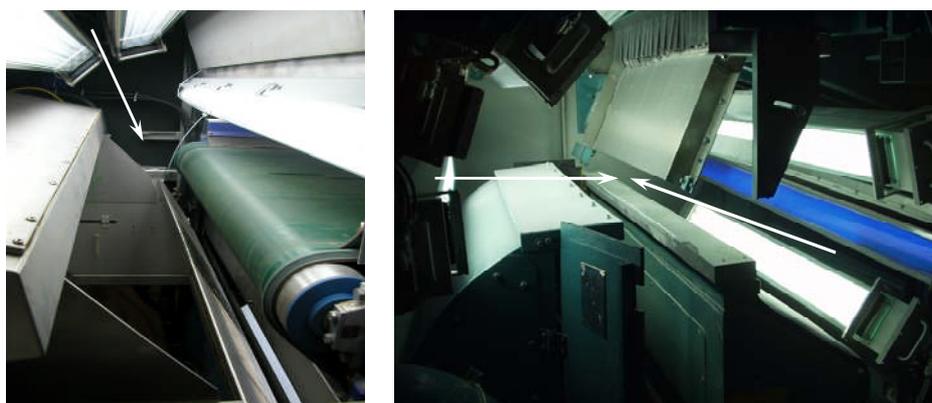


Figura 34 – Identificação do minério em separador ótico de uma e duas câmeras

Fonte: (VARELA, 2007, p.15)

Após a identificação/caracterização da amostra, a informação é processada eletronicamente segundo um critério previamente determinado. Em seguida, um sinal é enviado para o sistema composto por válvulas solenóides resultando no acionamento de uma ou mais válvulas pneumáticas ejetoras.

Varela (2007) comenta que “em geral, os sistemas automáticos de separação ótica apresentam uma recuperação do material de valor superior a 98%, porém os finos gerados nas etapas de britagem podem influenciar negativamente na seletividade da etapa de triagem ótica. O principal problema associado aos finos é a deposição dos mesmos na superfície das partículas maiores diminuindo o contraste entre os minerais. Para se obter uma eficiente separação, normalmente aplica-se uma etapa de lavagem do minério anterior ao subprocesso de apresentação/individualização.” (VARELA 2007, p.16)

Varela (2007) concluiu que “a excelente qualidade dos concentrados brancos e cinzas de carbonato da etapa de triagem ótica indicam que a região de Caçapava do Sul pode tornar-se um futuro pólo produtor de carbonatos industriais. Os valores de alvura dos produtos brancos, superiores a 91% revelam que o material pode atender às indústrias que possuem rigorosos padrões de qualidade”. (VARELA, 2007, p.44).

Outra alternativa de aproveitamento da atual capacidade ociosa das instalações de beneficiamento da Mônego é estudar a terceirização das mesmas para beneficiamento de outro minério que não o calcário. Neste caso, deve-se estar atento para que não ocorra contaminação dos diferentes produtos a serem obtidos nestas instalações.

5.1.5 Considerações Finais

A forte estiagem ocorrida no Estado do Rio Grande do Sul no final de 2004 e início de 2005 prejudicaram fortemente as atividades relacionadas com a agricultura. Como consequência, a produção de calcário dolomítico para correção da acidez dos solos foi a menor dos últimos anos, repercutindo nas atividades da Mineração Mônego. Em função desta situação, o estudo deste cenário, realizado no período de 2004 a 2005, ficou parcialmente prejudicado.

A etapa inicial deste trabalho compreendeu a transferência de conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção a um grupo de colaboradores da empresa através da realização de Processos de Capacitação Tecnológica, caracterizando o Aprendizado I (Exploration).

Nesta etapa foram realizados trabalhos práticos de implantação destes conceitos, técnicas e ferramentas à realidade da empresa, mapeando-se os fluxos de produção dos principais produtos da empresa com o objetivo de identificar os gargalos e as perdas existentes e realizar ações de melhorias para a obtenção de melhores resultados econômicos financeiros.

Conforme preconiza o Método de Pesquisa, assim procedendo houve a efetiva participação dos atores envolvidos no desenvolvimento deste estudo.

O cálculo da eficiência nos gargalos de acordo com a metodologia GPT foi implantado nos boletins de produção diários da empresa.

Ao se analisar a utilização de conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção na mineração de fluorita (SFP) e na mineração de calcário podem-se destacar as seguintes questões:

5.1.5.1 Perdas nos fluxos de produção:

Através do mapeamento do fluxo de produção de acordo com a lógica do Mecanismo da Função Produção pôde-se identificar perdas passíveis de eliminação/redução.

Na mineração de calcário, a utilização da metodologia GPT nos moinhos de gaiola, recursos restritivos do fluxo de produção, evidenciou como a variação das características do minério (umidade, composição granulométrica, etc.) impacta na redução da área de peneiramento, ocasionando baixo desempenho do equipamento repercutindo no valor do Índice de Desempenho e, por consequência, em baixa eficiência operacional com perda de produtividade horária.

O mapeamento do fluxo de produção da mineração e do beneficiamento mineral deste minério mostra a existência nos fluxogramas atuais de muitas atividades que não agregam valor ao produto.

Assim, das 22 atividades identificadas no fluxograma de agregação de valor do método de lavra, apenas 6 caracterizam-se por agregar valor ao produto. Da mesma forma, nas instalações de britagem constatou-se que das 20 atividades identificadas neste fluxograma, apenas 4 caracterizam-se por agregar valor ao produto enquanto que nas instalações de moagem 11 das 50 atividades identificadas agregam valor ao produto.

Estas constatações mostram a contribuição que os conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção podem dar ao se projetar o *layout* das instalações de uma empresa de

mineração, possibilitando reduzir as perdas oriundas das atividades que não agregam valor ao produto, e reduzindo, simultaneamente, o tempo de atravessamento do minério ao longo destas instalações.

5.1.5.2 Análise da capacidade de produção *versus* demanda:

A utilização da metodologia GPT para o cálculo da eficiência operacional em um fluxo de produção é fundamental para se analisar a capacidade instalada em uma empresa em relação a sua demanda de mercado. No SFP do Modelo Inicial de Intervenção esta metodologia não foi utilizada, o que ocorreu no cenário da mineração de calcário.

No cenário da mineração de fluorita não ocorre o fenômeno da sazonalidade. No cenário da mineração de calcário para correção da acidez dos solos esta questão é central. Esta realidade deve ser considerada quando se analisa a capacidade instalada em relação a demanda de mercado.

No SFP, por não ocorrer o fenômeno da sazonalidade, utiliza-se todo o tempo disponível do recurso restritivo para realizar uma produção verticalizada de fluorita grau ácido, buscando atender as necessidades de matéria-prima mineral da empresa proprietária da mineração, que atua na área química produzindo ácido fluorídrico.

Neste caso, o aumento da eficiência operacional através do monitoramento do IROG possibilita que seja produzida nas instalações existentes uma maior quantidade de produto final, reduzindo-se os custos operacionais e aumentando-se os ganhos na cadeia verticalizada pela redução do custo da matéria-prima mineral.

Na mineração de calcário, os resultados provenientes do aumento da eficiência operacional através do monitoramento do IROG dependem do período da sazonalidade considerado: a) no período de alta demanda ocorrerá um aumento de produção com impactos diretos nos custos operacionais e nos ganhos da empresa; b) no período de baixa demanda haverá maior disponibilidade dos equipamentos para, por exemplo, produzir novos produtos. Neste caso é necessário investigar junto ao mercado como é possível atendê-lo a partir da matéria-prima disponível, desenvolvendo-se novos clientes buscando abrir novos mercados para aumentar a participação da empresa no mesmo. Pode-se estudar, também, a terceirização de parte das instalações para a produção de outros produtos, a partir de matéria-prima disponível na região.

5.1.5.3 Sistema de gestão:

No SFP do Modelo Inicial de Intervenção foi proposto um Processo de Mudanças que busca uma nova forma de gestão para a mineração de fluorita com base nos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção.

A aplicação deste Processo de Mudanças no cenário da mineração de calcário, suportado por um Referencial Teórico mais amplo no qual se inclui a metodologia GPT, mostra que se pode desenvolver uma nova forma de gestão na indústria de mineração voltada internamente para: a) a análise sistêmica do processo de produção através do mapeamento de seus fluxos de produção; b) a identificação dos gargalos e recursos restritivos nos fluxos de produção; c) a identificação das perdas existentes nos mesmos e sua eliminação/redução e d) a gestão da produção através do monitoramento da eficiência operacional dos gargalos e recursos restritivos.

Esta forma de gestão, além de considerar as questões internas do processo de produção, centrais quando a capacidade instalada for inferior a demanda existente, propicia à empresa de mineração analisar também as questões externas, como o mercado no qual ela se insere. Se a capacidade instalada for maior do que a demanda existente, esta forma de gestão sugere a busca de novos mercados, através do aumento da participação dos produtos já existentes ou através da pesquisa e desenvolvimento de novos produtos não fabricados pela empresa.

Esta nova forma de gestão implica na necessidade de transformar as empresas em organizações de aprendizagem, promovendo o envolvimento e a participação de seus colaboradores, através da agregação de conhecimento, na busca de solução para os seus problemas, caracterizando o Aprendizado I (*Exploration*).

É importante que os conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção sejam assimilados pelos colaboradores que, ao aplicá-los conjuntamente com o conhecimento intrínseco dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e o seu conhecimento tácito, realizam um processo de melhorias contínuas na Organização, caracterizando o Aprendizado II (*Exploitation*).

5.2 MINERAÇÃO DE AMETISTA

Este estudo foi desenvolvido no município de Ametista do Sul, Estado do Rio Grande do Sul, como parte do Programa em Rede do Arranjo Produtivo de Gemas e Jóias do Rio Grande do Sul, promovido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e pela Fundação Vale do Taquari de Educação e Desenvolvimento Social – FUVATES. Nesta região foi selecionado um garimpo piloto para a realização dos trabalhos denominado Mina dos Potrich.

O Programa contou ainda com a participação de diversos órgãos, entre os quais se destacam o Ministério de Minas e Energia – MME, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, a Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Este Programa tem por objetivo desenvolver o setor de pedras preciosas do Estado do Rio Grande do Sul em toda a sua cadeia produtiva, promovendo melhorias desde a etapa de lavra mineral, nos garimpos, até o setor de lapidação, na confecção de jóias, e sua comercialização. Isto tende a possibilitar aos trabalhadores a maior agregação de valor ao seu produto, pois ao invés de apenas comercializarem o minério bruto – geodo de ametista – a agregação de mais valia aos produtos desta cadeia produtiva possibilitará, também, a comercialização, de produtos lapidados e jóias.

O setor passa pela necessidade de fomentar o desenvolvimento das redes produtivas através do aumento de sua produtividade com novos conhecimentos e o uso de técnicas adequadas que aumentem a agregação de valor de seus produtos, eliminem os desperdícios e reduzam os custos através de uma gestão integrada (*Aprendizado I - Exploration*). Esta gestão integrada deve, também, assegurar uma melhor qualidade de vida para seus trabalhadores.

A indústria de extração de ametista é composta, basicamente, por micro, pequenas e médias empresas³², constituindo-se, fundamentalmente, em organizações que utilizam métodos de extração primários, não havendo, entre outras, maiores preocupações em relação à: a) implantação de metodologias que possibilitem uma redução de custos; b) segurança do trabalho; c) redução de impactos ambientais e d) padronização das atividades.

³² De acordo com informações da COOGAMAI (Cooperativa dos Garimpeiros do Médio Alto Uruguai), na região de Ametista do Sul, que abrange 8 municípios do Estado do Rio Grande do Sul, existem 381 garimpos ativos e 231 desativados. A mão-de-obra direta nestes garimpos é estimada em cerca de 2.000 trabalhadores.

5.2.1 Características geológicas

A região onde se localizam as principais jazidas do Estado do Rio Grande do Sul possui uma área de aproximadamente 300 km², localizada na região denominada Alto Uruguai. A extração dos geodos de ametista é feita na rocha sã, sendo os mesmos acessados no subsolo a partir de galerias de encosta.

Agostini (1998) comenta que “a origem da ametista em geodos é ainda um assunto controverso. Segundo Landmesser (1988) *apud* Agostini (1998, p.27), as temperaturas de formação da ametista, propostas por diferentes autores, variam entre valores próximos a temperaturas ambientais (depósitos muito próximos à superfície da crosta), até aproximadamente 1.000 °C, o que significa que este mineral pode cristalizar em uma série de ambientes geológicos, sob diferentes condições geoquímicas”.

Correa (1995) afirma que “a ametista e demais associados ocorrem essencialmente preenchendo a superfície interna de cavidades na rocha vulcânica [...] e estão hospedados em alguns derrames basálticos dentro da sucessão de derrames encontrados na região.” (CORREA, 1995, p. 36).

A seqüência vulcânica hospedeira da mineralização foi detalhada por Szubert *et al.* (1978) *apud* Correa (1995), que individualizaram 7 derrames basálticos sucessivos. A serie vulcânica apresenta regularidade lateral das características estruturais, porém possui fortes diferenças texturais e mineralógicas entre si. Os autores identificam apenas uma unidade vulcânica hospedeira para a mineralização de ametista e descreveram um perfil típico da rocha basáltica mineralizada.

Segundo Szubert *et al.* (1978) *apud* Correa (1995), “a unidade mineralizada é constituída por horizontes intraderrames com características estruturais e texturais distintas”.

Juchem *et al.* (1987) *apud* Correa (1995) “identificaram pelo menos dois níveis produtores de geodos nas rochas basálticas na região do município de Ametista do Sul. Sobre estes depósitos estimaram que as ocorrências estejam disseminadas caoticamente na zona vesicular dos derrames hospedeiros, alternando partes com altas concentrações de geodos e porções totalmente estéreis.”

Agostini (1998, p.21) diz que “a zona de derrame que apresenta geodos mineralizados tem 2 a 3 metros de espessura e é formada por um basalto cinza escuro a cinza esverdeado, maciço. Acima desta camada, aparece uma zona com 1 a 5 metros de espessura, constituída de um basalto cinza

escuro a cinza claro, com vesículas pequenas (milimétricas a centimétricas), vazias ou parcialmente preenchidas por calcedônia e quartzo, e que representa o topo do derrame mineralizado.”

As zonas de mineralização dos geodos de ametista (Figura 35) ocorrem em um nível bem definido geologicamente, podendo ser identificado pelas características minerais da rocha ou mesmo pela posição na coluna estratigráfica. Estas se encontram próximas à cota 400 m.



Figura 35 – Geodos de ametista

As galerias de acesso ao minério (geodo de ametista) estão sendo desenvolvidas em um pacote de rochas que pode ser dividido da seguinte forma:

a) Basalto: rocha portadora das mineralizações situada aproximadamente na cota 400 m. É denominado de “laje” e se constitui de uma unidade basáltica com fraturas verticais e horizontais. Esta unidade varia de 0,5 até 2,5 m. Estes geodos possuem, em geral, forma cilíndrica que varia de centímetros a metros.

b) Basalto fraturado: rocha localizada no teto das galerias. É denominado de “cascalho” com espessuras que podem variar 1,0 a 2,5 m. Acima deste pacote existe uma camada vesicular denominada “biju”.

c) Basalto vesicular superior: este pacote de rochas possui pequenas vesículas totalmente preenchidas (1 a 2 cm), com calcedônia, ágata e quartzo.

O conjunto de “basalto + basalto fraturado” forma um pacote de rochas de espessura aproximadamente constante em 3,5 m com suaves ondulações locais, denominadas de rebaixos e

levantes. Nos rebaixos não se encontram mineralizações. Em alguns garimpos, as aberturas acompanham estas ondulações, enquanto que em outros as galerias seguem uma cota definida, acarretando aberturas tanto no basalto (laje) como no basalto fraturado (cascalho). As galerias com dimensões de até 4 m, são estáveis quando não é removida a camada que constitui o teto (cascalho), não sendo necessário qualquer tipo de escoramento ou suporte. As situações de instabilidade ocorrem quando se elimina o basalto fraturado (cascalho), situando-se o teto da galeria no basalto vesicular superior (biju), facilmente alterável e de baixa resistência mecânica.

5.2.2 O processo de produção de ametista

O processo de produção limita-se a lavra subterrânea de geodos de ametistas nos garimpos, acessados através de galerias de encosta, não ocorrendo o beneficiamento mineral. Os geodos de ametistas são comercializados com terceiros, que exportam a pedra bruta ou a lapidam para a indústria de confecção de jóias. O método de lavra é descrito na seqüência.

5.2.2.1 Método de lavra

A partir de uma frente livre aberta em galeria subterrânea, inicia-se o método de lavra pela perfuração de furos com o uso de perfuratrizes pneumáticas operadas a seco, sendo realizados em torno de 50 furos/galeria/dia no garimpo piloto monitorado. No início das atividades de extração de ametistas na região esta perfuração era executada por meio de martelos e ponteiras de aço, sendo que, nessa época, o uso de água impedia a geração de poeira em suspensão nas galerias. Nesta época a escala de produção era reduzida.

A partir da década de 1980 a perfuração passou a ser feita com marteletes pneumáticos de pequeno porte (12 kg), como mostra a Figura 36, com limpeza dos furos por ar comprimido, isto é, sem a utilização de água. Este processo gera alta quantidade de poeira suspensa no ar, deixando os trabalhadores expostos à sílica livre, o que pode ocasionar doenças graves como a silicose.



Figura 36 – Perfuratriz pneumática de 12 kg

A perfuração a seco nas galerias dos garimpos de ametistas, segundo a lógica do Mecanismo da Função de Produção desenvolvida por Shingo (1996 a), contribui para o aumento do tempo de espera devido à necessidade de se aguardar a sedimentação da poeira em suspensão oriunda da perfuração das galerias.

Este fato aumenta o tempo de atravessamento do processo de produção (tempo decorrido desde o início do fluxo de produção até a obtenção do produto final – geodos de ametista) e reduz a velocidade de acesso aos geodos de ametista.

Concluída a execução dos furos na frente a ser detonada, processa-se o carregamento dos mesmos através da inserção de um fio de cobre de pequeno diâmetro para iniciação da pólvora por fagulha elétrica. O carregamento do furo é feito com auxílio de um atacador de aço³³, sendo o tamponamento do furo feito com pó oriundo da perfuração.

Após a colocação dos acessórios da iniciação, é feito o carregamento dos furos com pólvora até ser preenchido cerca de 50% do furo (comprimento máximo de 500 mm e 25,4 mm de diâmetro). Na seqüência, se procede à escorva da pólvora com uma pá especial, sendo o processo finalizado com o tamponamento do furo feito com uma haste metálica e martelo (Figura 37).

³³ Atacador de aço: instrumento utilizado para compactar a pólvora no furo.



Figura 37 – Carregamento e tamponamento dos furos

As galerias são desenvolvidas através de avanços por detonação com uso de pólvora caseira. Em cada frente de lavra são realizados de 15 a 20 furos, com uma profundidade máxima de 500 mm. Nem sempre os furos são detonados, pois isso depende de serem encontrados ou não geodos de ametista de qualidade na frente de lavra. Uma vez encontrado um geodo adequado, o procedimento de desenvolvimento da galeria é paralisado para a remoção do mesmo de forma artesanal (realiza-se uma série de furos e recortes no entorno do geodo, removendo-o cuidadosamente da rocha encaixante).

Caso não seja encontrado nenhum geodo na frente de lavra, os furos são preenchidos e a detonação é iniciada por uma corrente elétrica no fio de cobre inserido nos furos (escorva) e ligado a corrente elétrica local. Os fios elétricos inseridos nos furos são conectados a um fio elétrico não energizado, fixado no teto da galeria do garimpo. A Figura 38 mostra os fios de cobre utilizados como acessórios de iniciação.



Figura 38 – Fios de cobre para iniciação elétrica da detonação

Após a detonação, *sem esperar o tempo necessário para assentamento da poeira em suspensão e saída dos gases da galeria*³⁴, o garimpeiro retorna a frente de serviço e verifica o resultado da detonação, procurando por geodos de ametista na frente de lavra.

O número de furos realizados por frentes de serviço depende da existência ou não de geodos de ametista, não existindo um padrão de plano de fogo ou de carregamento dos furos, pois este depende da posição espacial em que os geodos se encontram na frente da galeria.

Caso algum geodo de ametista seja encontrado, é feita uma inspeção visual no mesmo com objetivo de verificar sua qualidade. Isto é feito pela inserção de pequena lâmpada através de um orifício feito no geodo de ametista.

No caso específico desta atividade de mineração, a necessidade de se realizar inspeção em 100% dos geodos de ametistas para avaliar a sua qualidade (e respectivo valor) implica na inclusão do tempo correspondente de inspeção no tempo da atividade de processamento. Em outras palavras, a atividade de processamento da mineração de ametista, na lógica do Mecanismo da Função Produção, é composta da atividade de processamento propriamente dita e da atividade de inspeção.

Se a inspeção do geodo de ametista indica ser o mesmo de boa qualidade – avaliada pela cor e pelo tamanho dos cristais de quartzo – inicia-se um processo de perfuração e recorte em torno do geodo de ametista, com uma seqüência de furos paralelos, feito com o equipamento de perfuração.

³⁴ Grifo do autor

A remoção do mesmo da rocha encaixante é feita com o uso de uma talhadeira, soltando-o da rocha encaixante.

Uma vez retirados, os geodos de ametista são transportados para fora do garimpo por um veículo adaptado nos garimpos (Figura 39), para posterior comercialização na forma bruta.



Figura 39 – Veículo de transporte dos garimpos

A etapa seguinte do método de lavra é a limpeza da frente detonada, feita semanalmente ou quando a mesma está paralisada, sendo o estéril transportado para o depósito de rejeito, localizado próximo à galeria de acesso ao garimpo (Figura 40).



Figura 40 – Depósito de rejeito

5.2.2.2 Segurança e Qualidade de Vida no Trabalho

Uma das principais questões que envolvem a mineração de ametista está relacionada com a segurança e a qualidade de vida no trabalho.

A ocorrência de acidentes no trabalho é, frequentemente, resultado de um conjunto de fatores que normalmente estão associados a erros humanos, difíceis de serem evitados, tais como: esquecimento, má interpretação de palavras, etc..

No entanto, segundo o STP, pode-se evitar que erros se transformem em defeitos. Para tanto, durante a construção do STP seus autores criaram o conceito de Controle de Qualidade Zero Defeitos (CQZD) que se constitui, segundo Ghinatto (1996, p.91) em “um método racional e científico capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e controle das causas”.

A ausência de defeitos em linhas de produção é assegurada com a utilização de dispositivos de detecção automática acoplado a uma operação, a prova de erros, denominados *poka-yoke*, que atuam diretamente nas causas possíveis de erros.

Duas condições devem ser satisfeitas para a instalação de dispositivos *poka-yoke*: a) o conhecimento detalhado da operação para propiciar uma análise das relações de efeito-causa-efeito que ocasionam um problema e b) criatividade no sentido de construir dispositivos eficientes e baratos que eliminem a(s) causa(s) origem do problema analisado.

A utilização de dispositivos *poka-yoke* possibilitou a separação do homem da máquina, criando o conceito da multifuncionalidade: um operador pode cuidar de várias máquinas simultaneamente, enquanto estas operam, uma vez que estes dispositivos detectam os erros e paralisam as máquinas quando os mesmos são detectados. O funcionamento destes dispositivos se deve à transferência da inteligência do ser humano à máquina.

Desta forma, ao instalar um contador em uma máquina, não se faz mais necessário fixar um operador na mesma para interromper a operação após a produção da quantidade desejada de produtos, pois a própria máquina interrompe a operação através do contador. Sua utilização é possível, também, para outras finalidades tais como a prevenção de acidentes.

Comenta Passos (2004, p.69) que "o STP percebe questões associadas com acidentes e afastamentos dos trabalhadores como um sinal claro de que existem perdas excessivas no sistema de produção”.

Este autor afirma que “os acidentes de trabalho tendem a acontecer quando o operador está integrado na operação da máquina. Na medida em que for feita uma separação do homem da máquina, se a máquina operar sem a presença (ou com a mínima presença) do homem, tende a diminuir a possibilidade da ocorrência de acidentes de trabalho quando da operação da mesma. Uma vez observado os riscos, torna-se conveniente que sejam projetados *poka-yokes* visando impedir a ocorrência dos erros que possam acarretar acidentes.”

Pode-se dizer que os *poka-yokes* de segurança, quando combinados com os demais tipos de *poka-yoke* (ex: qualidade, perdas de energia, etc.), tem o intuito de que a produção seja realizada sem que o operador tenha preocupações com todas as atividades a serem desenvolvidas nas operações. (PASSOS, 2004, p.70)

Durante a realização deste projeto constatou-se a ocorrência de problemas relacionados com a segurança do trabalho, visto que as atividades exercidas nos garimpos de ametista não dispõem de procedimentos operacionais, havendo total ausência de sinalização no interior dos garimpos. Uma das providências tomadas foi a sinalização com correntes de bloqueio nas galerias a serem detonadas, impedindo o ingresso dos trabalhadores antes que uma detonação ocorra.

Os seguintes fatores devem ser levados em conta ao se discutir as melhorias necessárias relacionadas com a Saúde e Segurança do Trabalho nos garimpos de ametista: *a)* riscos físicos; *b)* deficiências de oxigênio; *c)* ventilação; *d)* ergonomia e organização do trabalho; *e)* riscos decorrentes do trabalho em espaços confinados; *f)* riscos decorrentes da utilização de energia elétrica, máquinas, equipamentos, veículos e trabalhos manuais; *g)* equipamentos de proteção individual de uso obrigatório, observando-se no mínimo o constante na Norma Regulamentadora Nº. 22 e *h)* estabilidade do maciço.

Para a Cooperativa de Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. (COOGAMAI), que congrega os trabalhadores nos garimpos da região, buscar formas de solucionar o problema da poeira na perfuração do basalto é a principal prioridade, estando esta diretamente relacionada com a Qualidade de Vida no Trabalho.

Na fase inicial da mineração de ametista na região a perfuração era realizada com uso de água para impedir a geração de poeira nas galerias. Posteriormente, eliminou-se o uso de água nesta atividade causando, como consequência, grande quantidade de poeira em suspensão nas galerias. A ocorrência deste fato, somado à existência de gases provenientes das detonações e a um sistema de ventilação ineficiente, torna as atividades no interior dos garimpos muito insalubre.

A realização de um questionário na região, apresentado no Apêndice R, mostra que as principais melhorias que os trabalhadores gostariam que ocorressem em suas atividades estão relacionadas com as condições do ar no interior das galerias.

Conforme os dados tabulados, 104 trabalhadores gostariam que fossem melhoradas as condições de perfuração e 390 trabalhadores que fossem melhoradas as condições de ventilação.

As péssimas condições no interior dos garimpos foram comprovadas por uma medição realizada no garimpo piloto, na qual se constatou grande concentração de poeira, superior ao limite permitido. Esta situação implica na necessidade de se realizar ações de melhorias prioritariamente voltadas para a redução da concentração de poeira e eliminação dos gases provenientes das detonações no interior dos garimpos.

Segundo dados levantados pela Cooperativa de Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. (COOGAMAI) existem atualmente cerca de 400 casos de silicose na região, tendo a Prefeitura Municipal informado que em torno de 30% dos trabalhadores na atividade de garimpo da região apresentam doenças pulmonares.

5.2.3 Implantando os Conceitos da Produção Enxuta na Mineração de Ametista

A simples observação visual dos procedimentos adotados na mineração de ametista permite avaliar que existe um grande potencial de melhorias a realizar neste cenário ao se integrar os conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção.

Inicialmente realizou-se o acompanhamento de uma frente de lavra no garimpo piloto, no período de uma semana, com o objetivo de mapear o processo de produção de ametistas de acordo com a lógica do Mecanismo da Função de Produção.

5.2.3.1 Mapeamento do processo de produção de ametista

Para realizar o mapeamento do processo de produção de ametista, optou-se por realizar o acompanhamento do desenvolvimento de uma frente de galeria do garimpo piloto ao invés de se acompanhar o produto deste processo de produção – o geodo de ametista.

Isto se deve ao fato de que a ocorrência dos geodos de ametista na rocha encaixante depende da sua gênese, ocorrida durante os derrames basálticos, não sendo possível prever, com exatidão, sua existência ou não antes dos mesmos aflorarem na face das galerias em desenvolvimento.

Desta forma, considerou-se como “produto” do processo de produção de ametistas a própria frente de trabalho, com o objetivo de avaliar a produtividade da extração de ametistas no garimpo piloto.

Portanto, o surgimento dos geodos de ametistas é uma consequência desta produtividade, sendo assim, função do tempo de atravessamento do processo. Se a produtividade for alta, há um rápido desenvolvimento da frente de trabalho e os geodos de ametistas existentes na rocha encaixante irão aflorar mais cedo, enquanto que, se a mesma for baixa, isto significa que o avanço da frente de trabalho é lento e a produção de geodos de ametista, em um mesmo período, será menor.

Os percentuais dos dados tabulados durante o monitoramento do desenvolvimento de uma frente de galeria do garimpo piloto no período compreendido entre 02 a 06.08.2004 são apresentados na Tabela 6, observando que, devido as características particulares desta atividade de mineração, o tempo da atividade de inspeção deve ser considerado no tempo da atividade de processamento.

Tabela 6 – Dados tabulados em uma frente de galeria do garimpo piloto (minutos)

Data	Processamento	Transporte	Inspeção	Espera	Total
02.08	269	31	6	282	588
03.08	289	15	11	285	600
04.08	342	11	8	244	605
05.08	357	9	0	255	621
06.08	108	19	0	461	588
Total (min)	1365	85	25	1527	3002
Total (%)	45,47	2,83	0,83	50,87	100,00

O monitoramento realizado na galeria do garimpo piloto durante este período possibilitou a identificação de diversas perdas no processo de extração de ametistas. É possível destacar as perdas por espera, cujo percentual corresponde à 45,47% do tempo utilizado para a atividade de extração de geodos.

Entre as perdas por espera, destaca-se a paralisação das atividades na galeria para a sedimentação da poeira em suspensão e saída dos gases resultantes da detonação. Além da redução da produtividade, esta perda contribui significativamente para as más condições de trabalho observadas no garimpo e que prejudicam diretamente a saúde dos garimpeiros.

O mapeamento detalhado do processo de produção em uma frente de lavra do garimpo piloto em um dia de trabalho é apresentado no Apêndice S.

Observando-se as atividades que ocorreram durante este mapeamento, verifica-se que de todo o tempo de espera (227 minutos = 34,5% do tempo total), o maior tempo de parada registrado foi a parada para refeição, correspondendo há 133 minutos.

O percentual de cada atividade mapeada, neste dia de trabalho, é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Dados tabulados em um dia de trabalho em um garimpo de ametista

Atividade	Minutos	%
Processamento	366	55,6
Espera	227	34,5
Transporte	20	3,1
Inspeção	45	6,8
Total	658	100,0

Ao se analisar um processo de produção com a ótica do Mecanismo da Função Produção e monitorar o seu recurso restritivo, busca-se, além de reduzir ou eliminar as perdas ou desperdícios, reduzir o tempo de atravessamento do processo, visando obter o produto final mais rapidamente.

Neste caso, promovendo-se uma escala de trabalho entre os garimpeiros durante a parada para refeição de forma a não interromper a atividade na frente de trabalho, estará se reduzindo, proporcionalmente, o tempo de atravessamento do processo, acessando-se os geodos de ametista existentes na rocha encaixante mais rapidamente.

Assim, ao se considerar 20 dias de trabalho por mês e um tempo de espera médio de 120 minutos por dia para refeição, pode-se acelerar os trabalhos na frente de lavra em 240 minutos ou 4 horas por mês, equivalente a aproximadamente $\frac{1}{2}$ jornada de trabalho, reduzindo-se a perda por espera.

A atividade de processamento em si, a única que agrega valor ao produto, compreendeu 55,6% do tempo total da jornada de trabalho durante o período de monitoramento, correspondente a 366 minutos.

Por não se conhecer as características técnicas do material utilizado para detonação, feito artesanalmente, não é possível elaborar um plano de fogo de conformidade com os conceitos técnicos. Isto pode resultar em falha na detonação por falta deste material ou fragmentação excessiva da rocha encaixante ou, ainda, danos em geodos de ametista pelo excesso de material utilizado para a detonação.

A falha na detonação ou a fragmentação excessiva da rocha encaixante pode ser caracterizada como uma perda por processamento em si, enquanto que os danos aos geodos de ametista caracterizam-se por uma perda por fabricar produtos defeituosos.

Uma das atividades registradas no Apêndice S foi o retrabalho realizado devido a necessidade de colar o geodo de ametista, caracterizando-se como uma perda por fabricar produtos defeituosos.

Entre as diversas perdas observadas, é possível relacionar as seguintes, as quais indicam um potencial de melhorias a ser realizado no processo de produção de ametistas:

- a) institucionalização do conhecimento geológico visando identificar a presença de geodos de ametista. atualmente isto é feito de forma empírica, variando com o conhecimento e a experiência de cada garimpeiro. o mesmo ocorre na aproximação e remoção do geodo de ametista, muitas vezes danificado pela inexperiência do garimpeiro;
- b) a pólvora de fabricação própria não é padronizada, sendo difícil calcular a razão de carga e avaliar o resultado de sua utilização;
- c) o fio de cobre utilizado para as detonações não é previamente preparado, gerando perdas por espera;
- d) a pólvora pode ser encartuchada fora do garimpo, resultando em economia de pólvora, visto que no procedimento atual parte da mesma cai no chão da galeria durante a sua colocação nos furos inclinados. esta operação pode ser estudada e padronizada ou mesmo totalmente substituída por outro material explosivo;

- e) da mesma forma que a pólvora, o tamponamento dos furos pode ser previamente preparado, reduzindo-se o tempo de carregamento que é muito demorado, principalmente em furos inclinados;
- f) as ferramentas de uso comum não estão dispostas em um lugar específico e conhecido, o que demanda tempo para procurá-las na ocasião de seu emprego, gerando tempos de espera desnecessários;
- g) os equipamentos de perfuração não são alocados de forma eficiente, gerando tempo de espera em alguns horários pela falta dos mesmos e ociosidade em outros momentos. isto significa que a distribuição das atividades nas diversas galerias existentes no garimpo deve ser estudada;
- h) as detonações não são programadas, obrigando a paralisação de todas as demais atividades nas outras frentes de serviço do garimpo, aumentando o tempo de espera das mesmas;
- i) as condições insalubres de trabalho, devido a falta de ventilação adequada e o excesso de pó em suspensão nas galerias do garimpo, desgastam os trabalhadores, forçando-os a diversas paradas por falta de condição de trabalho e reduzindo a qualidade de vida dos mesmos.

5.2.3.2 A implantação de melhorias no processo de produção de ametista

A partir da principal prioridade dos trabalhadores da região, buscar formas de solucionar o problema da ventilação e da poeira na perfuração, foram tomadas ações³⁵ visando desenvolver uma gestão integrada nos garimpos de ametista, com base na sinergia entre a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.

A ventilação tem como principal objetivo fornecer ar fresco e limpo às frentes de trabalho em quantidade adequada para assegurar as condições mínimas de higiene e segurança aos

³⁵ Após o início do Programa de Desenvolvimento de Arranjos Produtivos de Pedras Preciosas e do Setor Joalheiro do Estado do Rio Grande do Sul ocorreram paralisações durante alguns meses. Este fato prejudicou o andamento dos trabalhos, particularmente no que se refere a coleta de dados quantitativos sobre o mapeamento do processo de produção de ametista.

trabalhadores. De acordo com a Norma Regulamentadora NR 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração, a ventilação deve prever um circuito de entrada de ar limpo por insuflação ou exaustão e a saída de ar contaminado do subsolo.

A implantação de um sistema de ventilação para as galerias dos garimpos da região de Ametista do Sul possibilita, na medida em que a renovação do ar nas galerias se processa, os seguintes benefícios:

- a) remoção de partículas geradas na atividade de perfuração do basalto com marteletes pneumáticos;
- b) remoção dos gases produzidos pela queima da pólvora no desmonte;
- c) propiciar um ambiente de maior visibilidade e segurança;
- d) minimizar a geração de ar quente e úmido, prejudiciais à saúde, devido a utilização de motores de combustão;
- e) Reduzir o tempo de espera para a eliminação dos gases, reduzindo o tempo de atravessamento do processo de produção de ametistas.

Durante a realização deste trabalho, observou-se que as galerias dos garimpos de ametista são, basicamente, de 2 tipos:

- a) Garimpos em que há somente uma galeria de entrada e saída. Nesses garimpos, a entrada e a saída de ar, de pessoas e de equipamentos são feitas em um mesmo túnel;
- b) Garimpos em que há um maior número de galerias com saída externa. Nesses garimpos, apesar da entrada e da saída de pessoas, materiais e equipamentos ser feita por apenas uma galeria, as trocas de ar entre o interior e o exterior podem ser feitas utilizando-se outras galerias conectadas entre si e com abertura ao exterior.

O garimpo piloto dispõe de apenas uma única galeria de acesso, servindo de meio para deslocamento de pessoas, equipamentos, materiais e para a renovação do ar. No sentido de transmitir noções básicas de ventilação de mina aos garimpeiros, instalou-se um duto de ventilação no garimpo piloto, insuflando-se o ar limpo para o interior do mesmo.

Além da instalação de um sistema de ventilação, outra melhoria, realizada de forma simultânea, foi a instalação de um sistema de perfuração a úmido para a eliminação da poeira resultante da atividade de perfuração.

A principal consequência de um ambiente insalubre nos garimpos de ametista é a alta incidência de pneumoconioses causadas pela aspiração das partículas de poeira de granulometria reduzida suspensas no ar.

Após a constatação da necessidade de priorizar ações para melhorar as condições de trabalho no interior dos garimpos, decidiu-se desenvolver um *kit* adaptável ao equipamento de perfuração, permitindo a perfuração com água e assim eliminando a principal fonte geradora de poeira em suspensão.

O protótipo desenvolvido consistiu de um cabeçote especial para utilização com água; da perfuratriz PWHP-12 normalmente utilizada nos garimpos de ametista; de um tanque para água pressurizado de 100 litros de capacidade; de uma válvula de dosagem de água e de uma válvula de segurança e registro de diâmetro 2 polegadas. Foram utilizadas mangueiras de entrada: tipo 3/4 de polegada, pressão de trabalho 7,0 kg/cm² e uma mangueira de ar/água: tipo 3/8 de polegada e pressão de trabalho 7,0 kg/cm².

A perfuração com o uso de água nas galerias dos garimpos de ametistas contribui, na lógica do Mecanismo da Função de Produção desenvolvida por Shingo (1966a), para a redução do tempo de espera em função da redução do tempo de suspensão das partículas de poeira nas galerias.

Esta melhoria possibilita a redução do tempo de atravessamento de produção (tempo decorrido desde o início do fluxo de produção até a obtenção do produto final).

A Tabela 8 mostra a redução obtida na concentração de partículas de poeira na galeria monitorada do garimpo piloto com a implantação da perfuração a úmido e do sistema de ventilação, conforme laudos de análises apresentados nos Anexos A e B. Devem ser realizadas ações complementares para que o valor medido se situe dentro do limite de tolerância permissível pela legislação em vigor (3,0 mg/m³).

Tabela 8 – Concentração de poeira em suspensão nas galerias do garimpo piloto

Data	Concentração de poeira mg/m ³
22.11.04	60,3
16.05.05	3,2

Com a redução da concentração da poeira em suspensão nas galerias do garimpo, constataram-se as seguintes melhorias:

- a) aumento de visibilidade para todas as operações;
- b) redução do tempo de espera para a saída dos gases nas galerias;
- c) redução do tempo de atravessamento de produção;
- d) aumento da produtividade pela substituição do tempo de espera para saída da poeira em suspensão pelo tempo de realização de atividades diretamente relacionadas ao desenvolvimento da frente da galeria do garimpo;
- e) redução do risco de doenças ocupacionais;
- f) redução do risco de acidentes;
- g) aumento da qualidade de vida dos trabalhadores (qvt) em função da redução de riscos de doenças ocupacionais e acidentes;

Além das noções básicas de ventilação transmitidas, da instalação de um duto de ventilação e de um sistema de perfuração a úmido, programou-se uma visita técnica às minas subterrâneas localizadas na região sul do Estado de Santa Catarina e que exploram minérios de carvão e fluorita, com o objetivo de as utilizar como *benchmarking*. Observou-se *in loco* a possibilidade de aumentar o conforto ambiental dos trabalhadores com relação às operações de subsolo, aumentando, simultaneamente, a segurança dessas operações.

Em consequência destas ações, a avaliação feita pelos garimpeiros com relação ao sistema de ventilação possibilitou constatar, de imediato: a) a rápida redução da poeira em suspensão nas galerias proveniente da atividade de perfuração no interior do garimpo; b) a renovação do ar nas frentes de trabalho pela insuflação de ar proveniente da atmosfera e c) a redução do tempo de espera para retorno à frente de trabalho após a detonação pela rápida exaustão dos gases provenientes da mesma.

Essas ações tiveram como resultado a sensibilização dos garimpeiros com relação a necessidade de se implantar um eficiente sistema de ventilação nos garimpos da região.

5.2.3.3 Resultados obtidos

Entre as melhorias realizadas no garimpo piloto, em função desta visita e da conscientização dos garimpeiros, pode-se citar:

- a) limpeza e organização das benfeitorias na entrada do garimpo piloto;
- b) monitoramento periódico da qualidade do ar;
- c) operações de perfuração que evitam a dispersão da poeira no ambiente de trabalho. Os equipamentos geradores de poeira com exposição dos trabalhadores devem utilizar dispositivos para sua eliminação ou redução e serem mantidos em condições operacionais de uso;
- d) sinalização externa e interna quanto ao uso de EPI e segurança das operações. Por exemplo, galerias são fechadas com corrente plástica antes das detonações, eliminando-se riscos de acidentes;
- e) utilização de engate rápido nas mangueiras de ar comprimido, agilizando as operações e reduzindo a perda de ar comprimido;
- f) construção de novo depósito para a pólvora, afastado do contato da energia elétrica, chama ou fagulhas e devidamente sinalizado;
- g) proibição do aproveitamento de furos falhados;
- h) revisão e conserto de toda a instalação elétrica do garimpo piloto, reduzindo riscos de acidentes. foram instalados disjuntores de modo a garantir a segurança no caso de curtos-circuitos. os quadros de distribuição elétrica foram fixados e aterrados e os locais de sua instalação de quadros de comando ventilados, sinalizados e protegidos contra impactos acidentais;
- i) implantação de instruções sobre uso de epi's adequados ao risco de cada operação, além da recomendação de uso de capacete, óculos, protetor auditivo, máscara para poeira e calçado. deve-se realizar uma análise criteriosa de riscos e identificar para cada função a necessidade de uso de epi's.
- j) como resultados qualitativos da implantação destas melhorias são possíveis observar:
- k) diminuição de poeira suspensa no ar;

- l) aumento de visibilidade;
- m) diminuição da umidade do ar e gases tóxicos;
- n) redução do risco de doenças ocupacionais;
- o) redução do risco de acidentes;
- p) aumento da segurança e integridade física de todos os trabalhadores;
- q) redução potencial da incidência de doenças relacionadas com poeiras, ergonomia, calor, umidade e outros.

A implantação de uma cultura nos garimpos de ametista voltada para o mapeamento do processo de produção de ametista, de acordo com a lógica do Mecanismo da Função de Produção, propicia a identificação das perdas existentes no mesmo e as respectivas ações visando a sua redução/eliminação.

É importante destacar que em função do desconhecimento prévio da existência ou não dos geodos de ametista na rocha encaixante, faz-se necessário que este mapeamento tenha foco nas frentes de lavra. Isto significa que o “produto” a ser monitorado, para efeitos do mapeamento do processo de produção de ametista, é a face da galeria, na qual pode estar ocorrendo o processamento (perfuração); o transporte (remoção de estéril detonado); a inspeção (verificação da qualidade do geodo de ametista) e a espera (galeria paralisada por falta de pessoal ou equipamento).

A redução de perdas no processo de produção de ametista propicia acesso mais rápido aos geodos contidos na rocha encaixante e, conseqüentemente, maior ganho do garimpo de ametista através das vendas para um período de tempo determinado.

A partir de 2007 houve uma maior conscientização por parte dos garimpeiros no sentido de implementar a perfuração a úmido e um sistema eficiente de ventilação nos garimpos da região. Em outubro de 2007 cerca de 20% dos garimpos já utilizavam a perfuração a úmido, caracterizando a quebra de um forte paradigma regional e aumentando a QVT dos trabalhadores.

5.2.4 Agregação de valor na cadeia de produção de gemas

Atualmente encontra-se em fase de análise e implantação outros projetos específicos para as regiões produtoras de gemas no Estado do Rio Grande do Sul, promovidos por instituições governamentais e particulares como o Ministério de Minas e Energia – MME, Prefeituras,

Cooperativas de Garimpeiros e a Fundação do Vale do Taquari de Educação e Desenvolvimento Social – FUVATES.

Entre estes projetos destaca-se o Projeto de Lapidação e Artesanato Mineral. O mesmo tem por objetivo fomentar o desenvolvimento sustentável dos garimpos da região de Ametista do Sul, através do aporte de máquinas e equipamentos que reduzam os custos de produção, aumentem a produtividade e, ainda, agreguem valor à cadeia de produção dos bens minerais produzidos na região, gerando uma maior qualificação da Força de Trabalho envolvida.

Este projeto será realizado em parceria com a Cooperativa de Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. (COOGAMAI), responsável pela disseminação de melhores práticas de mineração e introdução de processos de beneficiamento para o aumento da agregação de valor aos bens minerais produzidos na região.

Para atingir o objetivo, uma das principais estratégias consiste no aporte de máquinas e equipamentos de lapidação e artesanato mineral para a região, bem como da respectiva capacitação e orientação dos garimpeiros para o manuseio destes equipamentos.

De acordo com a COOGAMAI, os preços competitivos que podem ser obtidos na comercialização dos produtos e a demanda favorável do mercado, em âmbitos nacional e internacional, são fatores que viabilizam economicamente a utilização destes equipamentos.

Desta forma, em um primeiro passo, é prevista a introdução de metodologia de lapidação em grande escala dos chamados cabochões³⁶, calibrados e padronizados, com a utilização de pedras preciosas de baixo valor comercial.

A introdução desta tecnologia far-se-á através de processos de capacitação tecnológica dos garimpeiros. Como consequência, deve ocorrer uma redução dos custos, pela eliminação de intermediários no processo produtivo e, simultaneamente, maior agregação de valor na cadeia produtiva por atuação direta dos produtores.

Numa etapa futura é previsto o fornecimento de uma máquina de lapidação em grande escala de gemas facetadas e calibradas, com Controle Numérico Computadorizado (CNC). O projeto deste equipamento está sendo desenvolvido no Estado do Rio Grande do Sul pelo Centro Universitário FUVATES de Lajeado em parceria com a RW – Empresa de Equipamentos de Lapidação. Este projeto foi aprovado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT por meio da Rede Brasil de Tecnologia. O protótipo deste equipamento está apresentado na Figura 41.

³⁶ Gemas em formato arredondado



Figura 41 – Máquina de lapidação e facetadora CNC

Além do aporte de tecnologia na região, este projeto proporciona:

- a) introdução de novas formas de aproveitamento de gemas, substâncias minerais e de seus resíduos e rejeitos na produção de artefatos, produtos industriais e bijuterias;
- b) introdução de inovação em *design* dos produtos fabricados;
- c) capacitação tecnológica profissionalizante nos campos da lapidação e artesanato mineral;
- d) implantação e acompanhamento de alternativas associativas e comunitárias para a produção, valorização e comercialização dos bens minerais.

5.2.5 Considerações Finais

O estudo deste cenário vem sendo realizado através do Programa de Desenvolvimento de Arranjos Produtivos de Pedras Preciosas e do Setor Joalheiro no Estado do Rio Grande do Sul a partir de 2004.

Da mesma forma que na mineração de calcário, o Método de Pesquisa utilizado foi a pesquisa-ação, buscando o envolvimento e a participação dos trabalhadores deste cenário mineral para a integração dos conceitos, ferramentas e técnicas de Engenharia de Minas e Engenharia de

Produção. A partir do Modelo Inicial de Intervenção e do estudo desenvolvido na mineração de ametista, pode-se destacar as seguintes questões:

5.2.5.1 Conhecimentos intrínsecos à Engenharia de Minas:

O estudo realizado neste cenário mostra a necessidade de disseminação de conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas entre os trabalhadores desta atividade mineral. Neste sentido, os garimpos devem se tornar, também, organizações de aprendizagem.

Questões básicas como um sistema de ventilação eficiente no subsolo; instalação de circuito de água para perfuração a úmido e noções sobre utilização e manuseio de explosivos propiciam maiores condições de trabalho, mais segurança e maior produtividade, sendo necessário realizar processos de capacitação tecnológica com foco nestes tópicos.

5.2.5.2 Perdas nos fluxos de produção:

Para o mapeamento do fluxo de produção houve a necessidade de se adotar um critério específico para esta atividade mineral. Isto porque, neste caso, não há a transformação de uma matéria-prima mineral em um produto final, como ocorre na mineração de fluorita e na mineração de calcário.

Neste cenário, o resultado do processo de produção já se encontra na sua forma final como um geodo de ametista, não existindo sua transformação gradativa ao longo das operações que compõem o processo de produção. A obtenção do geodo de ametista neste processo de produção é consequência de sua existência na natureza, podendo ou não ocorrer a sua produção na medida em que a galeria do garimpo é desenvolvida. Desta forma, o acesso aos geodos de ametista existentes será tão mais rápido quanto maior for a velocidade de desenvolvimento das galerias do garimpo.

Assim, o processo de produção pode ser considerado como composto das atividades que possibilitam o acesso aos geodos de ametista jacentes na rocha encaixante. Por esta razão, adotou-se o critério de monitorar o processo de produção deste cenário considerando-se como “produto” o desenvolvimento da frente da galeria no garimpo.

Conseqüentemente, para efeitos de mapeamento, poderá estar ocorrendo o processamento (furação da galeria); o transporte (remoção de rocha encaixante detonada); a inspeção (verificação da qualidade do geodo de ametista) e a espera (galeria paralisada por falta de pessoal ou equipamento de perfuração).

A partir deste mapeamento torna-se possível identificar as perdas existentes no fluxo de produção, tomando-se ações para sua eliminação/redução. Para que isto ocorra, os conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção devem ser transmitidos aos trabalhadores desta atividade mineral.

5.2.5.3 Segurança e Qualidade de Vida no Trabalho :

Ao se analisar simultaneamente o Modelo Inicial de Intervenção desenvolvido na mineração de fluorita e este cenário de estudo destacam-se como questões centrais a Segurança e a Qualidade de Vida dos Trabalhadores (QVT). Estas questões não foram abordadas no Modelo Inicial de Intervenção, mas surgiram como questões prioritárias para a realização de melhorias no processo de produção de ametistas.

Conforme se observa no desenvolvimento do estudo, a melhoria da qualidade do ar no interior dos garimpos constituiu-se na abordagem principal para a realização de melhorias: os trabalhos realizados buscaram reduzir a poeira em suspensão proveniente da perfuração a seco e os gases oriundos das detonações, através de duas ações especificam: a) implantação da perfuração a úmido e b) instalação de um sistema de ventilação eficiente. A concentração de poeira em suspensão passou de 60,3 mg/m³ para 3,2 mg/m³, próximo ao limite máximo de 3,0 mg/m³ permitido pela legislação em vigor.

Ações relacionadas com a segurança do trabalho também se destacam no estudo deste cenário. Faz-se necessidade o treinamento em questões de segurança para haver uma maior conscientização dos trabalhadores com relação aos riscos existentes na atividade de mineração. Ações como o isolamento de uma galeria com uma corrente antes da detonação e a revisão das instalações elétricas do subsolo tendem a contribuir para a redução do índice de acidentes nos garimpos da região.

Além das melhorias qualitativas no processo de produção, ocorrem melhorias quantitativas devido à redução dos tempos de espera para eliminação da poeira em suspensão e dos gases oriundos das detonações, os quais devem ser transformados em tempos produtivos.

5.2.5.4 Sistema de gestão:

À semelhança do cenário da mineração de calcário apresentado anteriormente, no cenário da mineração de ametista faz-se necessário a transformação dos garimpos em organizações de aprendizagem para assimilação e implantação de metodologias intrínsecas à Engenharia de Minas e metodologias de gestão da Engenharia de Produção.

A partir da análise do cenário de mineração de ametista, pode-se concluir que o sistema de gestão proposto pelo Modelo Final de Intervenção desta tese deve considerar, também, as questões relacionadas com a segurança e a Qualidade de Vida dos Trabalhadores na atividade mineral.

5.3 MINERAÇÃO DE CARVÃO

Na seqüência deste trabalho foi realizado um Estudo de Caso no cenário da mineração de carvão, cujo foco se restringiu à análise do desenvolvimento de novos produtos. O objetivo consiste em estudar a possibilidade das empresas de mineração ampliarem sua área de atuação através da incorporação de novas fatias do mercado. Para tanto, foi selecionada uma empresa de mineração localizada na região sul do Estado de Santa Catarina, importante pólo de exploração de carvão no Brasil.

A partir do final da 2ª Guerra Mundial, com a criação da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN em Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro, a produção de carvão mineral no Estado de Santa Catarina teve como principal mercado o fornecimento de carvão metalúrgico para esta empresa.

Buscando o melhor aproveitamento das potencialidades energéticas do carvão mineral, foram criados diversos planos de desenvolvimento e apoio à mineração de carvão pelo Governo Federal. Estes planos de desenvolvimento levaram ao aprimoramento das técnicas de lavra, mas também a dependência deste segmento industrial aos órgãos governamentais, tendo em vista que os preços

apesar de subsidiados eram calculados e definidos por estes órgãos, a partir de planilhas de custo apresentadas pelas empresas mineradoras.

Após um período de crise nas décadas de 80 e 90, quando houve a abertura de mercado para o carvão metalúrgico e a redução de empregos na região, as empresas produtoras de carvão mineral na região sul do Estado de Santa Catarina passaram a investir na pesquisa tecnológica, buscando desenvolver produtos alternativos. Como consequência, houve uma diversificação e ampliação do mercado para o denominado carvão energético, utilizado '*in natura*' como combustível nas usinas termelétricas.

5.3.1 A empresa de mineração

A empresa na qual foi realizado este estudo de caso é a Carbonífera Criciúma S. A., empresa tradicional na produção e beneficiamento de carvão do Estado de Santa Catarina, resultado da fusão entre a Carbonífera Caeté Ltda. e a Carbonífera Cocal Ltda..

Em junho de 1981 a Carbonífera Criciúma S.A. firmou contrato com o Ministério das Minas e Energia (Programa Pró-Carvão - Contrato EII 81/03327-8), pelo qual financiou a implantação da Unidade Mineira II – Verdinho, em operação desde junho 1982.

Nesta unidade de mineração é explorada a camada denominada Barro Branco, minerada pelo método tradicional de câmaras e pilares em uma profundidade média de 150 metros. A capacidade nominal da mesma é de 2.500.000 t/ano de minério bruto (carvão ROM).

Além da Unidade Mineira II - Verdinho, a empresa possui uma reserva geológica com cerca de 100 milhões de toneladas, denominada Unidade Mineira III, a ser minerada na camada de carvão denominada Bonito.

5.3.2 Características geológicas

O carvão mineral é uma substância sólida, formada pela decomposição parcial de restos vegetais, litificada e enriquecida em carbono através de um processo de formação lento, estimado em dezenas de milhões de anos.

O processo de carbonificação compreende a alteração de uma matéria vegetal original que passa por um processo gradual de perda de água (H₂O) e oxigênio (O₂). Estas perdas são acompanhadas de um enriquecimento proporcional em carbono (C), passando por diferentes estágios identificados pelo maior ou menor grau deste enriquecimento.

A Tabela 9³⁷ apresenta a classificação dos diferentes tipos de carvão de acordo com as variáveis físico-químicas que os caracterizam.

Tabela 9 – Classificação dos diferentes tipos de carvão

Fonte: (Carbonífera Criciúma S. A.)

	TURFA	LINHITO	CARVÃO	ANTRACITO
DENSIDADE (%)	1	1 a 1,3	1,2 a 1,5	1
UMIDADE (%)	65 a 90	15 a 45	1 a 3	< 1
CARBONO (%)	55	65 a 75	75 a 90	90 a 96
HIDROGÊNIO (%)	6	5	4,5 a 5,5	2 a 5
OXIGÊNIO (%)	33	25	3 a 11	4 a 11
MAT. VOLÁTIL (%)	60	40	10 a 45	3 a 10
CARBONO FIXO (%)	25	35	25 a 80	90
CINZAS (%)	10	9	0,5 a 40	3 a 30
PODER CALORÍFICO (Cal/g)	4000 a 5700	< 5700	5700 a 9600	8200 a 9200
PODER REFLETOR (vitrinita)	-	0,5	0,5 a 1,5	2,2

Os carvões no sul do Brasil são originados de tecidos lenhosos, tais como celulose, esporos, resinas, algas e outros hidrocarbonetos, cuja carbonificação resulta em constituintes microscópicos denominados macerais, os quais são responsáveis pelo aspecto lamelar destas rochas.

A principal camada de carvão explorada na região sul do Estado de Santa Catarina é a camada Barro Branco, constituída de um pacote de rochas sedimentares, apresentado na Figura 42. A caracterização físico-química da Camada Barro Branco é apresentada na Tabela 10.

³⁷ Fonte: Perfil Analítico do Carvão – Boletim no 6 (DNPM, 1987), obtido a partir de documentação interna da Carbonífera Criciúma S. A. intitulado “Texto Pedagógico – Carvão Mineral”, datado de 28.02.2003.

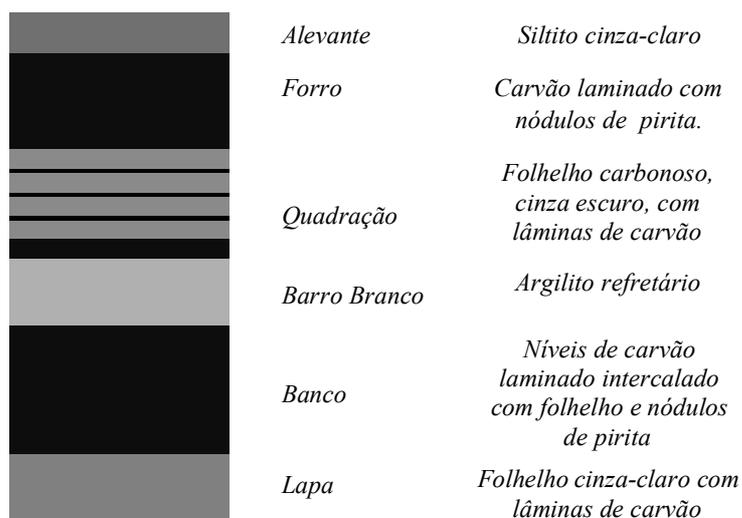


Figura 42 – Perfil geológico da Camada Barro Branco

Fonte: (Carbonífera Criciúma S. A.)

Tabela 10 – Caracterização química da Camada Barro Branco

Fonte: (Carbonífera Criciúma S. A.)

<i>Análise Imediata e Elementar</i>		<i>Composição Química das Cinzas</i>	
PARÂMETRO	TEOR	ELEMENTO	TEOR
Cinza	59,60 %	SiO ₂	55,70 %
Enxofre	3,76 %	Al ₂ O ₃	26,50 %
Material Volátil	16,47 %	Fe ₂ O ₃	7,50 %
Carbono Fixo	23,93 %	TiO ₂	1,20 %
Carbono	30,56 %	P ₂ O ₅	0,19 %
Hidrogênio	2,14 %	MnO	0,09 %
Nitrogênio	0,67 %	CaO	2,30 %
O + Halogênios	3,76 %	MgO	0,45 %
Umidade Higroscópica	1,21 %	Na ₂ O	0,20 %
FSI	1,0	K ₂ O	2,70 %
HGI	59	SO ₃	0,70 %
PCS	2.851,67 Kcal/Kg	P.F.	1,20 %

5.3.3 O processo de produção de carvão

O processo de produção na empresa objeto deste estudo de caso compreende a lavra subterrânea de carvão e o posterior beneficiamento mineral para a obtenção de diversos produtos. O método de lavra é descrito na seqüência.

5.3.3.1 Método de lavra

O método de lavra utilizado na empresa de mineração considerada é o denominado “*room and pillar*” (câmaras e pilares), apresentado na Figura 43.

O escoramento de teto é feito com parafusos de resina, cujos furos são feitos por uma perfuratriz roto-percussiva com perfuração a úmido.

Após a operação de perfuração da frente da galeria os furos são carregados com explosivos e detonados. O minério desmontado é carregado por mini-carregadeiras eletro-hidráulicas, com basculamento em correias transportadoras de 42 polegadas, capacidade de 600 t/h, as quais são monitoradas por circuito interno de TV.

O circuito de correias transportadoras transporta o minério bruto até a superfície por um plano inclinado com 560 metros de comprimento, utilizado também para acesso de pessoal, veículos e equipamentos pesados.

Além do plano inclinado, existem outros dois pontos de acesso ao subsolo: o Poço nº 1, para drenagem e transporte de pessoal, veículos e materiais e o Poço nº 2 utilizado para ventilação, no qual está instalado um exaustor de 500 CV.

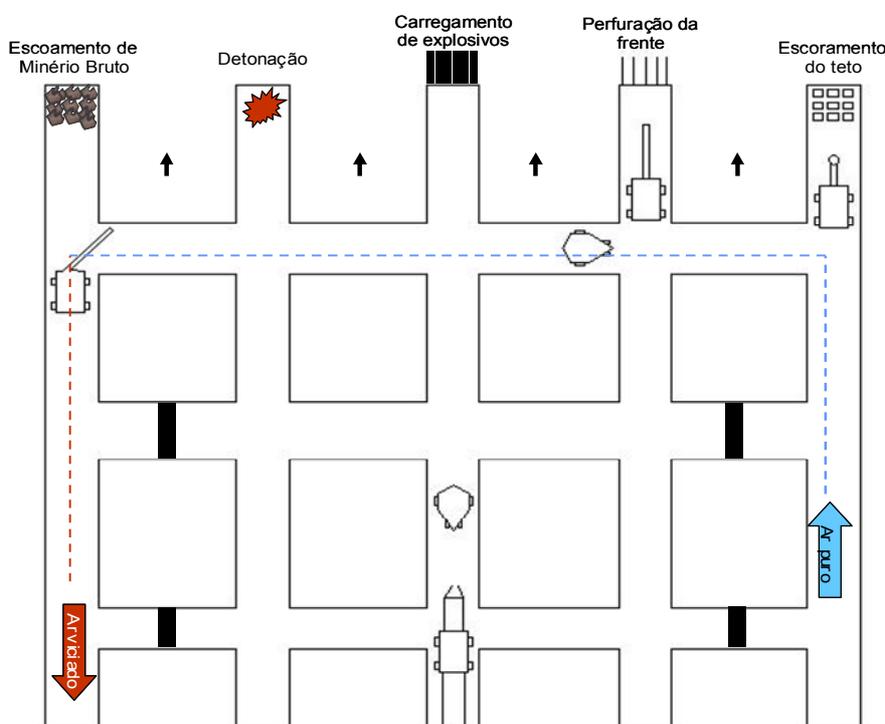


Figura 43 – Método de lavra *room and pillar* na mineração de carvão

Na Figura 44 são mostrados dois equipamentos utilizados na lavra subterrânea na empresa: a) a perfuratriz para a realização de furos na frente da galeria e b) a mini-carregadeira para transporte do minério desmontado das frentes para as correias transportadoras.



Figura 44 – Equipamentos de lavra subterrânea de carvão

Fonte: (Carbonífera Criciúma S. A.)

5.3.3.2 Beneficiamento mineral

O minério bruto transportado do subsolo pelo Plano Inclinado é transferido para as instalações de beneficiamento mineral. O processamento inicia-se com a classificação granulométrica, feita por um jogo de peneiras classificatórias de duplo *deck*, seguindo-se o processo de cominuição com a utilização de dois britadores cônicos e um britador de mandíbula. O minério é britado a uma fração inferior a 31,75 cm.

A partir da pilha do minério britado, com capacidade útil de 7.000 toneladas, o material segue por correia transportadora até o silo da usina de beneficiamento.

Na seqüência o minério é separado em duas frações (grossa e fina) em uma peneira (malha < 1mm), sendo estas direcionadas a dois circuitos independentes:

- a) circuito de finos, com capacidade de 60 t/h, formado por um conjunto de hidrociclones, espirais e células de flotação para processamento do minério fino ($\varnothing < 1,0$ mm), separação sólido-sólido por via úmida;

- b) circuito granulado, com capacidade de 600 t/h, constituído por um jigge batac³⁸ de duplo leito (2 x 300 ton/h) onde se processa o minério grosso ($\phi > 1,0$ mm), separação sólido-sólido via úmida.

Na Figura 45 são mostrados dois equipamentos do fluxograma das instalações de beneficiamento mineral: *a)* o jigge BATAC e *b)* as células de flotação:



Figura 45 - Equipamentos de beneficiamento mineral de carvão

Fonte: (Carbonífera Criciúma S. A.)

Os principais mercados consumidores de carvão são: *a)* a indústria de geração de energia, que utiliza o carvão energético como combustível nas usinas termelétricas e *b)* a indústria siderúrgica que utiliza o carvão metalúrgico como matéria-prima em altos fornos.

Os tipos de carvão energético produzidos são definidos pelo seu poder calorífico, por exemplo, CE-3100, carvão energético com 3.100 cal/g (calorias/grama). No Brasil são produzidos regularmente sete tipos de carvão energético, a saber: CE-3100, CE-3300, CE-4200, CE-4500, CE-4700, CE-5200 e CE-6000, obtidos a partir do beneficiamento do minério bruto (Borba, 2001).

O principal produto da Carbonífera Criciúma S. A. é o carvão energético granulado para a geração termelétrica.

Na Figura 46 estão indicados os produtos obtidos a partir da extração e beneficiamento mineral de carvão na empresa objeto deste estudo de caso.

³⁸ Jigge: equipamento utilizado para separação gravimétrica de minério.

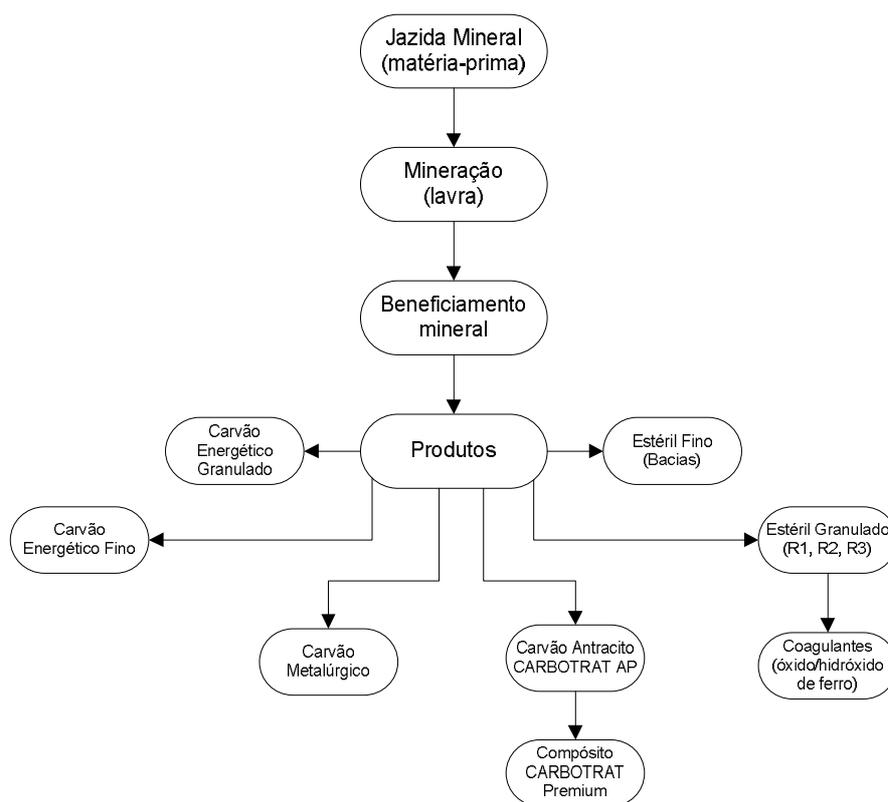


Figura 46 – Produtos da Carbonífera Criciúma S. A.

Fonte: (Carbonífera Criciúma S. A.)

Nas águas subterrâneas, o ferro provém dos solos e dos minerais com os quais a água tem contato. O ferro³⁹ é um dos materiais mais abundantes na natureza, apresentando-se sob a forma de diversos minerais, tais como, hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_2), calcopirita (CuFeS_2) e pirita (FeS_2), entre outros.

Geralmente as águas subterrâneas ferruginosas apresentam-se cristalinas. Porém, logo após serem captadas, ao cabo de algumas horas de exposição ao ar, elas se tornam leitosas e em seguida amareladas em virtude das reações de oxidação. Na região carbonífera do sul do Estado de Santa Catarina este fenômeno é constatado na drenagem local.

Um dos produtos desenvolvidos pela empresa, o carvão CARBOTRAT AP funciona como um catalisador, acelerando a velocidade de oxidação, não tomando necessário, muitas vezes, a adição de reagentes químicos para realizar o tratamento. O mesmo é utilizado para o tratamento de água potável.

³⁹ Informações coletadas de documentação interna da empresa objeto de estudos.

A eficiência obtida através da filtração da água está diretamente relacionada com a uniformidade do meio filtrante; a forma geométrica dos grãos e o tamanho das partículas. A penetração de impurezas no meio filtrante é maior quanto mais uniforme for o leito. Afirma a empresa que o carvão CARBOTRAT AP é uniforme, possuindo um coeficiente de uniformidade próximo de 1,0. Esta uniformidade resulta em maiores durações da carreira de filtração, ou seja, maior quantidade de água é produzida por leito filtrante.

A filtração em leito de contato é um processo que vem se difundindo amplamente no tratamento de águas contaminadas com ferro, principalmente em águas subterrâneas, e consiste em três etapas de filtração consecutivas para a remoção do ferro: a) a adsorção de íons ferro na superfície do sólido; b) a oxidação (com complexos oxigenados da superfície ou oxigênio molecular adsorvido na superfície) e c) precipitação de ferro férrico (Fe^{+3}) no leito de contato.

A pesquisa e desenvolvimento do carvão CARBOTRAT foi realizada através de convênio entre a Carbonífera Criciúma S. A. e a Universidade Federal de Santa Catarina. O mesmo possui características compatíveis com a Norma NBR 14234 da ABNT e foi testado e aprovado pelas companhias de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina e São Paulo. Este produto encontra-se no mercado desde meados de 2002.

Outro produto desenvolvido pela Carbonífera Criciúma S. A. é o CARBOTRAT Premium que atua como um meio filtrante na remoção física de cor e turbidez, e como um meio adsorvente na remoção química de cátions e ânions solúveis na água. Utilizado isoladamente em filtros de camada única, este produto remove, através da filtração adsortiva, impurezas presentes na água, tais como: cátions, ânions, vírus e bactérias.

Segundo dados obtidos em pesquisas conduzidas pela empresa, entre as vantagens e benefícios da filtração adsortiva com este produto, pode-se citar:

- a) redução de cátions metálicos dissolvidos na água, tais como ferro, manganês, alumínio, cobre, zinco, arsênio, cádmio, cromo, bário e chumbo;
- b) redução de ânions solúveis presentes na água, tais como sulfeto, fluoreto, fosfato e cloro residual livre;
- c) redução dos teores de cátions e ânions a níveis muito inferiores aos alcançados com a coagulação/floculação/decantação/filtração convencional;
- d) alta atividade bacteriostática, eliminando inúmeras colônias de bactérias, protozoários e outros microorganismos nocivos;

- e) remove cor, turbidez, odor e sabor presentes na água;
- f) facilmente adaptável aos sistemas convencionais de tratamento de água;
- g) tempo de vida útil estimado de dois anos – para manutenção da reatividade superficial;
- h) filtração mais eficiente do que em areia convencional;
- i) possui: alta condutividade hidráulica; boa resistência à abrasão; baixa solubilidade em meio ácido e básico; alta uniformidade granulométrica com o diâmetro efetivo igual a 0,85 e coeficiente de uniformidade igual a 1,5;
- j) produz água filtrada de ótima qualidade.

a produção industrial do carbotrat premium teve início em novembro de 2006.

Um novo produto obtido pela empresa provém da reutilização dos resíduos industriais ricos em ferro (Estéril Granulado R1, R2 e R3). Estes, após um tratamento apropriado, podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de Coagulantes Férricos e de Alumínio e compósitos de ferro e alumínio e que constitui o Óxido/Hidróxido de Ferro.

5.3.3.3 Pesquisa e desenvolvimento tecnológico

O acirramento da competitividade em um mundo globalizado como o atual faz com que as empresas busquem novos nichos de mercado com o objetivo de utilizar suas capacidades instaladas, reduzindo seus custos de produção e aumentando seu Ganho.

Neste sentido, faz-se necessário investir no desenvolvimento tecnológico buscando a obtenção de novos produtos que possam atender tanto as necessidades do mercado nos quais as empresas tradicionalmente atuam, bem como as necessidades de novos mercados. Acrescente-se a esta situação que, particularmente no caso da indústria de mineração, surgem também questões relacionadas com o meio ambiente, visto que, tradicionalmente, esta indústria é vista como agente de poluição e de degradação ambiental.

Buscando desenvolver novos produtos e considerando as questões ambientais existentes na região de extração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina, a Carbonífera Criciúma S. A., a partir de meados de 1988, incentivou a realização de pesquisas para o desenvolvimento de produtos para o tratamento de água potável, água industrial e efluentes industriais, através de sucessivos

projetos desenvolvidos em parceria com instituições de pesquisa tecnológica. Entre estas instituições pode-se citar o CIENTEC (RS), o CETEM (RJ) e o IPT (SP), bem como instituições de ensino e pesquisa como a UFSC e a UNESC.

Para o desenvolvimento destes trabalhos a Carbonífera Criciúma S. A. criou a Divisão Química, que tem entre seus objetivos a expansão dos negócios da Carbonífera Criciúma S. A. através de sua entrada no mercado de produtos químicos para o tratamento de águas e efluentes.

5.3.4 Considerações Finais

O Método de Pesquisa utilizado neste cenário foi o Estudo de Caso. O foco deste estudo está relacionado com o desenvolvimento de novos produtos a partir da matéria-prima mineral, buscando atender as necessidades dos clientes atuais e o desenvolvimento de novos clientes.

Considerando-se a exploração de recursos minerais e a necessidade de preservação do meio ambiente, a indústria de mineração necessita gerenciar suas atividades observando estes dois fatores simultaneamente. Assim, a partir da própria matéria-prima mineral, a empresa objeto de estudo realizou pesquisas com foco no controle ambiental, desenvolvendo produtos para o tratamento de efluentes industriais e para o tratamento de água potável.

No SFP o rejeito das instalações de Preparação, constituído de brita, é comercializado como um novo produto, para revestimento de pátio, sendo utilizado, ainda, nas obras de construção civil da própria empresa.

O desenvolvimento de novos produtos está relacionado com a experimentação contínua, a criatividade e o rastreamento de novas idéias, atividades intrínsecas aos subsistemas de uma organização de aprendizagem segundo Leonard-Barton (1992) e a assimilação de novos conhecimentos, caracterizando o Aprendizado I (*Exploration*) segundo Crossan, Lane e White (1999) e a Defasagem 1 segundo Pantaleão (2003).

Para ampliar sua participação no mercado, além do desenvolvimento de novos produtos a partir de sua matéria-prima mineral, o modelo de gestão proposto no Modelo Final de Intervenção sugere que as empresas de mineração tenham foco na prestação de serviços a outros segmentos industriais, a partir da ótica do cliente.

Desta forma, inicialmente é necessário identificar quais são as necessidades do cliente. A partir daí, a idéia é viabilizar o uso dos recursos minerais disponíveis, que podem resultar no uso de novas tecnologias e equipamentos.

No Modelo Inicial de Intervenção desenvolvido na mineração de fluorita, que deu origem ao SFP, não houve foco no desenvolvimento de novos produtos. Isto ocorre em virtude da situação da empresa objeto de estudos, cuja produção, verticalizada, se destina prioritariamente a atender a empresa proprietária do ramo químico, através do fornecimento de fluorita grau ácido para produção de ácido fluorídrico.

Neste trabalho, o desenvolvimento de novos produtos se constitui em uma questão importante de discussão, uma vez que este estudo busca a ampla utilização dos recursos disponíveis em uma empresa de mineração com vistas a redução dos custos operacionais e o aumento do Ganho através de ações como a da criação da Divisão Química na Carbonífera Criciúma S. A. para atuar no mercado de produtos destinados ao tratamento de águas e efluentes. Trata-se da inovação focada no desenvolvimento de novos produtos e na busca de novos mercados.

CAPÍTULO 6

6. PROPOSTA DO MODELO FINAL DE INTERVENÇÃO

A partir de um Modelo Inicial de Intervenção composto por um Referencial Teórico e pelo Sistema Floral de Produção (SFP) desenvolvido na Mineração Floral Ltda., esta tese propõe um Modelo Final de Intervenção para a indústria de mineração, denominado Modelo de Gestão Integrada. Este modelo busca a ampla utilização dos recursos disponíveis nas empresas de mineração e a maximização dos seus resultados técnicos e econômicos, visando contribuir para que a indústria de mineração, além de fornecedora de *commodities*, possa se tornar, também, uma indústria prestadora de serviços a outros segmentos industriais, reduzindo seus custos operacionais e aumentando seu Ganho.

Ward (1992) relaciona um conjunto de atributos que a gerência de uma Organização deve ter como forma de assegurar o seu sucesso, os quais são considerados no Modelo Final de Intervenção, tais como:

- a) “Ser orientada para a ação: sugerindo que todos os níveis de gerência e supervisão sejam pró-ativos, prontos para agir, implementar mudanças, iniciar novos programas e resolver problemas;
- b) Ter pessoal dedicado: no sentido de maximizar a produtividade, todos os colaboradores da organização devem compreender os desafios e se dedicar para a realização de melhorias;

- c) Ter simplicidade: todas as atividades devem ser enxutas. Cada função deve ser examinada para verificar se ela pode ser eliminada ou simplificada;
- d) Ser comprometida com a realização de melhorias e com a inovação: para que a organização se torne competitiva e sobreviva em um cenário cada vez mais globalizado;
- e) Estar em contato com o cliente: a maioria das empresas de mineração produz *commodities*, com poucas oportunidades de diferenciação. Desta forma, é necessário ter criatividade para se manterem competitivas. O contato com o cliente permite conhecer suas necessidades e, desta forma, obter produtos com especificações que as atendam;
- f) Enfatizar a necessidade do lucro: o gerente deve ter responsabilidade na obtenção dos resultados da empresa exercendo o controle da produção com vistas à lucratividade. Adicionalmente, deve haver uma compensação aos colaboradores vinculada ao aumento da eficiência e da produtividade da organização;
- g) Ser flexível: nada é permanente a não ser a mudança e, portanto, uma organização de sucesso se antecipa às mudanças respondendo apropriadamente às mesmas. Os preços dos metais, as políticas, as relações trabalhistas e as condições operacionais mudam, devendo uma gerência pró-ativa tomar ações para reduzir as desvantagens e aproveitar as oportunidades que surgem.”.

O Modelo Final de Intervenção proposto nesta tese se insere nesta lógica e compreende uma estrutura de mudanças e um processo de mudanças, discutidos na seqüência.

6.1 MODELO FINAL DE INTERVENÇÃO

A construção do Modelo Final de Intervenção propõe a integração de dois ramos da Engenharia: a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.

O primeiro ramo, da Engenharia de Minas, busca o melhor aproveitamento dos recursos minerais através da tecnologia de lavra e tecnologia de beneficiamento mineral. Neste sentido, a tecnologia utilizada deve propiciar a eficiente exploração e recuperação do minério bruto disponível em uma jazida, bem como a obtenção de bens minerais a partir do mesmo, cujas características físico-químicas atendam as especificações demandadas pelos clientes.

O segundo ramo, da Engenharia de Produção, através de metodologias de gestão, busca a melhor utilização dos recursos disponíveis (minérios, pessoas, equipamentos e instalações), com vistas à eficiente utilização dos mesmos para a redução dos custos de produção e o aumento do Ganho das empresas de mineração.

A construção deste modelo deve ser realizada com o envolvimento de todos os colaboradores da empresa, através do aumento do ativo de conhecimento da mesma. Neste sentido, a empresa tende a se tornar uma organização de aprendizagem. Para tanto, as habilidades e a criatividade dos colaboradores da empresa passam a ser consideradas como fundamentais neste modelo, não só pela busca de soluções para os problemas existentes como também para o rastreamento de novas idéias.

Neste sentido, afirma Glauser (2005, p.6) que “no modelo Toyota são as pessoas que mantêm o sistema vivo através do trabalho, comunicação, resolução de questões e crescimento conjunto. O Modelo Toyota motiva, sustenta e, de fato, promove o envolvimento dos colaboradores. Ele é muito mais do que um conjunto de técnicas de eficiência e melhorias. É uma cultura que depende da atitude do colaborador para reduzir estoques, identificar problemas ocultos e comprometer-se com um senso de urgência, determinação e trabalho em equipe. O Sistema Toyota de Produção pode ser copiado, mas o Modelo Toyota não. Ele deve ser construído, sustentado e refinado ao longo de décadas.”

Este modelo se torna realidade em uma Organização a partir da implantação de um conjunto de mudanças na mesma. Estas mudanças compreendem não só as mudanças de caráter técnico, tais como a utilização de métodos de lavra e beneficiamento mineral adaptados à realidade de cada jazida mineral, mas também as mudanças de caráter comportamental e cultural, envolvendo os colaboradores da Organização para a assimilação e adaptação de novos conceitos, técnicas e ferramentas para a realização de suas atividades profissionais.

O Processo de Pensamento da Teoria das Restrições se constitui em uma abordagem para a implantação de mudanças nos processos de produção de uma Organização através da realização de melhorias, sendo necessário, para tanto, responder três perguntas:

- a) O que mudar?
- b) Para o que mudar?
- c) Como realizar a mudança?

A resposta para a primeira pergunta passa pelo entendimento do cenário atual da Organização. A segunda pergunta implica decidir qual a situação desejada no futuro para a mesma,

compreendendo uma estrutura de mudanças, enquanto que a terceira pergunta é respondida através do método utilizado para que as mudanças sejam realizadas através de um processo de mudanças.

6.1.1 Cenário atual

Em função do cenário mundial atual, caracterizado pela globalização e a competição econômica, é necessário que as empresas de mineração desenvolvam metodologias de gestão nas quais, além da exploração eficiente de matérias-primas minerais com métodos de lavra e beneficiamento mineral adaptados às características de cada jazida mineral, sejam utilizados conceitos, técnicas e ferramentas alinhados com a melhoria contínua e sistemática de sua competitividade.

Isto se faz necessário para a redução dos custos de produção e o aumento do Ganho, obtidos pela ampla utilização dos recursos disponíveis, como forma de assegurar a sua sobrevivência.

Tanto na empresa de mineração de fluorita do SFP, como nos outros três cenários utilizados para o desenvolvimento desta tese (mineração de calcário, ametista e carvão) constatou-se a predominância das técnicas de mineração em relação às técnicas de gestão.

Nestas minerações, o foco principal da gestão é utilizar as melhores práticas de mineração com o objetivo de se obter o melhor aproveitamento do minério bruto e a maior recuperação da jazida, sem considerar a implantação de modernas técnicas de gestão. Em função das características geológicas do corpo mineral, são utilizados para a sua exploração os métodos de lavra e beneficiamento mineral que melhor atendam estes requisitos.

Em função destas considerações, o Modelo Final de Intervenção preconiza a mudança do cenário atual das empresas de mineração, oportunizando as mesmas a se tornarem, além de empresas fornecedoras de produtos considerados *commodities* a outros segmentos industriais, também empresas prestadoras de serviços, ampliando sua participação no mercado, reduzindo seus custos operacionais e aumentando seu Ganho. Estas ações, tomadas de forma simultânea e sincronizada, tendem a apontar para melhorar a posição competitiva das empresas que atuam na Indústria de Mineração.

6.1.2 Estrutura de mudanças

A estrutura de mudanças proposta no Modelo Final de Intervenção corresponde ao conteúdo das mudanças e visa estabelecer como elas serão implantadas nas empresas de mineração para que o objetivo de integrar a tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas com a tecnologia de gestão da Engenharia de Produção seja atingido.

A estrutura proposta nesta tese corresponde a uma adaptação da estrutura sugerida por Klippel (1999a, p.92) para o Sistema Floral de Produção, desenvolvida a partir da estrutura do STP apresentada por Ghinatto (1996, p.132), e está representada na Figura 47.

A estrutura de mudanças tem por objetivo obter melhores resultados organizacionais através da melhor e mais eficaz utilização dos ativos, com a ampliação da participação no mercado, redução dos custos operacionais e aumento do Ganho global.

O alicerce no qual se fundamenta a estrutura de mudanças para o atingimento deste objetivo é a gestão integrada dos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção, suportada por um diagnóstico situacional com vistas a avaliar o grau de sinergia existente entre os dois ramos da Engenharia considerados.

Após a avaliação desta sinergia, a integração dos conceitos, técnicas e ferramentas destes dois ramos da Engenharia é realizada através da transformação da mesma em uma organização de aprendizagem. Nesta organização de aprendizagem não só os conhecimentos já existentes (*exploitation*) mas também a assimilação de novos conhecimentos (*exploration*) são transferidos aos colaboradores objetivando a assimilação, integração e sedimentação destes conhecimentos, os quais sustentarão a gestão integrada proposta nesta tese.

A partir da inovação na forma de gestão, com a integração dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção, a Organização tende a inovar desenvolvendo novos produtos e novos processos e, também, buscando novos mercados. Neste sentido, a inovação torna-se, também, um pilar de sustentação da Estrutura de Mudanças proposta.

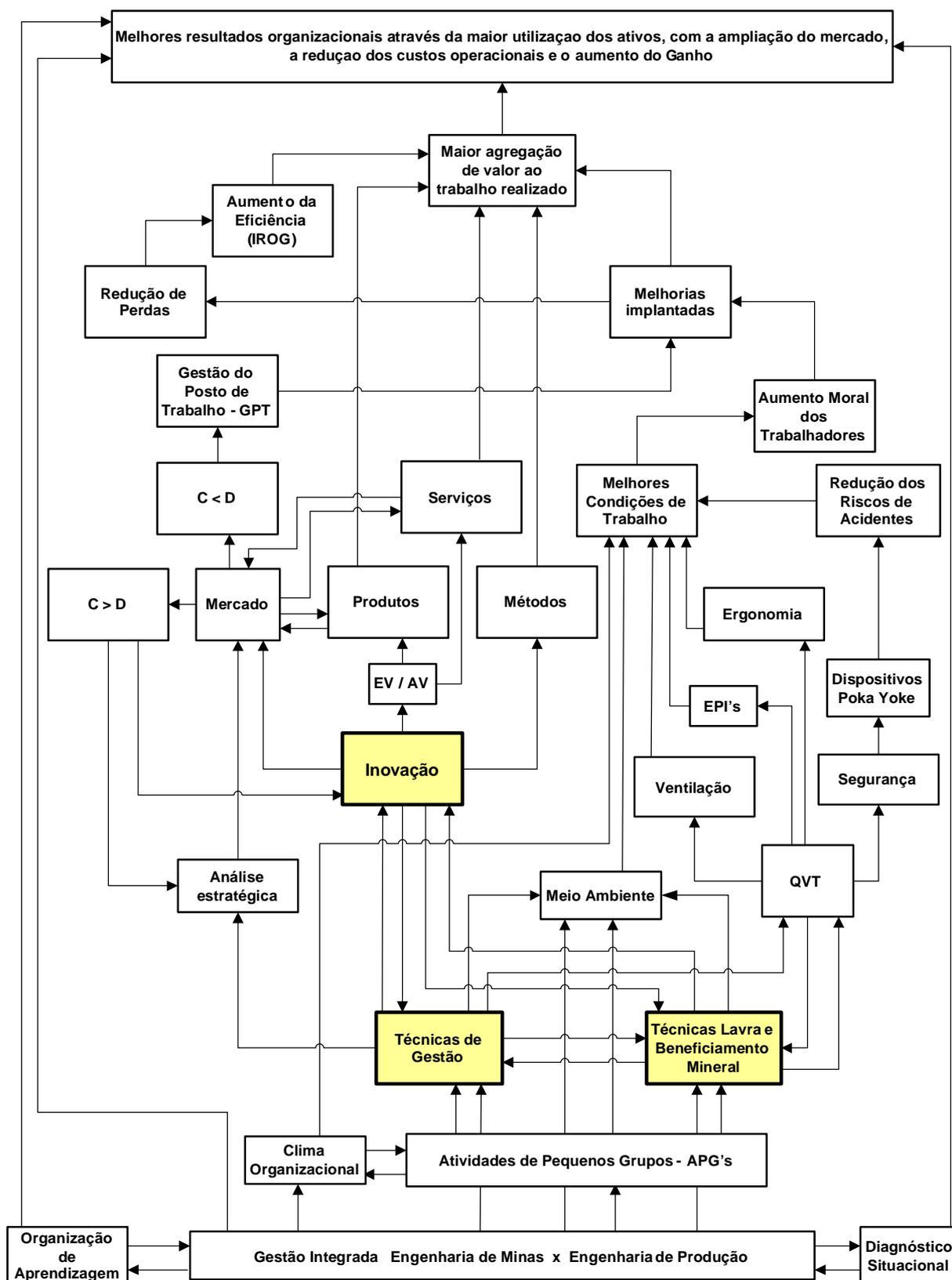


Figura 47 – A Estrutura de Mudanças do Modelo de Gestão Integrada

6.1.2.1 Clima Organizacional e APG's

Para que a gestão integrada ocorra, duas condições básicas são necessárias: a) a existência de um clima organizacional favorável para a realização das mudanças, através da motivação e comprometimento dos colaboradores e b) o trabalho em equipe através das atividades de pequenos grupos – APG's, responsável pela agregação e disseminação do conhecimento na empresa.

Para que a motivação e o comprometimento dos colaboradores ocorram é necessário a delegação de autoridade e responsabilidade aos mesmos, como reconhecimento à sua capacidade de implantar mudanças. Ghinatto (1996, p.144) diz que “este reconhecimento proporciona um alto nível de motivação e moral, atuando como propulsor das iniciativas dos trabalhadores em introduzir melhorias”.

O clima organizacional gerado nestas condições implica em melhores condições de trabalho, aumentando a moral dos trabalhadores e proporcionando maior agregação de valor no trabalho realizado em função das melhorias implementadas pelos trabalhadores.

As melhorias realizadas resultam das APG's que, além de agregarem o conhecimento dos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção, têm a responsabilidade de divulgá-lo e sedimentá-lo em toda a Organização. Isto é efetivado através da utilização de técnicas da pesquisa-ação tais como *brainstorming*, seminários e processos de capacitação tecnológica.

Na construção do SFP, na mineração de fluorita, o problema prioritário para análise e implantação dos princípios, conceitos e técnicas do STP, selecionado por um grupo de melhorias composto por colaboradores da empresa foi a necessidade de aumentar a produção a custos compatíveis com o mercado. Para a solução deste problema, a alternativa julgada mais interessante pelo grupo, na época, foi o aumento da produção de minério nas minas localizadas no município de Morro da Fumaça, Estado de Santa Catarina.

Neste sentido, o foco de estudo concentrou-se na identificação e eliminação/redução das perdas existentes no processo de produção, mais precisamente na operação de desmonte de minério nos blocos de lavra, uma vez que o monitoramento *in loco* e a análise das diversas atividades que compõem este processo identificaram esta como sendo a operação gargalo.

Esta decisão na Engenharia de Minas baseou-se na aplicação dos conceitos de perda e gargalo oriundos da Engenharia de Produção: de acordo com o STP perdas são todas as atividades

que geram custos e não agregam valor ao produto e, de acordo com a TOC, gargalo é tudo aquilo que impede a empresa de ganhar mais dinheiro.

A coleta de dados realizada pela APG constituída no SFP possibilitou identificar as principais causas da baixa eficiência das operações realizadas no interior dos blocos de lavra, levando o mesmo a identificar as seguintes perdas, segundo a classificação proposta no STP:

- a) perda por processamento, em função do fato de que o próprio operador de perfuratriz realizava a operação principal de perfuração e as operações auxiliares como busca de explosivos no paiol, instalação de mangueiras de água e ar comprimido e afiação de brocas, entre outras;
- b) perda por movimento, visto que o operador de perfuratriz necessitava se afastar da frente de trabalho para manusear os registros de água e ar comprimido, deslocando-se pelo piso irregular constituído de minério desmontado no interior do bloco de lavra, uma vez que os mesmos não eram instalados próximos à perfuratriz;
- c) perda por espera, pela necessidade de aguardar a saída dos gases oriundos da detonação, em função de uma ventilação deficiente.

A implementação dos conceitos, técnicas e ferramentas do STP e da TOC no SFP possibilitaram a redução dos custos totais de produção.

Na mineração de calcário a implantação de ferramentas da Engenharia de Produção iniciou-se através da realização de processos de capacitação tecnológica. Um dos trabalhos realizados pelos participantes foi a identificação do recurso restritivo de todo o macro processo de produção de calcário, para aplicação da metodologia GPT. O mesmo foi identificado como sendo a operação de moagem, feito nos moinhos de gaiola localizados nas instalações de moagem, cuja área de peneiramento é reduzida em função de variáveis tais como a umidade do minério.

A planilha apresentada no Apêndice P com as principais causas de paralisação deste recurso, dando origem a um gráfico de Pareto mostrado na Figura 31 que propiciou a realização do plano de ação apresentado no Apêndice Q, é o resultado da utilização da metodologia GPT, uma das técnicas de Engenharia de Produção aplicada à Engenharia de Minas.

A partir dos dados coletados, a empresa está capacitada a realizar estudos para o aumento da área de peneiramento dos moinhos, com vistas a otimizar todo o processo produtivo.

6.1.2.2 Meio Ambiente

Além da integração dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção, o Modelo Final de Intervenção deve considerar, também, as questões relacionadas com o controle do meio ambiente.

De acordo com a legislação vigente, para que as empresas de mineração obtenham autorização para lavra e beneficiamento dos recursos minerais no Departamento Mineral da Produção Mineral – DNPM faz-se necessário que, junto ao planejamento das atividades de lavra e beneficiamento mineral, seja apresentado, também, o plano de recuperação ambiental.

A obrigatoriedade de apresentação de um plano de recuperação ambiental se deve ao fato de que a atividade de exploração de recursos minerais está diretamente relacionada com a alteração das condições naturais da superfície e do subsolo. Por esta razão, as questões relacionadas com o controle do meio ambiente devem estar contempladas no Modelo Final de Intervenção através das boas práticas de lavra, beneficiamento mineral e gestão. A recuperação das áreas mineradas melhora as condições de trabalho, tendendo a aumentar a moral dos trabalhadores.

6.1.2.3 Qualidade de Vida no Trabalho

O Modelo Final de Intervenção deve considerar, também, as questões relacionadas com a Qualidade de Vida no Trabalho - QVT. No mesmo, a QVT está diretamente relacionada com as questões de segurança, ventilação, ergonomia, EPI's e as próprias técnicas de lavra e beneficiamento mineral.

Com relação à segurança, sempre que possível, devem ser implantados dispositivos *poka-yoke* no fluxo da produção com o objetivo de prevenir a ocorrência de acidentes.

Uma das ações relacionadas na mineração de fluorita do SFP foi a instalação de um dispositivo com chave de fim de curso junto ao *chassi* dos caminhões de transporte de minério. A função deste dispositivo é acionar um alarme sonoro quando o veículo iniciar o movimento após a descarga do minério, caso a caçamba esteja elevada, informando ao motorista sobre a posição da mesma. Desta forma, o motorista pára o veículo e coloca a caçamba na posição horizontal, evitando que a mesma atinja redes elétricas, telefônicas e correias transportadoras.

Na mineração de ametista as ações prioritárias tiveram foco na melhoria das condições de ventilação e perfuração devido a pouca utilização de técnicas básicas de Engenharia de Minas, como a instalação de um sistema adequado de ventilação e de perfuração a úmido. As condições deficientes de trabalho foram confirmadas pela realização do questionário apresentado no Apêndice R.

As questões relacionadas com a ergonomia são importantes por afetarem diretamente a saúde dos trabalhadores, fato agravado pelo ambiente de trabalho na atividade de mineração ser normalmente agressivo. Da mesma forma, a não utilização de EPI's causa sérios problemas de saúde nos trabalhadores, como a perda de audição dos perfuradores pela não utilização de abafadores de ruído.

Melhorar a segurança significa reduzir o risco de acidentes, melhorando as condições de trabalho. Da mesma forma, ao se realizar estudos ergonômicos em cada posto de trabalho, exigir o uso de EPI's e instalar um sistema de ventilação eficiente, melhoram as condições de trabalho, aumentando a moral dos trabalhadores.

6.1.2.4 Inovação

Um dos pilares que sustentam a estrutura de mudanças do Modelo Final de Intervenção proposto nesta tese é a inovação.

Uma particularidade específica da indústria de mineração é a de que as matérias-primas se constituem nos recursos minerais existentes na natureza, cujas características mineralógicas são específicas de cada jazida objeto da exploração. Nesta condição, no Modelo Final de Intervenção proposto nesta tese, a inovação das matérias-primas não é considerada.

Assim, conforme se observa na estrutura de mudanças do Modelo Final de Intervenção proposto, a inovação está relacionada com: *a)* produtos; *b)* serviços; *c)* métodos, *d)* mercado e *e)* gestão.

6.1.2.4.1 Produtos

A inovação com o desenvolvimento de novos produtos a partir da matéria-prima mineral tem por objetivo aumentar o *mix* de produtos ofertados pela empresa de mineração ao mercado,

propiciando a utilização da capacidade instalada eventualmente ociosa na mesma. Com isto, reduzem-se os custos operacionais, aumentando-se o Ganho e alavancando-se os resultados organizacionais.

O desenvolvimento de novos produtos a partir da matéria-prima mineral tem origem em causas distintas:

- a) necessidades do mercado, com vistas a atender as características demandadas pelos clientes.
- b) exigências da sociedade civil e do estado, em função da necessidade de se controlar o meio ambiente. na atividade de mineração está é uma questão central que deve ser considerada com vistas ao aproveitamento dos rejeitos oriundos da atividade de lavra e beneficiamento mineral.
- c) criação de novos produtos a partir da engenharia da empresa.

Em função do avanço tecnológico, a necessidade de desenvolvimento de novos produtos está relacionada com:

- a) o surgimento de novos usos para os bens minerais;
- b) o desenvolvimento de novos processos, que utilizam equipamentos de alta tecnologia;
- c) o surgimento de novos mercados.

Na mineração de calcário foi realizado um estudo⁴⁰ a partir de matéria-prima mineral com vistas à obtenção de produtos de carbonato com alvura dentro das especificações demandadas pelo mercado. A conclusão a que chegou o autor da pesquisa (VARELA, 2007) é a de que os valores dos produtos brancos atendem as indústrias que possuem rigorosos padrões de qualidade.

Esta conclusão indica que a região na qual se localiza a jazida mineral estudada (município de Caçapava do Sul, Estado do Rio Grande do Sul) pode se tornar um pólo produtor de carbonatos industriais.

Na mineração de carvão objeto deste trabalho, além de buscar o desenvolvimento de novos produtos, a empresa, preocupando-se com as questões ambientais, realizou pesquisas para o desenvolvimento de produtos para o tratamento de efluentes industriais e para o tratamento de água potável a partir de sua matéria-prima mineral. Estas pesquisas deram origem aos produtos

⁴⁰ Este estudo foi discutido no item 5.1.5.5, tendo sido utilizado no mesmo o processo de triagem ótica automatizada.

denominados, respectivamente, de CARBOTRAT Premium e CARBOTRAT AP, os quais são utilizados para a remoção do íon ferro.

No desenvolvimento de novos produtos deve-se considerar não só o aproveitamento e utilização de produtos passíveis de serem obtidos a partir da matéria-prima mineral, mas também a utilização dos rejeitos oriundos do beneficiamento mineral. A eventual utilização destes rejeitos traz como consequência imediata a redução do impacto ambiental ocasionado pelas atividades de lavra e beneficiamento mineral.

Na mineração de fluorita do SFP, o rejeito das instalações de preparação, constituído de brita com teor em torno de 6% de CaF_2 e granulometria de 12 a 20 mm, é utilizado nas obras de construção civil da própria empresa, sendo ainda comercializado com terceiros para revestimento de pátio.

Neste mesmo cenário, Savi (2004) desenvolveu estudos com vistas ao aproveitamento do rejeito final da flotação para a obtenção de concentrado de alta pureza em sílica (> 99,0%), tendo obtido valores entre 87,0% e 84,0%. Este estudo explicita que não foram obtidos os teores desejáveis em termos de sílica e feldspato. No entanto, este fato não deve impedir a realização de novas pesquisas a respeito, na busca de utilização deste material para novas aplicações.

6.1.2.4.2 Serviços

A estrutura de mudanças do Modelo Final de Intervenção considera a inovação relacionada com a prestação de serviços a outros segmentos industriais a partir da disponibilidade do minério bruto e da potencialidade de obtenção de um bem mineral com características físico-químicas que atendam as necessidades demandadas pelo mercado.

Para tanto, propõe-se a realização de uma parceria entre a empresa de mineração e os seus clientes, com vistas à utilização do minério bruto disponível, a partir de pesquisas e estudos a serem desenvolvidos conjuntamente, na busca de uma solução que atenda aos interesses mútuos.

Trata-se de uma visão a partir da ótica do cliente, procurando identificar quais são as necessidades do mesmo e, a partir destas, viabilizar o uso dos recursos minerais. Deve-se questionar qual a utilização a que o bem mineral se destina e quais as características físico-químicas necessárias para que o mesmo seja utilizado, a partir das seguintes questões:

- a) Quais são as características físico-químicas necessárias para o uso do bem mineral a ser produzido a partir da matéria-prima mineral disponível?
- b) É possível obter estas características com a matéria-prima mineral disponível?
- c) O que deve ser feito para viabilizar o uso da matéria-prima mineral disponível para a produção deste bem mineral?

As respostas a estas questões podem implicar no desenvolvimento tecnológico, com a utilização de novas tecnologias e novos equipamentos através de investimentos que viabilizem novos usos para a matéria-prima mineral disponível.

O Modelo de Gestão Integrada proposto por esta tese preconiza que, primeiramente, sejam tomadas ações gerenciais no sentido de otimizar o uso dos recursos existentes na empresa de mineração. Isto significa que, antes de serem realizados investimentos significativos, as ações tomadas, eventualmente com pequenos investimentos, resultem na obtenção de um alto índice de eficiência dos recursos restritivos no fluxo de produção.

Em uma segunda etapa, após a otimização do uso dos recursos existentes e ocorrendo a situação de: *a)* ociosidade dos recursos devido a sazonalidade dos bens minerais produzidos ou *b)* mercado com demanda superior à capacidade instalada destes recursos, as ações que se seguem implicam na realização de investimentos de maior vulto tais como: *a)* compra de equipamentos adicionais e *b)* implantação de novos turnos de produção. Em qualquer situação, é necessária a realização de estudos de viabilidade econômica para justificar estes investimentos.

6.1.2.4.3 Métodos

Ao se integrar os conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção pode-se estudar a inovação relacionada aos métodos tradicionais de lavra e beneficiamento mineral com vistas aos resultados organizacionais.

No método de lavra da mineração de fluorita do SFP, o corpo mineralizado ocorre em fraturas da rocha encaixante, com a formação de um filão com possança variando de alguns centímetros até alguns metros. Considerando-se o tipo de jazida e a condição da rocha encaixante, o método de mineração utilizado desde o início da exploração das jazidas foi o *shrinkage stoping*.

Com este método de lavra, faz-se necessário estocar cerca de 70% do minério desmontado no interior de cada bloco em fase de desmonte para que o mesmo seja utilizado como piso e circulação,

possibilitando aos mineiros a continuidade dos trabalhos de perfuração, carregamento de explosivos e detonação, até o limite superior do bloco. O minério estocado no interior de cada bloco é liberado para escoamento para a superfície somente após a conclusão do desmonte do mesmo.

A preparação e o desmonte dos blocos de lavra são feitos em avanço, na medida em que as galerias de nível são desenvolvidas, não havendo a necessidade de desenvolver estas galerias até a extremidade da concessão antes de se iniciar o desmonte dos blocos. O desmonte de cada bloco é iniciado com a abertura de uma galeria denominada subnível a partir do limite inferior do bloco de lavra, situado alguns metros acima da galeria de escoamento do nível.

Os custos envolvidos com o desmonte de cerca de 70% do volume do bloco em desenvolvimento só poderão ser recuperados após o escoamento e beneficiamento do mesmo, com a venda do bem mineral obtido a partir desta extração, o que ocorre alguns meses após a conclusão do desmonte do bloco de lavra.

Na Figura 48 é mostrada a seqüência de desenvolvimento dos blocos de lavra na mineração de fluorita com o método *shrinkage stoping*: conforme se observa nesta Figura, o Bloco 1/300, cujo desmonte já foi concluído, encontra-se em fase de escoamento; o Bloco 2/300 encontra-se em fase de desmonte e o Bloco 3/300 encontra-se em fase de preparação com o desenvolvimento da galeria de subnível.

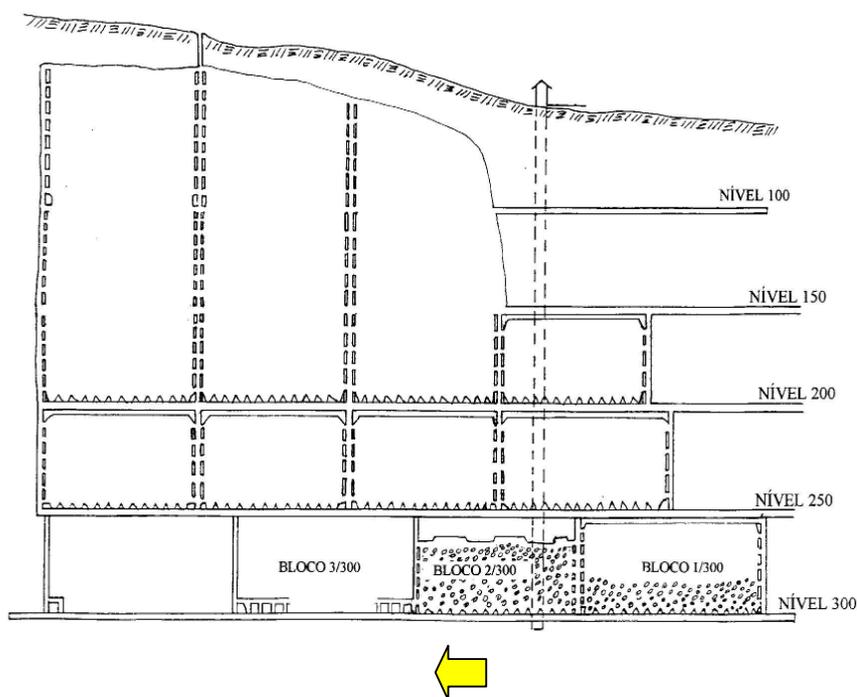


Figura 48 – Desenvolvimento dos blocos de lavra com o método *shrinkage stoping*

Fonte: (KLIPPEL, 1999b)

No método de lavra *shrinkage stoping* utilizado na mineração de fluorita, o desmonte do bloco de lavra é feito de forma ascendente, mostrado na Figura 49.

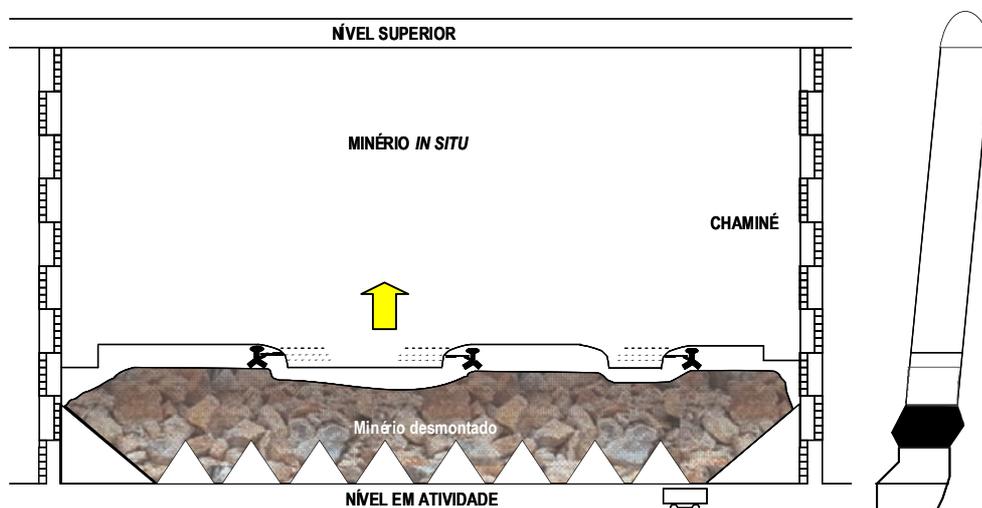


Figura 49 – Desmonte de um bloco de lavra no método *shrinkage stoping*

De acordo com os princípios e conceitos da Produção Enxuta, deve-se fazer o necessário, no momento necessário e na quantidade necessária. Isto significa eliminar, tanto quanto possível, estoque de matérias-primas, estoque de produtos em elaboração e estoque de produtos acabados.

Seguindo-se esta lógica, na mineração de fluorita deve-se buscar a eliminação do estoque nos blocos de lavra (minério desmontado) e o estoque de bens minerais (fluorita grau ácido ou grau metalúrgico). No setor mineral, o estoque de matéria-prima corresponde à própria jazida mineral.

Desta forma, ao integrar os princípios, conceitos e técnicas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção, deve-se investigar a possibilidade de alterar o método de lavra atualmente utilizado na mineração de fluorita, reduzindo-se, ou, se possível eliminando-se, a necessidade de estocar minério desmontado no subsolo.

Uma das alternativas possíveis é modificar o método de lavra, substituindo o atual método *shrinkage stoping* pelo método *sublevel stoping*, no qual o desmonte dos blocos de lavra é realizado em retração e não de forma ascendente.

Para que esta mudança seja implementada, deve-se modificar a maneira com que o desenvolvimento das galerias de escoamento do nível é feito: somente após desenvolver as mesmas

até a extremidade da concessão, inicia-se o desmonte dos blocos em direção ao poço de extração, em retração.

Na Figura 50 é mostrado o desmonte de um bloco de lavra em jazidas semelhantes à do SFP, com o uso do método de lavra *sublevel stoping*. Nesta situação é necessária a preparação do bloco a ser desmontado com a abertura de um ou mais subníveis, a partir dos quais serão realizados furos longos para detonação.

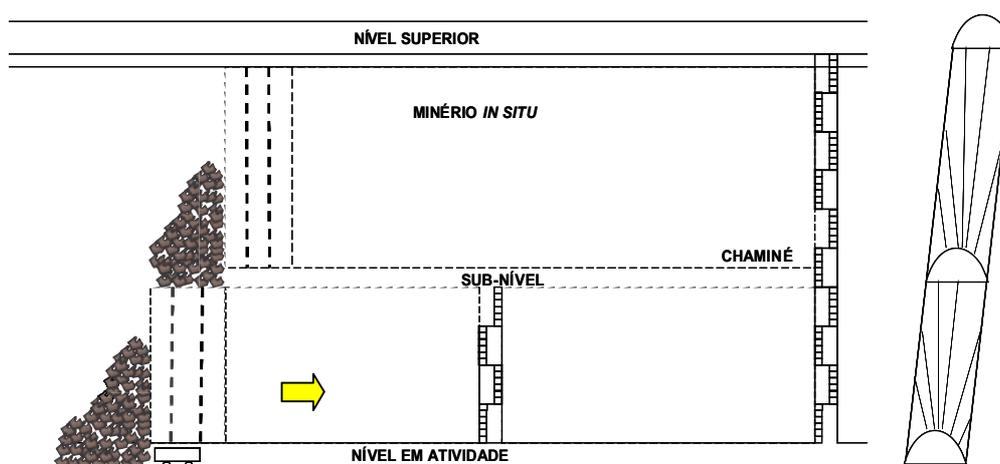


Figura 50 – Desmonte de um bloco de lavra no método *sublevel stoping*

Para a realização desta mudança no método de lavra devem-se realizar estudos considerando-se, entre outros, a disponibilidade de equipamentos para realização de furos longos, os custos associados a cada tipo de método de lavra bem como a taxa de retorno dos investimentos necessários.

Na mineração de ametista, iniciaram-se estudos para a utilização de argila expansiva para o desmonte da rocha encaixante no entorno dos geodos, constituindo-se este em um exemplo de inovação relacionado com métodos. O objetivo é utilizar argila expansiva nos furos próximos aos geodos de ametista em substituição ao uso de pólvora na detonação. Com isto, evita-se que ondas de choque resultantes da detonação possam danificar os geodos de ametista, prejudicando a qualidade dos mesmos. Desta forma, a perda por fabricar produtos defeituosos é reduzida nesta atividade.

6.1.2.4.4 Mercado

A inovação relacionada com o mercado compreende, além do desenvolvimento de novos produtos, a inovação na cadeia produtiva, buscando atender faixas do mercado não explorados pela empresa. Com o conhecimento dos conceitos, técnicas e ferramentas de mineração e de gestão e do domínio tecnológico do processo de produção existente podem-se obter produtos com maior valor agregado, a partir da assimilação de novos conhecimentos e da realização de novas atividades.

Desta forma, é importante analisar a relação entre a capacidade de produção instalada e a demanda existente. Caso a demanda existente seja superior a capacidade instalada, faz-se necessário implantar a metodologia GPT com vistas a identificar a restrição do fluxo da produção, reduzir as perdas existentes no mesmo e aumentar a eficiência do fluxo de produção expressa pelo IROG com a implantação de melhorias.

Caso contrário, sendo a capacidade instalada superior a demanda existente, deve-se buscar alternativas, como usar a criatividade com vistas à inovação de produtos e serviços, para a ampla utilização dos recursos disponíveis na empresa que estejam ociosos.

Na mineração de ametista objeto deste estudo, o produto obtido na cadeia de produção é o cristal de ametista, normalmente comercializado em sua forma bruta. O mesmo ocorre, normalmente, na indústria extrativa de outras gemas. A partir desta comercialização até a confecção de jóias, há uma agregação de valor cujos lucros são auferidos por pessoas não diretamente ligadas à atividade de extração das gemas.

Considerando esta situação e buscando agregar mais valor à atividade econômica na região de extração de gemas no Estado do Rio Grande do Sul, foram elaborados, de forma integrada, diversos projetos inovadores por órgãos governamentais, tais como o Ministério de Integração Nacional, Prefeituras, Cooperativas de Garimpeiros, entre outros, denominados de Projeto de Lapidação e Artesanato Mineral – Ametista do Sul e municípios adjacentes (2005).

O objetivo principal destes projetos é o desenvolvimento sustentável dos garimpos de ametista, com geração de renda e emprego, por meio de aporte de máquinas e equipamentos de lapidação e artesanato mineral para o beneficiamento da matéria-prima junto às fontes de produção. Juntamente com o aporte dos equipamentos, deve ocorrer a capacitação tecnológica e orientação comercial, bem como o suporte técnico aos garimpeiros.

Entre os objetivos específicos destes projetos, pode-se destacar:

- a) propiciar a agregação de valor à matéria-prima, por meio de processos diversos de beneficiamento;
- b) aumentar a oferta de produtos diferenciados, buscando alternativas para sua absorção nos mercados interno e externo;
- c) criar alternativas de aproveitamento dos resíduos e rejeitos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais causados pelas atividades de mineração e industrialização;
- d) prover a formação profissional para a lapidação de gemas (cabochões e facetadas), artesanato mineral (objetos utilitários e adornos) com qualidade e *design* inovador;
- e) apoiar os processos coletivos de aprendizagem, produção e comercialização, integrando-os entre si.

As Cooperativas de Garimpeiros têm como função, nestes projetos, disseminar as melhores práticas de mineração, contribuindo para a agregação de valor à matéria-prima mediante a introdução de processos de beneficiamento da mesma.

Através da elevação do valor agregado, pretende-se que, com a diversificação, sejam realizadas melhorias na qualidade, inovação de *design* e ações mercadológicas eficazes, o que irá concorrer para o desenvolvimento regional com a promoção de aumento de renda, emprego e inclusão social.

A etapa inicial nestes projetos prevê a introdução de tecnologia para lapidação em grande escala, dos denominados cabochões, calibrados e padronizados, utilizando pedras preciosas de baixo valor (ametista, ágata e citrino). A introdução desta tecnologia trará como consequência a redução do custo de lapidação e o aumento da competitividade neste mercado.

Para a implantação do Projeto de Lapidação e Artesanato Mineral em Ametista do Sul e municípios adjacentes, pretende-se utilizar um garimpo piloto, no qual os conceitos, técnicas e ferramentas de mineração e gestão tenham sido anteriormente implantados.

O garimpo piloto deverá ser utilizado como centro de capacitação e qualificação de mão-de-obra e de difusão de conhecimentos para o eficiente aproveitamento dos recursos minerais existentes na região e para a agregação de valor na cadeia produtiva.

6.1.2.4.5 Gestão

A inovação relacionada com a gestão proposta nesta tese preconiza a implantação de novas formas de gestão como a gestão de uma empresa de mineração a partir da gestão dos recursos restritivos do seu fluxo de produção, com o objetivo de alavancar os resultados organizacionais. Esta forma de gestão se origina da integração dos conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas com os conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção, foco desta tese.

6.1.3 O Processo de Mudanças

O Processo de Mudança apresentado na Figura 51 tem início a partir da realização de um Diagnóstico Situacional com o objetivo de avaliar a sinergia existente entre os dois ramos da Engenharia considerados: a Engenharia de Minas e a Engenharia de Produção.

No diagnóstico relacionado com o ramo da Engenharia de Minas propõe-se que seja avaliada a aderência dos métodos de lavra e de beneficiamento mineral às condições geológicas da jazida em exploração, no sentido de que esta exploração seja feita obtendo-se a máxima recuperação do minério, tanto na lavra como no beneficiamento mineral.

Nos tempos modernos, o controle do meio ambiente é um fator fundamental para todas as atividades humanas. Considerando-se que, pelas próprias características da atividade mineral, há uma modificação do meio ambiente, o custo de recuperação das áreas degradadas deve necessariamente ser considerado pelas empresas de mineração, uma vez que a legislação vigente as obriga a realizarem as atividades necessárias para esta recuperação.

Desta forma, o diagnóstico situacional na Engenharia de Minas deve avaliar não só as condições técnicas de exploração mineral, mas também as questões relacionadas com a recuperação do meio ambiente.

No ramo da Engenharia de Produção, o diagnóstico situacional é voltado para a implantação dos conceitos, técnicas e ferramentas de gestão, com vistas à redução dos custos operacionais e ao aumento do Ganho das empresas de mineração. O Modelo Final de Intervenção proposto utiliza-se de duas metodologias de gestão conhecidas: a) o Sistema Toyota de Produção, também conhecido como Sistema de Produção Enxuta e b) a Teoria das Restrições.

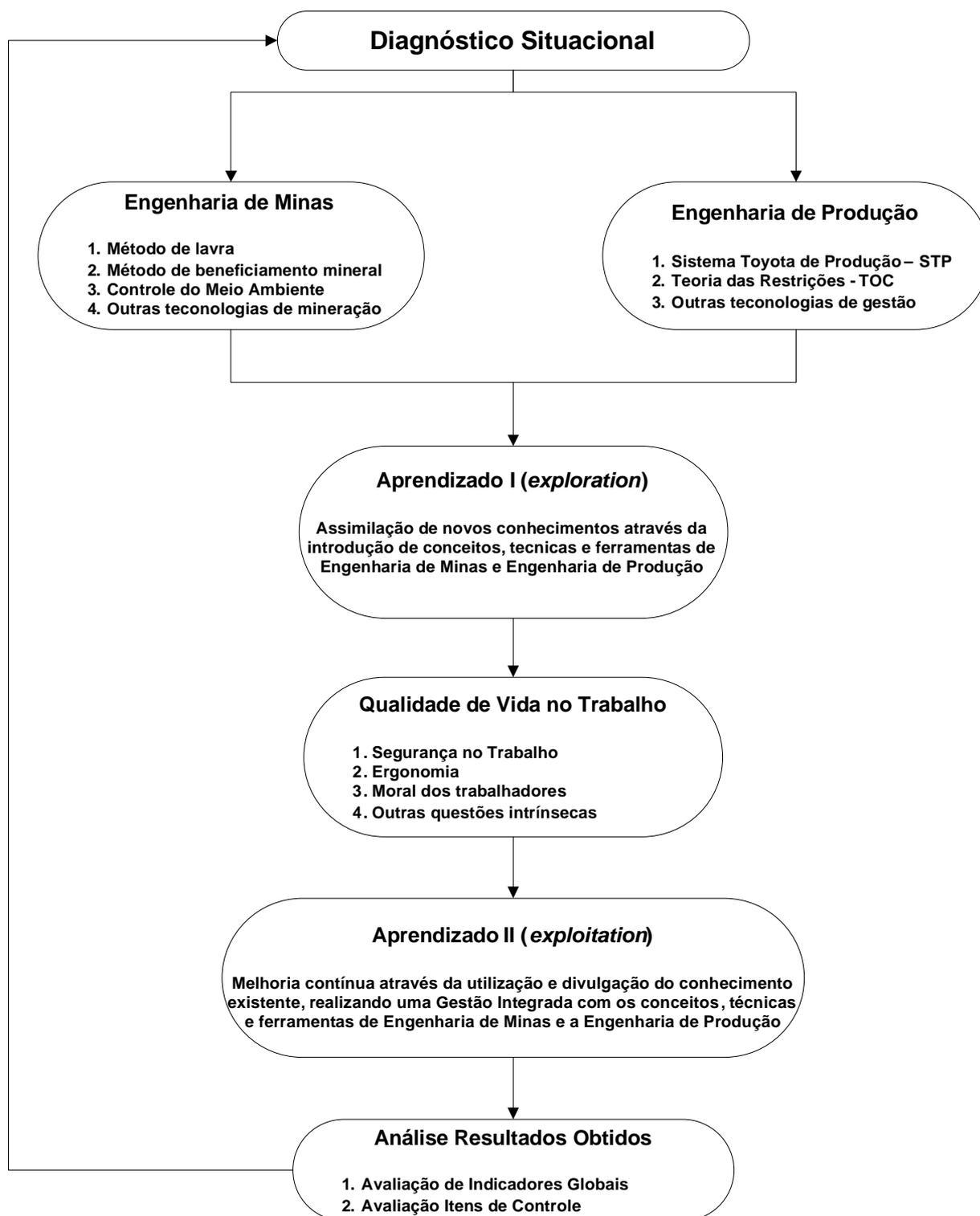


Figura 51 - Processo de Mudanças do Modelo de Gestão Integrada

Para que a integração da tecnologia intrínseca de mineração e da tecnologia de gestão ocorra, faz-se necessário a agregação de conhecimento, transformando a empresa de mineração em uma organização de aprendizagem, situação considerada no Processo de Mudanças do Modelo Final de Intervenção.

A agregação de conhecimento que um processo de mudanças desta amplitude ocasiona em uma organização, pela introdução de novos conceitos, técnicas e ferramentas, provoca uma mudança comportamental por parte de seus colaboradores, obrigando a mesma a investir em educação e treinamento dos mesmos, assegurando, desta forma, que este conhecimento seja incorporado na organização de forma permanente.

O Aprendizado I proposto no Processo de Mudanças, com foco na assimilação de novos aprendizados (*exploration*) de acordo com Crossan, Lane e White (1999), está relacionado ao Subsistema 2 (Reconhecer o valor do conhecimento) e Subsistema 4 (Rastreamento de novas idéias) propostos por Leonard-Barton (1992) e corresponde a Defasagem 1 proposta por Pantaleão (2003).

O Aprendizado II proposto no Processo de Mudanças, com foco na utilização dos conhecimentos existentes (*exploitation*) de acordo com Crossan, Lane e White (1999), está relacionado ao Subsistema 1 (Solução de problemas atuais) e Subsistema 3 (Criatividade e experimentação contínua) de Leonard-Barton (1992) e corresponde a Defasagem 2 proposta por Pantaleão (2003).

Na mineração de fluorita do SFP, ao integrar os conceitos da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção, é possível investigar a substituição do método de lavra *shrinkage stoping*, atualmente utilizado, pelo método *sublevel stoping*.

Esta modificação, desde que haja disponibilidade de equipamentos para realização de furos longos e os custos associados a esta modificação sejam justificados, propiciará a redução das perdas por estoque devido à eliminação de estoque de minério desmontado no subsolo, tendendo-se a produzir somente o necessário, no momento necessário e na quantidade necessária.

Por outro lado, a implantação de conceitos, técnicas e ferramentas de gestão na mineração de calcário tende a propiciar o estudo para a redução/eliminação de atividades que não agregam valor no fluxo de produção, bem como o monitoramento do recurso restritivo através do cálculo de sua eficiência.

O mapeamento do fluxo de produção na mineração de ametista de acordo com o MFP constitui-se em um caso particular de um sistema de produção devido a dificuldade de se prever a quantidade e a qualidade de geodos de ametistas existentes na rocha encaixante.

A partir deste mapeamento e do conhecimento das perdas existentes, pode-se desenvolver um plano de ação para a redução/eliminação destas perdas, aumentando-se, em consequência, a velocidade de desenvolvimento das galerias do garimpo e o acesso aos geodos de ametista. Desta forma, os resultados desta atividade mineral tendem a melhorar em um determinado espaço de tempo.

Na mineração de carvão, a seqüência das atividades que compõem o ciclo do processo de extração nas frentes de lavra é: *a)* escoramento; *b)* perfuração; *c)* carregamento de explosivos, *d)* detonação e *e)* escoamento do minério desmontado. Estas atividades podem também ser mapeadas de acordo com a lógica do MFP, buscando identificar os pontos potenciais de melhorias para a eliminação/redução de perdas na lavra deste minério.

Conforme abordado nos exemplos acima, a análise conjunta do cenário atual de uma empresa de mineração tendo como foco simultâneo os conceitos, técnicas e ferramentas da Engenharia de Minas e da Engenharia de Produção, tende a alavancar os resultados da organização.

Na mineração de fluorita do SFP, o problema prioritário para análise e implantação dos princípios, conceitos e técnicas do STP, selecionado por um grupo de melhorias composto por colaboradores da empresa foi a necessidade de aumentar a produção a custos compatíveis com o mercado. Para a solução deste problema, a alternativa julgada mais interessante pelo grupo, na época, foi o aumento da produção de minério nas minas localizadas no município de Morro da Fumaça, Estado de Santa Catarina.

Neste sentido, o foco de estudo concentrou-se na identificação e eliminação/redução das perdas existentes no processo de produção, mais precisamente na operação de desmonte de minério nos blocos de lavra, uma vez que o monitoramento *in loco* e a análise das diversas atividades que compõem este processo identificaram esta como sendo a operação gargalo.

Esta decisão na Engenharia de Minas baseou-se na aplicação dos conceitos de perda e gargalo, oriundos da Engenharia de Produção: de acordo com o STP perdas são todas as atividades que geram custos e não agregam valor ao produto e de acordo com a TOC, gargalo é tudo aquilo que impede a empresa de ganhar mais dinheiro.

Considerando que o modelo proposto nesta tese busca a realização de melhorias no fluxo de produção para alavancar os resultados organizacionais, a convergência dos dois ramos da Engenharia considerados no mesmo passa pela análise da Qualidade de Vida no Trabalho – QVT. As melhorias na QVT aumentam a motivação e o comprometimento dos colaboradores para que as mudanças realizadas sejam implantadas e sedimentadas na cultura organizacional. Entre as questões centrais relacionadas com a QVT na indústria de mineração podem ser destacadas as seguintes:

- a) riscos decorrentes do trabalho em espaços confinados;
- b) condições da ventilação;
- c) ergonomia e organização do trabalho;
- d) equipamentos de uso de proteção individual;
- e) estabilidade do maciço.

Na mineração de ametista, as más condições da ventilação devido a perfuração a seco e a demora da saída dos gases da detonação foram relacionadas pelos trabalhadores como prioritárias para a realização de melhorias. Após a instalação de um duto de ventilação e o início da perfuração a úmido realizada no garimpo piloto, obteve-se a redução da concentração de poeira em suspensão nas galerias de 60,3 mg/m³ para 3,2 mg/m³.

A necessidade de divulgar e utilizar os conhecimentos existentes propicia a implantação de um processo de melhorias contínuas na Organização, estando este relacionado à Aprendizagem II (*exploitation*), proposta por Crossan, Lane e White (1999), e ao subsistema 1 (Resolução de problemas) e subsistema 2 (Integração do conhecimento interno) dos ativos de conhecimento de uma organização de aprendizagem, propostos por Leonard-Barton (1998).

A gestão integrada preconizada pelo Modelo Final de Intervenção resulta na sinergia da utilização dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas com os conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção, a qual é avaliada pela análise dos resultados obtidos. Esta análise é feita através de indicadores globais e locais (itens de controle) que possibilitam monitorar a evolução dos resultados obtidos.

O aumento da eficiência de um recurso restritivo monitorado pelo IROG, por exemplo, permite avaliar a eficácia das ações de melhorias tomadas com vistas a redução dos custos operacionais e o aumento dos ganhos organizacionais.

O Processo de Mudanças se constitui em um processo dinâmico e contínuo, uma vez que a análise dos resultados obtidos pela avaliação dos indicadores induz ao planejamento de novas ações de melhorias, criando-se uma nova realidade na Organização. A realização de um diagnóstico situacional nesta nova realidade realimenta o Processo de Mudanças e assim sucessivamente.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A sinergia entre o conhecimento intrínseco das técnicas de Engenharia de Minas e do conhecimento das metodologias de gestão da Engenharia de Produção se constitui no escopo deste estudo, através da proposta de um Modelo Final de Intervenção para a indústria de mineração, denominado Modelo de Gestão Integrada.

Este modelo foi construído a partir de um Referencial Teórico, do Sistema Floral de Produção desenvolvido na indústria de mineração de fluorita e de estudos em outros cenários da indústria de mineração (mineração de calcário, ametista e carvão).

Para tanto, as empresas envolvidas, a exceção da mineração de carvão, transformaram-se em laboratórios de experimentos, nos quais foram incorporadas técnicas de gestão às técnicas de mineração.

O processo de agregação dos conhecimentos específicos de Engenharia de Minas e de Engenharia de Produção deve ser realizado considerando-se as características particulares de cada empresa de mineração.

Assim procedendo, além da agregação do conhecimento externo, ocorre a ampliação do conhecimento interno, similarmente ao ocorrido durante o crescimento da *Toyota Motor Company*. Nesta lógica, cita Ohno (1997) que Toyoda Kiichiro, presidente desta companhia em 1933, anunciou

o objetivo de desenvolver carros produzidos nacionalmente para o público em geral com as seguintes palavras:

Nós aprenderemos técnicas de produção do método americano de produção em massa. Mas nós não iremos copiá-las como são. Usaremos as nossas próprias pesquisa e criatividade para desenvolver um método de produção que seja adequado à situação do nosso país.

A construção e implantação do Modelo de Gestão Integrada proposto implicam em uma mudança na forma como é feita a gestão das empresas de mineração concomitante com uma mudança cultural e comportamental por parte dos colaboradores das mesmas.

Para que um processo de mudança desta magnitude possa ocorrer, é necessário que haja uma decisão por parte de quem detém o poder na Organização no sentido de proporcionar as condições necessárias para que a mudança ocorra: trata-se de uma mudança cultural e comportamental que se inicia no topo da pirâmide da hierarquia organizacional e se difunde até a base da mesma.

Em contrapartida, é necessário que haja o comprometimento dos colaboradores da empresa com o processo de mudança, pois a eles é dada a responsabilidade de efetivar a mudança, a partir das condições proporcionadas por aquele que detém o poder: trata-se de uma mudança cultural e comportamental que se desenvolve da base para o topo da pirâmide da hierarquia organizacional.

Desta forma, com o envolvimento de todos os colaboradores da Organização, o processo de mudanças é iniciado e consolidado na mesma.

7.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A proposta desta tese é a de utilizar de forma ampla os recursos disponíveis na empresa de mineração, buscando a maximização dos seus resultados técnicos e econômicos e contribuindo, também, para que a indústria de mineração possa se tornar não apenas uma fornecedora de *commodities*, mas também uma indústria de prestação de serviços a outros segmentos industriais.

Para tanto, este estudo propõe uma mudança na forma como as empresas de mineração são gerenciadas, no sentido de integrar os conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Minas e Engenharia de Produção através de um modelo de gestão.

Este modelo teve início durante a construção do SFP na mineração de fluorita, tendo sido utilizado para a construção do Modelo Inicial de Intervenção. Neste cenário, o resultado da integração destes conceitos mostra que houve uma redução de despesas por tonelada produzida durante o período de implantação das ações de melhorias.

As ações de melhorias realizadas foram focadas na busca e na redução/eliminação das perdas identificadas no processo de produção. Como consequência, houve, também, a disseminação de uma visão sistêmica deste processo entre os colaboradores da empresa.

A integração entre os dois ramos da Engenharia considerados propicia a realização de estudos tais como a mudança do método de lavra utilizado na mineração de fluorita, substituindo-se o método *shrinkage stoping* atualmente utilizado pelo método *sublevel stoping*. Esta mudança leva a uma redução de perda por estoque devido à redução dos estoques de minério desmontado no subsolo.

A transformação das empresas de mineração em organizações de aprendizagem é uma das etapas do processo de mudanças proposto neste estudo. Já durante a construção do SFP evidenciou-se a necessidade de aumentar o ativo de conhecimento da empresa com a agregação de novos conceitos.

Para tanto, na empresa objeto de estudos, foram promovidos cursos, palestras e seminários para os colaboradores. A empresa passou a exigir um nível de escolaridade de acordo com cada função exercida pelos colaboradores, motivando e contribuindo para que estes atingissem as exigências estabelecidas.

Considerando a necessidade de transformar as empresas em organizações de aprendizagem, na mineração de calcário foram realizados processos de capacitação tecnológica focados nos conceitos, técnicas e ferramentas do STP e da TOC. Como resultado, ocorreu entre os colaboradores da empresa a disseminação de uma visão sistêmica do processo de produção, resultando no mapeamento do fluxo de produção do calcário dolomítico até a obtenção de calcário para correção da acidez dos solos.

Neste mapeamento foram identificadas as operações que agregam valor ao produto final, bem como identificado o recurso restritivo de todo o processo de produção.

Este último foi identificado como sendo os moinhos de gaiola, localizados nas instalações de moagem os quais, devido à mudança freqüente nas características do minério (umidade,

granulometria, etc.), ocasiona uma oscilação na taxa de alimentação dos mesmos em função da diminuição da área das peneiras vibratórias.

Durante a realização deste trabalho o referencial teórico do Modelo Inicial de Intervenção foi ampliado com a introdução da metodologia de GPT, aplicada no recurso restritivo deste cenário.

Na aplicação da metodologia GPT foi utilizado um artifício para o cálculo da eficiência do mesmo, resultado da particularidade deste sistema de produção devido à variação das características do minério comentadas acima. Este artifício constituiu-se em considerar que as instalações foram sempre alimentadas com a maior taxa possível, independentemente das características do minério. Com isto obteve-se um valor menor do que o real para o índice de desempenho (μ_2), calculado pela Equação 6 e para o IROG calculado pela Equação 2. O cálculo do IROG foi inserido no Relatório Diário de Produção da empresa.

Na mineração de calcário a sazonalidade é uma variável que deve ser considerada neste estudo, uma vez que este busca a maior utilização dos recursos disponíveis como forma de reduzir os custos operacionais e aumentar os ganhos globais.

Na empresa objeto de estudos deste cenário, uma das estratégias empresarial é a de realizar estoques de calcário no período de baixa sazonalidade para comercializá-lo no período de alta sazonalidade, quando a capacidade instalada é inferior à demanda.

Este fato, teoricamente, é conflitante com a lógica da produção enxuta que preconiza a eliminação/redução dos estoques no sistema de produção, mas é justificado devido às características próprias deste ramo industrial.

A existência de um período de baixa demanda devido à sazonalidade induz a empresa de mineração a realizar pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, como forma de utilizar a capacidade ociosa dos equipamentos durante este período.

O artifício comentado acima para o cálculo da eficiência do recurso restritivo na mineração de calcário bem como a estratégia empresarial de realizar estoques em períodos de baixa demanda mostram que a integração dos conceitos dos dois ramos da Engenharia deve ser adaptada à realidade de cada cenário de mineração.

Na mineração de ametista, este estudo evidenciou a necessidade de se implantar não somente metodologias de gestão, mas, também, conceitos, técnicas e ferramentas básicas de mineração destacando-se, ainda, as questões relacionadas com a QVT.

Entre as melhorias realizadas no garimpo piloto da mineração de ametista pode-se citar a implantação de um sistema de ventilação eficiente e a perfuração a úmido, o que contribuiu para melhorar as condições de trabalho dos colaboradores, confirmado pelos resultados das análises sobre a concentração de poeira nas galerias.

Além destas melhorias, houve a conscientização dos colaboradores com relação às questões de segurança, motivando os mesmos a utilizarem dispositivos de segurança e sinalização no garimpo piloto, contribuindo para a redução do risco de acidentes.

Na mineração de ametista também foi preciso adaptar a utilização dos conceitos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Produção. Neste sentido, para efeito do mapeamento do processo de produção de acordo com a lógica do MFP, com o objetivo de identificar e eliminar/reduzir as perdas existentes neste processo de produção, foi necessário realizar, também, um artifício.

O artifício foi considerar a face da galeria como o “produto” a ser monitorado, e não o geodo de ametista, que se constitui no produto vendável deste processo de produção. Este artifício foi utilizado por não ser possível avaliar antecipadamente a existência de geodos de ametista na rocha encaixante.

Sua utilização foi possível porque na face da galeria ocorrem as atividades propostas no MFP: *a*) o processamento (furação), *b*) o transporte (remoção do material estéril), *c*) a inspeção (verificação da qualidade do geodo de ametista) e *d*) a espera (galeria parada para saída dos gases da detonação).

O modelo proposto nesta tese tem como um dos objetivos específicos a obtenção de melhores resultados econômicos financeiros. Estes são obtidos, também, pela agregação de valor aos bens minerais obtidos em cada sistema de produção.

Na mineração de ametista este objetivo será atingido com a introdução de novos processos de beneficiamento através do aporte de equipamentos de lapidação e artesanato mineral e a capacitação tecnológica dos trabalhadores para o manuseio destes equipamentos.

A introdução desta tecnologia trará uma redução de custos pela eliminação de intermediários no processo produtivo, possibilitando maior Ganho e aumento de agregação de valor por atuação direta dos produtores de ametista.

O foco deste trabalho na empresa de mineração de carvão selecionada foi a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico para a obtenção de novos produtos. Esta empresa desenvolveu

produtos voltados para o controle do meio ambiente a partir da utilização de sua matéria-prima mineral.

Na mineração de fluorita, o aproveitamento dos rejeitos oriundos das instalações de preparação para utilização como brita e revestimento de pátios se insere na lógica do desenvolvimento de novos produtos, assim como podem ser considerado os novos produtos resultantes da agregação de valor na cadeia produtiva da mineração de ametista.

Os estudos e atividades realizadas nos diferentes cenários da indústria de mineração para a elaboração desta tese permitem concluir que a principal contribuição deste trabalho é mostrar a possibilidade de se utilizar conceitos, técnicas e ferramentas intrínsecas da atividade de mineração juntamente com conceitos, técnicas e ferramentas de gestão.

A integração destes conceitos, técnicas e ferramentas de mineração e de gestão conduz à obtenção de melhores resultados organizacionais. Estes resultados são alcançados através da maior utilização dos ativos, da ampliação do mercado, da redução dos custos operacionais e do aumento do Ganho nas empresas de mineração. Esta forma integrada de gestão propicia, também, o aumento da Qualidade de Vida dos Trabalhadores através da redução de acidentes e de melhores condições de trabalho.

7.2 CONCLUSÕES GERAIS

As conclusões gerais deste trabalho são as seguintes:

- a) o ambiente de competitividade existente a partir da década de 70 obriga as organizações, independentemente de seu ramo de atuação, a modificarem sua forma de gestão, assimilando novos conceitos, técnicas e ferramentas que assegurem a sua sobrevivência neste cenário. o modelo final de intervenção denominado modelo de gestão integrada proposto neste estudo foi desenvolvido com foco nesta realidade;
- b) a análise dos resultados obtidos nos estudos apresentados neste trabalho através da integração dos conceitos, técnicas e ferramentas da engenharia de minas e da engenharia de produção demonstram que se pode otimizar a utilização dos recursos disponíveis nas empresas de mineração, sem que seja necessária a realização de investimentos significativos;

- c) a sinergia da tecnologia intrínseca da engenharia de minas com a tecnologia de gestão da engenharia de produção pode contribuir para a redução dos custos de produção e o aumento do ganho através da realização de ações de melhorias nos processos de produção, obtendo-se, conseqüentemente, melhores resultados organizacionais, respeitando-se as características particulares de cada sistema de produção;
- d) para que um processo de mudanças da amplitude do proposto neste estudo tenha sucesso é necessário contar com a efetiva participação dos colaboradores da organização na resolução dos problemas existentes e na implementação de novas idéias;
- e) a implantação do modelo de gestão integrada proposto neste estudo implica em uma mudança cultural e comportamental por parte de todos os colaboradores de uma organização, independentemente do nível hierárquico. isso se deve a necessidade de se criar um clima organizacional propício para mudanças bem como uma motivação para a agregação de conhecimento;
- f) com o desenvolvimento de uma visão sistêmica e a quebra de paradigmas por parte dos colaboradores da organização, é possível desenvolver novos mercados, seja através do desenvolvimento de novos produtos, do aumento da agregação de valor na cadeia produtiva, ou da prestação de serviços, observadas as particularidades de cada organização;
- g) na implantação de novos conceitos, técnicas e ferramentas em uma organização é necessário que os colaboradores da mesma sejam devidamente treinados, para que estes realizem adequadamente suas atividades e se sintam pró ativos à aquisição de novos conhecimentos, utilizando sua criatividade na busca de solução para os problemas existentes;
- h) ao integrar os conceitos, técnicas e ferramentas de engenharia de minas (técnica) aos de engenharia de produção (gestão) é possível ampliar o mercado de atuação das empresas de mineração, possibilitando às mesmas se transformarem em empresas prestadoras de serviços à outros segmentos industriais;
- i) o desenvolvimento deste trabalho mostrou que a inovação é uma ferramenta importante para a gestão das organizações no atual cenário globalizado. deve-se buscar a competitividade e sobrevivência das empresas através da inovação de produtos, serviços, métodos de produção e formas de gestão. no caso de outros segmentos industriais deve-

se considerar, também, a inovação em relação as matérias-primas utilizadas para a obtenção de seus produtos.

7.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

As limitações encontradas para a realização deste trabalho são:

- a) as empresas de mineração abrangidas por este estudo compreenderam apenas a produção de minérios de fluorita, calcário, ametista e carvão. ao se ampliar este espectro, tende-se a modificar o modelo de gestão integrada proposto através da inserção de outros focos não abordados neste trabalho;
- b) as metodologias de gestão utilizadas para o desenvolvimento do modelo de gestão integrada limitaram-se aos conceitos, técnicas e ferramentas do sistema toyota de produção (produção enxuta) e da teoria das restrições. a utilização de outras metodologias de gestão como o seis sigma e o *balanced scorecard* possibilitam uma ampliação do modelo proposto;
- c) alguns conceitos, técnicas e ferramentas do sistema toyota de produção, como a manutenção produtiva total (tpm) e sistema *kanban* não foram utilizados na construção do modelo proposto. considerando-se a realidade de cada cenário da indústria de mineração outros conceitos, técnicas e ferramentas podem ser consideradas no modelo de gestão integrada;
- d) na mineração de calcário, a estiagem ocorrida no início de 2005 provocou forte queda na produção de calcário durante todo o ano como mostrado na tabela 9. esta situação tornou-se o foco central de atenção dos colaboradores da empresa em substituição ao processo de implantação de novos conceitos, técnicas e ferramentas na mesma, prejudicando o andamento dos trabalhos;
- e) na mineração de ametista, o projeto de implantação de novos conhecimentos foi interrompido parcialmente, sendo reiniciado no final de 2006, fato que influenciou na tomada de decisão para implantação de outras ações de melhorias na busca de melhores resultados operacionais, além daquelas apresentadas neste trabalho.

7.4 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no Modelo Final de Intervenção proposto para a indústria de mineração, alguns tópicos podem propiciar novos estudos, a saber:

- a) realizar estudos de caso em outras minerações não consideradas no presente trabalho, buscando consolidar a utilização do modelo proposto. neste sentido é possível utilizar conceitos, técnicas e ferramentas não consideradas nos cenários estudados neste trabalho, como a manutenção produtiva total, uma forma de gestão que integra os colaboradores da operação e da manutenção de forma a assegurar o funcionamento dos equipamentos e instalações;
- b) ampliar a construção do modelo proposto envolvendo outras metodologias de engenharia de minas e engenharia de produção não contempladas no presente estudo que teve por foco o sistema toyota de produção e a teoria das restrições;
- c) aprofundar estudos sobre as relações existentes entre o modelo final de intervenção e o conceito de organizações de aprendizagem, enriquecendo o estudo sobre o trabalho em equipe nas organizações;
- d) a partir da integração de conceitos, técnicas e ferramentas de dois ramos da engenharia proposta neste trabalho (engenharia de minas e engenharia de produção), desenvolver um modelo teórico geral para a integração de metodologias intrínsecas de sistemas de produção com metodologias de gestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, J. A. *et all. Ametista do Alto Uruguai: aproveitamento e perspectiva de desenvolvimento.* Ministério de Minas e Energia; Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília: DNPM, 1998

ALVAREZ, R. R. *Desenvolvimento de uma análise comparativa de métodos de identificação, análise e solução de problemas.* Dissertação (Mestrado) Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.

ANTUNES, J. A. V. *Em direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da Teoria das Restrições e da teoria que sustenta a construção dos Sistemas de Produção com Estoque Zero.* Tese (Doutorado) em Administração: Programa de Pós-graduação em Administração/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

ANTUNES, J. A. V., KLIPPEL, M. *Uma Abordagem para o Gerenciamento das Restrições dos Sistemas Produtivos: a gestão sistêmica, unificada/integrada e voltada aos resultados do posto de trabalho.* In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 21;2001 Salvador. *Anais.*

BORBA, R. R. *Balanço Mineral Brasileiro, 2001.* Disponível em:< <http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em junho de 2006;

BROWN, G. *et all. Os recursos físicos da Terra – Bloco I: recursos, economia e geologia: uma introdução:* São Paulo: Unicamp, 1994.

CARVALHO, P. F. *Reconhecimento Geológico do Estado do Rio Grande do Sul,* Instituto de Geologia e Mineração do Brasil, Boletim no. 66, Rio de Janeiro, 1932.

CSILLAG, J. M. *Análise do Valor.* 4.ed. São Paulo: Atlas, 1995.

COOGAMAI Cooperativa de Garimpeiros do Médio Alto Uruguai Ltda. *Projeto de Lapidação e Artesanato Mineral – Ametista do Sul e municípios adjacentes*. Projeto para implantação de equipamentos de lapidação na região de Ametista do Sul, RS, 2005.

CORREA, T. E. *Geologia e Critérios de Prospecção para Depósitos de Ametistas na Região do Alto Uruguai, RS*. Dissertação (Mestrado) Engenharia: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

CROSSAN, M. M., BERDROW, I. Organizational Learning and Strategic Renewal. *Strategic Management Journal*, SUSSEX, Inglaterra, v.24, p.1091, 2003.

COX III, J. F. ; SPENCER, M. S. *Manual da Teoria das Restrições*. São Paulo: Bookmann, 2002.

FOURIE, G.A., DOHM, G. C. Jr. Open pit planning and design. *Mining Engineering Handbook*, volume 2, cap. 13.1, p. 1274. Littleton, Colorado: SME, 1992.

GHINATTO, P. *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time*. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GLAUSER, E. C. *The Toyota Phenomenon*. CH-8126, Zumikon: The Swiss Deming Institute, 2005

GOLDRATT, E. M., COX, J. F. *A Meta*. São Paulo: Nobel, 2003.

HAY, E. J. *Just-in-Time*. São Paulo: Maltese, 1992.

KLIPPEL, A. F. Rumo à Modernidade: aplicando o Mecanismo do Pensamento Científico na mineração de fluorita de Santa Catarina: *Revista Produto & Produção*, Porto Alegre, v.3, n. 1, p.26-37, 1999a.

KLIPPEL, A. F. *O Sistema Toyota de Produção e a Indústria de Mineração: uma experiência de gestão da produtividade e da qualidade nas minas de fluorita do Estado de Santa Catarina*. Dissertação (Mestrado) Engenharia: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 1999b.

KLIPPEL, M. *Estratégia de Produção Em Empresas Com Linhas De Produtos Diferenciadas – um estudo de caso*. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Administração. UNISINOS. São Leopoldo, 2005.

LEONARD-BARTON, D. *A empresa como um laboratório de aprendizagem*. In: *Apostila da disciplina de Análise Organizacional do curso de Mestrado PPGEF*, Porto Alegre – UFRGS, 1998.

LIKER, J. K. *O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre. Bookmann 2005.

LUXBACHER, G. W., KLINE, R. J. *Mine planning and design*. SME Mining Engineering Handbook, volume 2, cap. 17.1, p. 1544. Littleton, Colorado: SMME, 1992.

MACKE, J. *Desenvolvimento de um modelo de intervenção baseado no Sistema Toyota de Produção e na Teoria das Restrições: a utilização da pesquisa-ação em uma indústria de cerâmica vermelha de pequeno porte da região metropolitana de Porto Alegre*. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NILSSON, D. *Surface versus Underground Methods*. SME Mining Engineering Handbook, volume 2, cap. 23.2, p. 2058. Littleton, Colorado: SMME, 1992.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. Norma regulamentadora NR 22 - Segurança e saúde ocupacional na mineração. Atualização pela Portaria N^o 27 de 01/10/02 e Portaria N^o 63 de 02/12/03. Disponível em: [http://< www.mte.gov.br >](http://www.mte.gov.br). Acesso em novembro 2006.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bokmann, 1997.

PANTALEÃO, L. H. *Desenvolvimento de um modelo de diagnóstico da aderência aos princípios do Sistema Toyota de Produção (Lean Production System): um estudo de caso*. Dissertação (Mestrado) Administração. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Centro de Ciências Econômicas, São Leopoldo, 2003.

PASSOS, A. A. Jr. *Os Circuitos da Autonomia: Uma abordagem técnico-econômica*. Dissertação de Mestrado em Administração, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2004.

RIBEIRO, M. *Geologia da Folha de Bom Jardim*, Rio Grande do Sul. Boletim no. 247 da Divisão de Geologia e Mineração do DNPM/MME, Rio de Janeiro, 1970.

RODRIGUES, L. H. *Tecnologia da Produção Otimizada (OPT) e Teoria das Restrições (TOC)*. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFRGS, Apostila não publicada, 1997.

ROESCH, S. M. A. *Projetos de estágio e de pesquisas em administração*. São Paulo: Atlas, 1999.

SAVI, C. *Caracterização e aproveitamento do rejeito final da flotação de fluorita na localidade de Segunda Linha Torrens no município de Morro da Fumaça/SC*. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina, Criciúma, 2004.

SINDICAL – Sindicato da Indústria e Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras no Estado do Rio Grande do Sul. *Produção de calcário no Estado do Rio Grande do Sul no período de 2000 a 2005*. Disponível em: <http://www.sindicalc.com.br> Acesso em: outubro 2005.

SINDICAL – Sindicato da Indústria e Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras no Estado do Rio Grande do Sul. *Correção da acidez dos solos*. Disponível em: <http://www.sindicalc.com.br> Acesso em: janeiro 2006.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SHINGO, S. *Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para melhorias contínuas*. Porto Alegre: Bookman, 1996b.

SCHUMPETER, J. A. *Teoria do Desenvolvimento Econômico: Uma investigação Sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro e o Ciclo Econômico*. Coleção Os Economistas. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

THIOLLENT, M. *Pesquisa-Ação nas Organizações*. São Paulo: Atlas, 1997.

THIOLLENT, M. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. 11. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

VARELA, J. J. *Triagem ótica no processamento de carbonatos do Estado do Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado em Engenharia, Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

YIN, R. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WARD, M. H., BRITTON, S. G. *Management and administration*. Mining Engineering Handbook, volume 2, cap. 8.6, p. 657. Littleton, Colorado: SME, 1992 .

ZILBOVICIUS, M. *Modelos para a produção, produção de modelos: gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção*. São Paulo: FAPESP: Annablume, 1999

APÊNDICES

Apêndice A: Considerações básicas sobre a indústria de mineração

Introdução

As matérias-primas da indústria de mineração constituem recursos físicos, extraídos na superfície ou no subsolo da Terra. Os fatores mais importantes para estes recursos físicos são: a) suas propriedades físicas e químicas, das quais advêm seus usos potenciais; b) o fato de que eles são entidades econômicas; c) sua condição de extração e d) suas abundâncias e distribuições na Terra (BROWN, 1994).

Segundo este autor, a substituição dos recursos físicos é parcialmente consequência do avanço tecnológico: são encontrados novos usos para aqueles materiais anteriormente inúteis ou crescentes suprimentos de materiais úteis tornam-se disponíveis devido a avanços, como, por exemplo, na metalurgia.

A substituição é também uma função de mudanças econômicas: se o preço do cobre aumenta, por exemplo, um material alternativo e mais barato, tal como o alumínio, pode substituí-lo em algumas aplicações.

As mudanças técnicas e econômicas são intimamente entrelaçadas. Se um material é muito útil, impossível de substituir e raro, todos esses fatores terão um efeito na sua economia.

Lavra de Minas

Considerando-se a tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas, após a descoberta, delimitação e avaliação de uma jazida mineral, deve-se definir o método de lavra que é física, econômica e ambientalmente adaptável para recuperar o minério existente na mesma.

Os fatores que influenciam na definição do método de lavra, basicamente, são os seguintes:

- a) características espaciais da jazida mineral (tamanho, forma, inclinação e profundidade);
- b) propriedades físicas e mecânicas da jazida mineral e da rocha encaixante;
- c) condições do lençol freático;
- d) fatores econômicos, incluindo o teor de minério, custos de mineração e volume de produção desejado;
- e) fatores ambientais, como a preservação da superfície e a prevenção da poluição do ar e de mananciais aquíferos.

O desenvolvimento do projeto e a seqüência de exploração do minério e do material estéril a ser removido/movimentado são decisões complexas de engenharia que impactam de forma significativa na economia. Assim sendo, o planejamento da lavra é um exercício de economia, restringido por certas características de geologia e Engenharia de Minas que irão definir o método de lavra a ser utilizado.

Segundo Nilsson (1992), muitas jazidas minerais podem ser integralmente lavradas a céu aberto, enquanto que outras devem ser exploradas através de lavra subterrânea desde o início da atividade mineral. Afirma este autor que entre os fatores que devem ser considerados para a escolha do método de lavra em uma jazida mineral pode-se citar, entre outros:

- a) tamanho, forma e profundidade do depósito mineral;
- b) condições da rocha encaixante;
- c) capacidade e produtividade dos equipamentos envolvidos;
- d) capital necessário, retorno sobre o investimento e custos operacionais;
- e) rendimento da lavra e recuperação do minério no beneficiamento mineral;
- f) questões de segurança e meio ambiente.

Em função do desenvolvimento tecnológico ou da influência de agentes externos, como a variação cambial ou situações políticas, pode ocorrer o aumento de produção mesmo com a redução do teor e da qualidade do minério. Este fato faz com que jazidas consideradas anti-econômicas no passado, possam agora ser lavradas de forma econômica.

De acordo com o tipo de minério, diferentes métodos de lavras podem ser utilizados: a) minérios de ferro e cobre são normalmente lavrados a céu aberto; b) a maioria dos minerais industriais também é lavrada a céu aberto (em minas normalmente denominadas de pedreiras); c) a

fluorita e o carvão são lavrados tanto a céu aberto como através de lavra subterrânea, e assim sucessivamente, dependendo das condições geológicas de cada jazida mineral.

Luxbacher (1992) afirma que “o projeto e o planejamento de uma mineração são únicos dentro do escopo de um projeto de engenharia, no qual a infra-estrutura inicial (trabalhos de mineração) avança dentro de condições que variam tanto no espaço como no tempo.”

Segundo Pazdziora *apud* Luxbacher (1992), apesar de geralmente o projeto da mina se desenvolver em três fases (conceitual, preliminar e projeto final) o projeto inicial permanece como padrão. Qualquer erro de interpretação geológica, *layout* ou definição de recursos pode resultar em dificuldades operacionais, tecnológicas ou organizacionais, levando à perda excessiva de minério ou a uma operação antieconômica que pode comprometer a vida útil da jazida.

Lavra a céu aberto

Geralmente, para realizar uma lavra a céu aberto é necessário escavar e remover um grande volume de material estéril de cobertura. O principal objetivo em qualquer atividade de mineração é explorar a jazida mineral ao menor custo, obtendo-se o maior lucro possível.

O desenvolvimento da mina a céu aberto envolve a remoção da cobertura vegetal e do extrato de rochas superficiais estéril, até o atingimento da camada mineralizada. Utiliza-se a lavra a céu aberto quando esta camada situa-se próximo à superfície, de forma que a descobertura da mesma ocorra em tempo relativamente curto antes do início da atividade de extração do minério propriamente dita.

Em muitos casos, em função das condições da jazida mineral, é possível iniciar-se a atividade mineral através de lavra a céu aberto. Porém, na medida em que a profundidade aumenta, faz-se necessário substituir o método de lavra para mineração de subsolo.

A remoção da camada superficial de estéril na lavra a céu aberto deve ser bem planejada para não prejudicar a atividade de lavra futura e não aumentar os custos de produção. A seleção dos equipamentos e determinação de suas capacidades deve ser criteriosamente realizada, pois são necessários, normalmente, investimentos de vulto.

Fourie (1992) afirma que “é consenso geral de que a lavra a céu aberto é normalmente mais vantajosa em relação à mineração subterrânea em termos de recuperação, controle de teor,

economia, flexibilidade de operação, segurança e meio ambiente. No entanto, existem muitas jazidas minerais pequenas, irregulares, não econômicas mesmo para lavra a céu aberto.”.

Mesmo quando a mineralização ocorre em depósitos relativamente extensos, o rápido aumento da cobertura a ser removida impõe limites econômicos para a lavra. Devido a este fato, a lavra pode ser abandonada ou substituída por lavra subterrânea.

O projeto de uma lavra a céu aberto é realizado em várias etapas. Ele consiste, tecnicamente, em planejar diversas alternativas, seguindo-se uma avaliação e seleção da melhor opção.

O projeto final mais econômico frequentemente depende de fatores tais como limites geográficos do corpo mineral; distribuição do teor do minério no corpo mineral; topografia, ângulos máximos possíveis de inclinação, etc.. No entanto, os fatores econômicos dependem da escolha da relação minério/estéril; dos volumes de produção e dos equipamentos a serem utilizados.

Lavra subterrânea

Se a profundidade do depósito mineral for tal que a remoção da cobertura torna a mineração a céu aberto inviável economicamente, devem-se considerar os métodos de mineração subterrânea. A questão da recuperação do minério de uma jazida desta natureza se reduz a selecionar ou desenvolver uma lavra que exclua outras opções com base na análise econômica e nas condições de segurança que proporcione boas condições geomecânicas para a realização das atividades de mineração e para preservar a superfície.

Os métodos de lavra subterrânea compreendem aqueles nos quais o teto das galerias é firme, auto sustentável, não necessitando de escoramento e aqueles nos quais se faz necessário utilizar algum tipo de escoramento, como por exemplo, parafusos de teto.

No desenvolvimento de minas subterrâneas é necessário um planejamento a longo prazo para a abertura do poço de extração, do poço de ventilação e dos demais acessos, bem como para o desenvolvimento das galerias principais e secundárias no subsolo. Questões relacionadas com o escoramento de teto devem ser bem entendidas.

Os principais problemas relacionados com o meio ambiente na mineração subterrânea são relacionados com a descarga de água ácida oriunda do subsolo e a subsidência da superfície após a lavra.

Beneficiamento Mineral

Além da atividade de lavra, a tecnologia intrínseca da Engenharia de Minas está relacionada, também, com a atividade de beneficiamento mineral.

O beneficiamento mineral tem como objetivo reduzir a variação dos teores dos componentes químicos do minério bruto, resultando deste processo produtos com especificações bem definidas, que são utilizados, normalmente, como matérias-primas em outros ramos industriais.

Em uma mesma jazida mineral, a mudança freqüente das características geológicas do minério em exploração, em função da variação dos teores dos componentes químicos do mesmo, ocasiona a mudança das condições de lavra e do beneficiamento mineral.

Além das questões relacionadas com a lavra e o beneficiamento mineral, a indústria de mineração deve necessariamente observar as condições do mercado no qual ela se insere, como forma de assegurar a sua sobrevivência.

O mercado de *commodities*

Brown (1994) comenta que os preços dos recursos físicos negociados em grandes tonelagens estão sujeitos a vários tipos de controle internacional, como a Bolsa de Metais de Londres (*London Metal Exchange – LME*).

Conforme esse autor, este é um dos raros fóruns internacionais onde compradores e vendedores podem fazer contato entre si para fixar preços. Nem todos os metais são comercializados lá – apenas ouro, cobre, chumbo, zinco, estanho, prata, alumínio e níquel. A massa de metais vendidas na LME é muito menor do que a massa usada na indústria como um todo, porém o preço LME é referência para praticamente todas as vendas.

Dois tipos de negócios acontecem na LME: a) negócio para entrega imediata de metais, que é pago a vista, conhecido como *spot trading*; b) contrato para a compra de metais que não são necessários adquiridos no momento, mas em alguma data futura. Este negócio é realizado no denominado mercado de futuros. No momento da realização do negócio ocorre a fixação de um preço, que é diferente do preço *spot* e usualmente depende da tendência futura do mesmo.

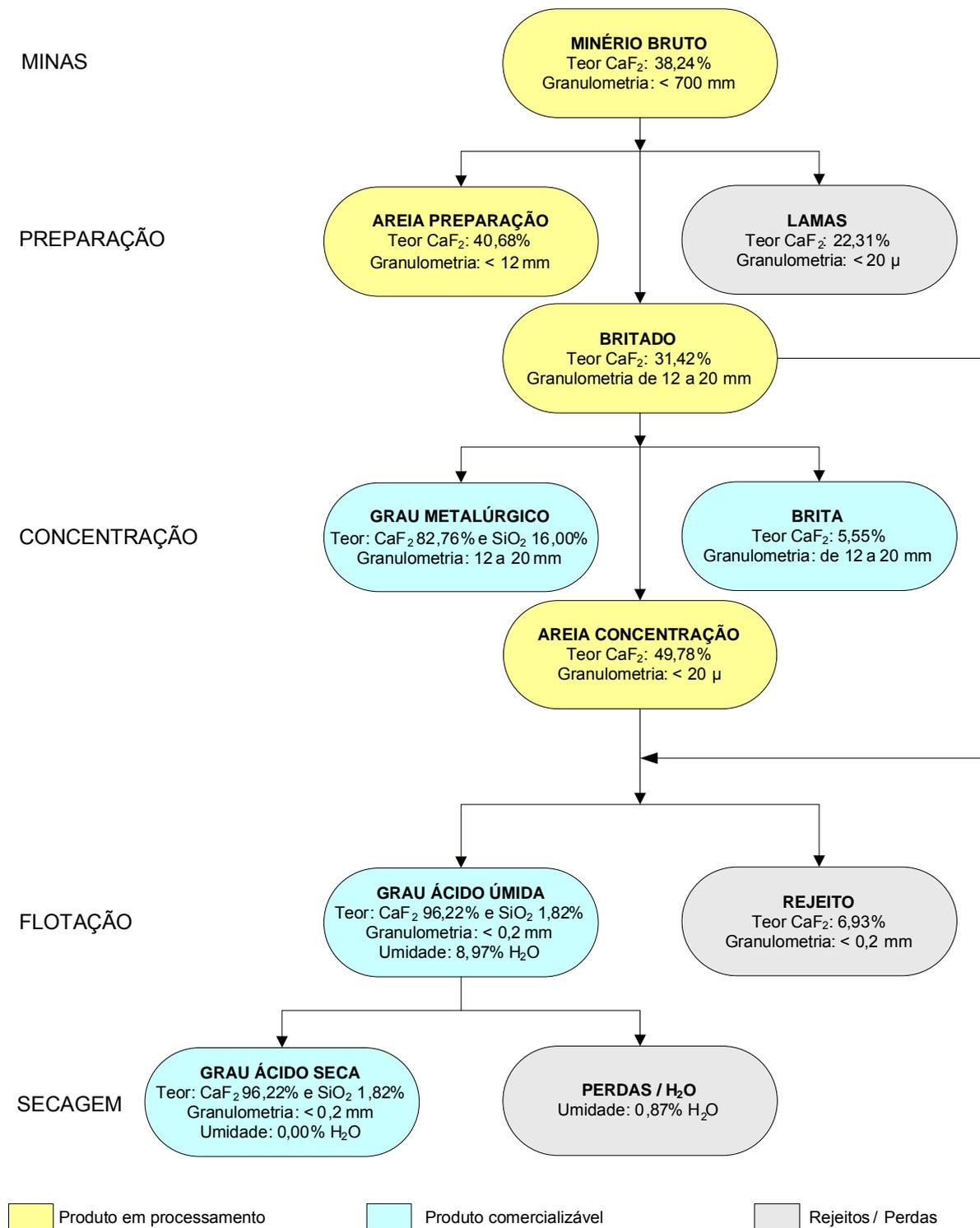
Se os preços parecem estar caindo, o preço fixado pode ficar abaixo do preço *spot* e vice-versa. A importância do mercado de futuros é dupla. Para o comprador industrial, garante o preço e a disponibilidade quando o metal for realmente necessário. Para o vendedor, ajuda a assegurar uma receita constante e elimina a necessidade de confiar em dias bons e no mercado *spot* (à vista).

Um contrato no mercado de futuros é, portanto, um meio de defesa contra um súbito aumento no preço, para o comprador, ou contra uma queda de preço, para o vendedor. Naturalmente, se a situação inversa ocorrer, os prejuízos decorrentes são assumidos pelo comprador ou pelo vendedor.

Para o funcionamento sem grandes sobressaltos da indústria, particularmente a indústria de mineração, um preço previsível do metal é essencial. A tendência dos preços de mercado é função das diversas variáveis que atuam no mesmo.

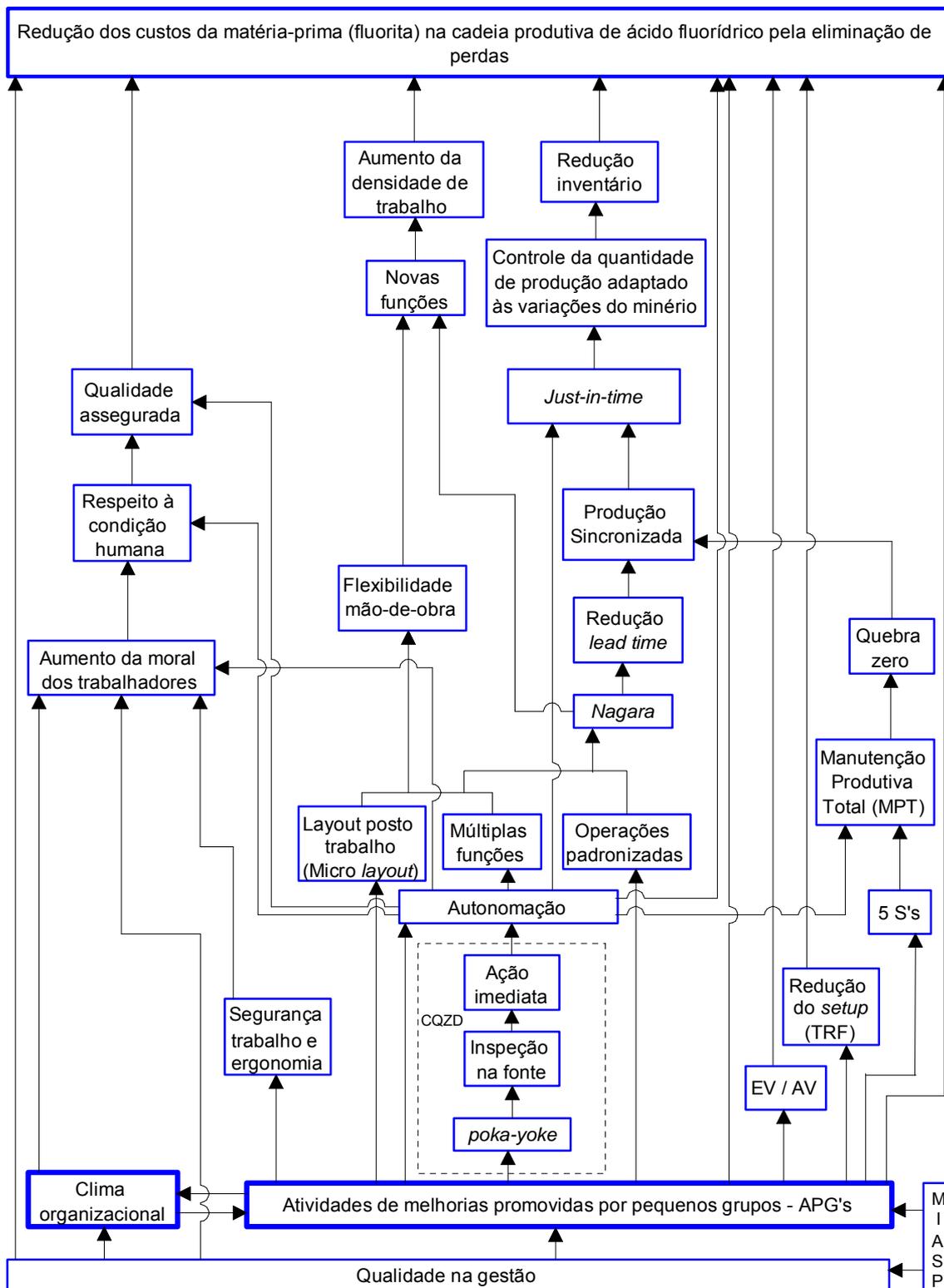
Apêndice B: Fluxograma geral do beneficiamento mineral do Sistema Floral de Produção (valores médios 1998)

(Adaptação de KLIPPEL, 1999b)

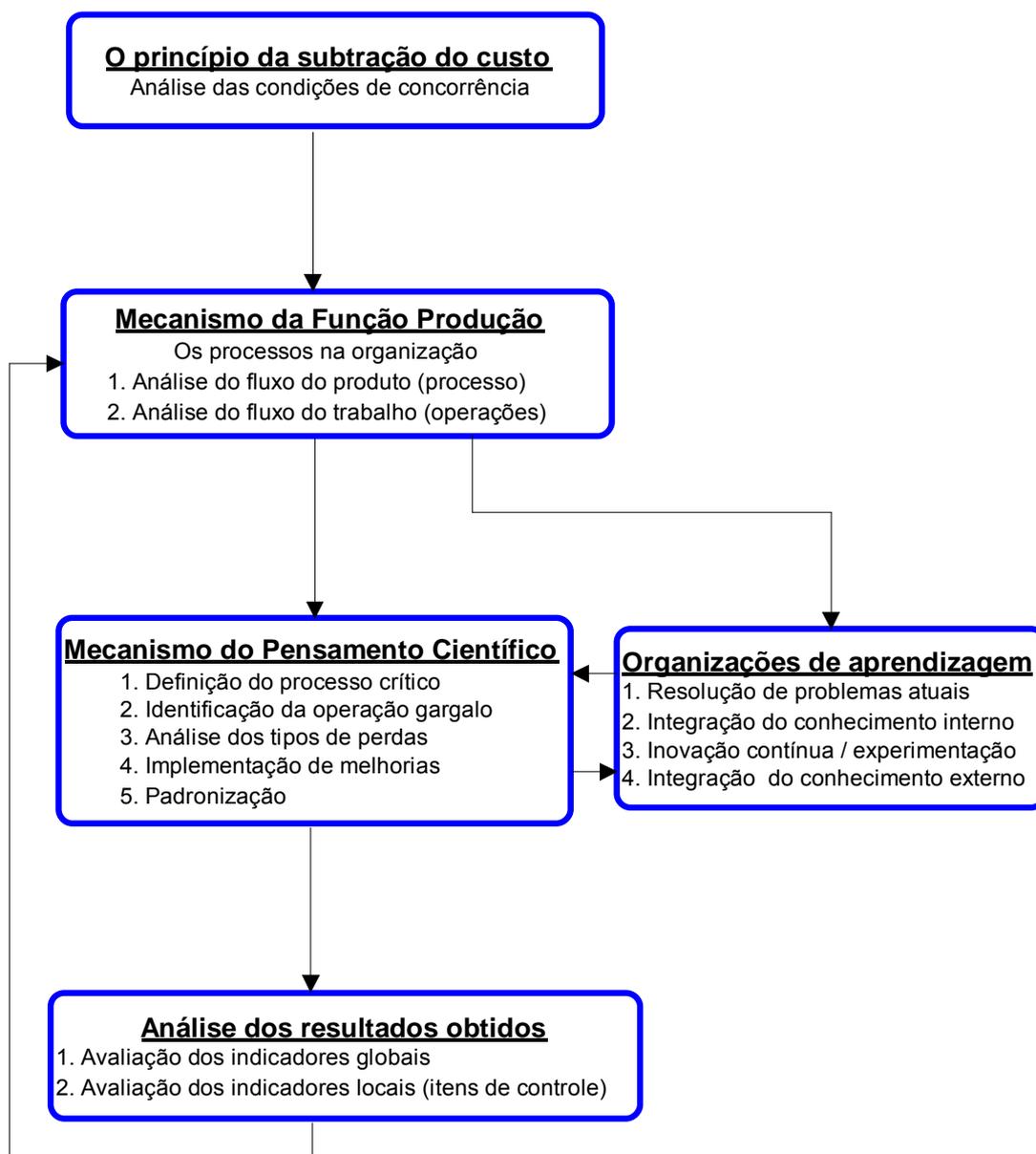


Apêndice C: A Estrutura de Mudanças do Sistema Floral de Produção

(KLIPPEL, 1999b)

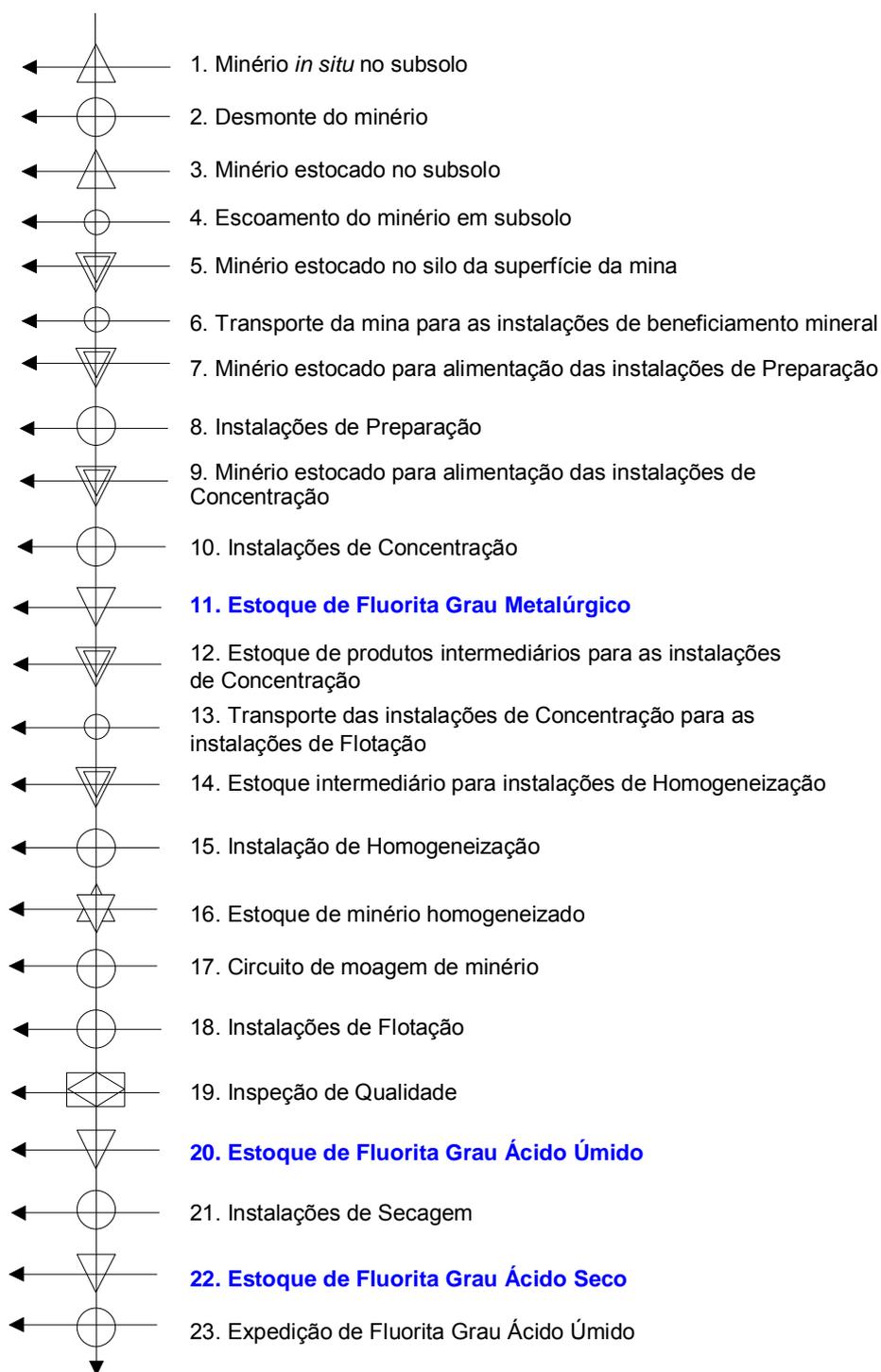


Apêndice D: O Processo de mudanças do Sistema Floral de Produção
(KLIPPEL, 1999b)



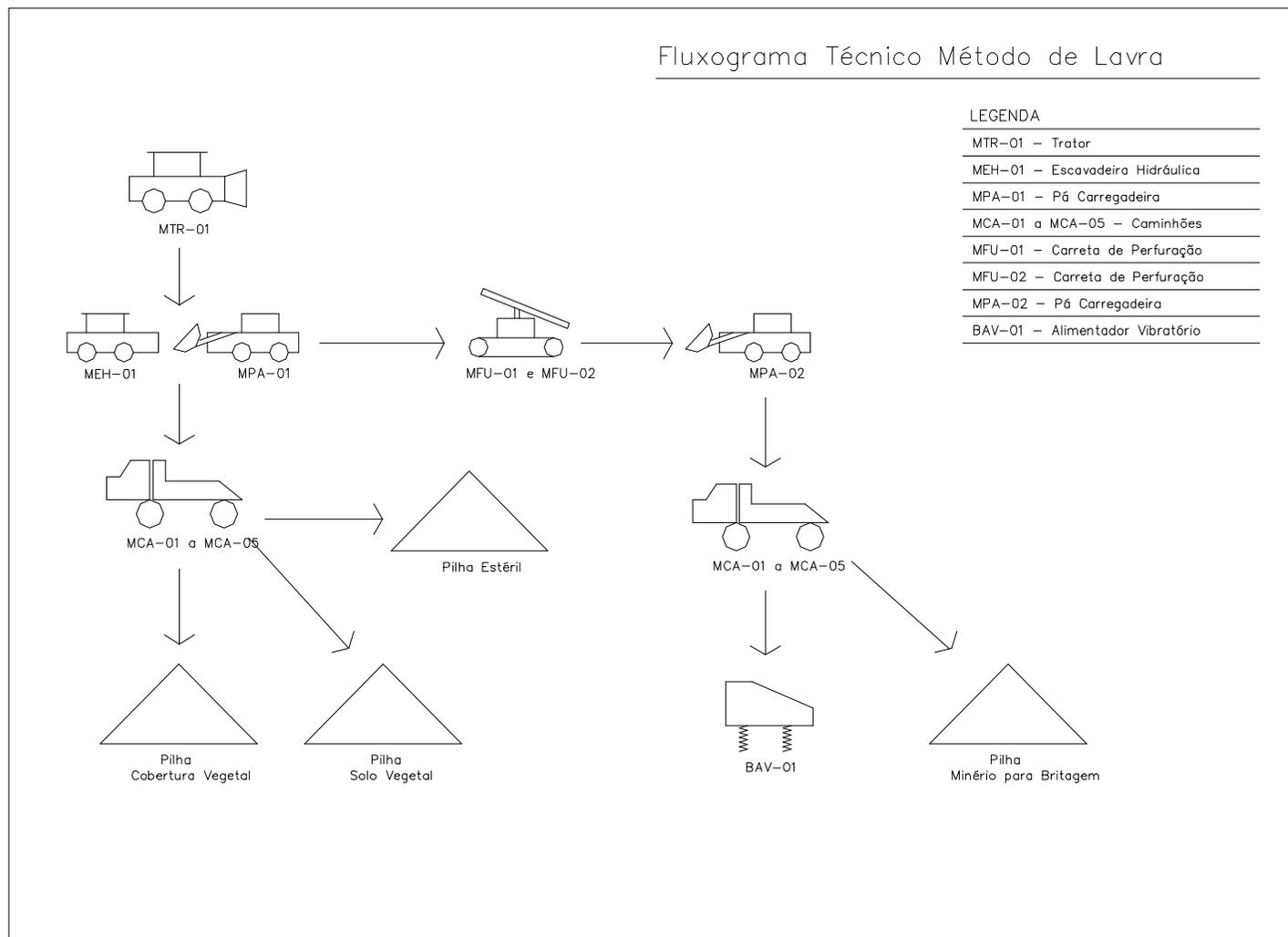
Apêndice E: O Processo crítico do Sistema Floral de Produção

(KLIPPEL, 1999b)



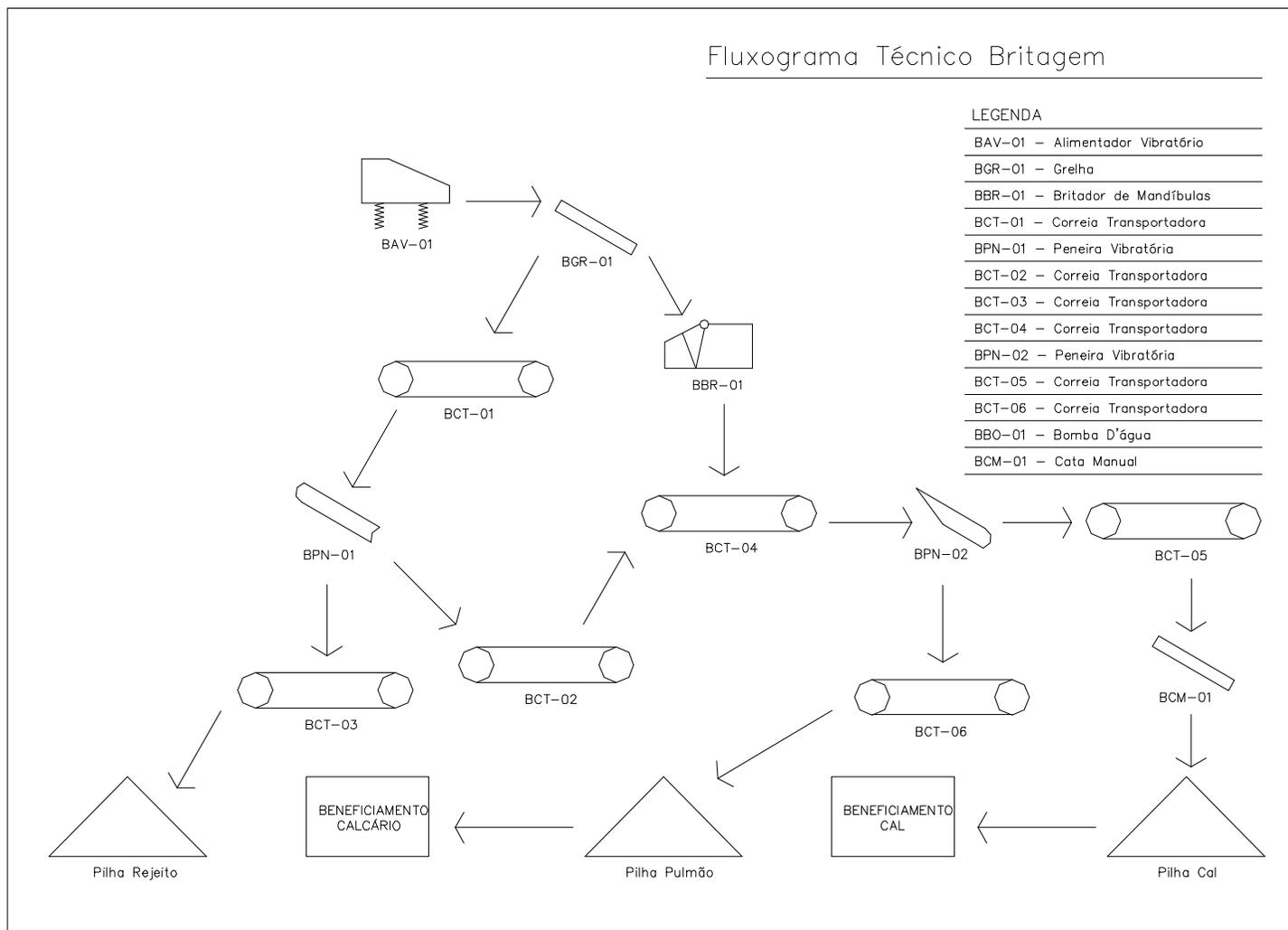
Apêndice F : Fluxograma técnico do método de lavra na Mineração Mônego

Fonte: (Mineração Mônego Ltda.)



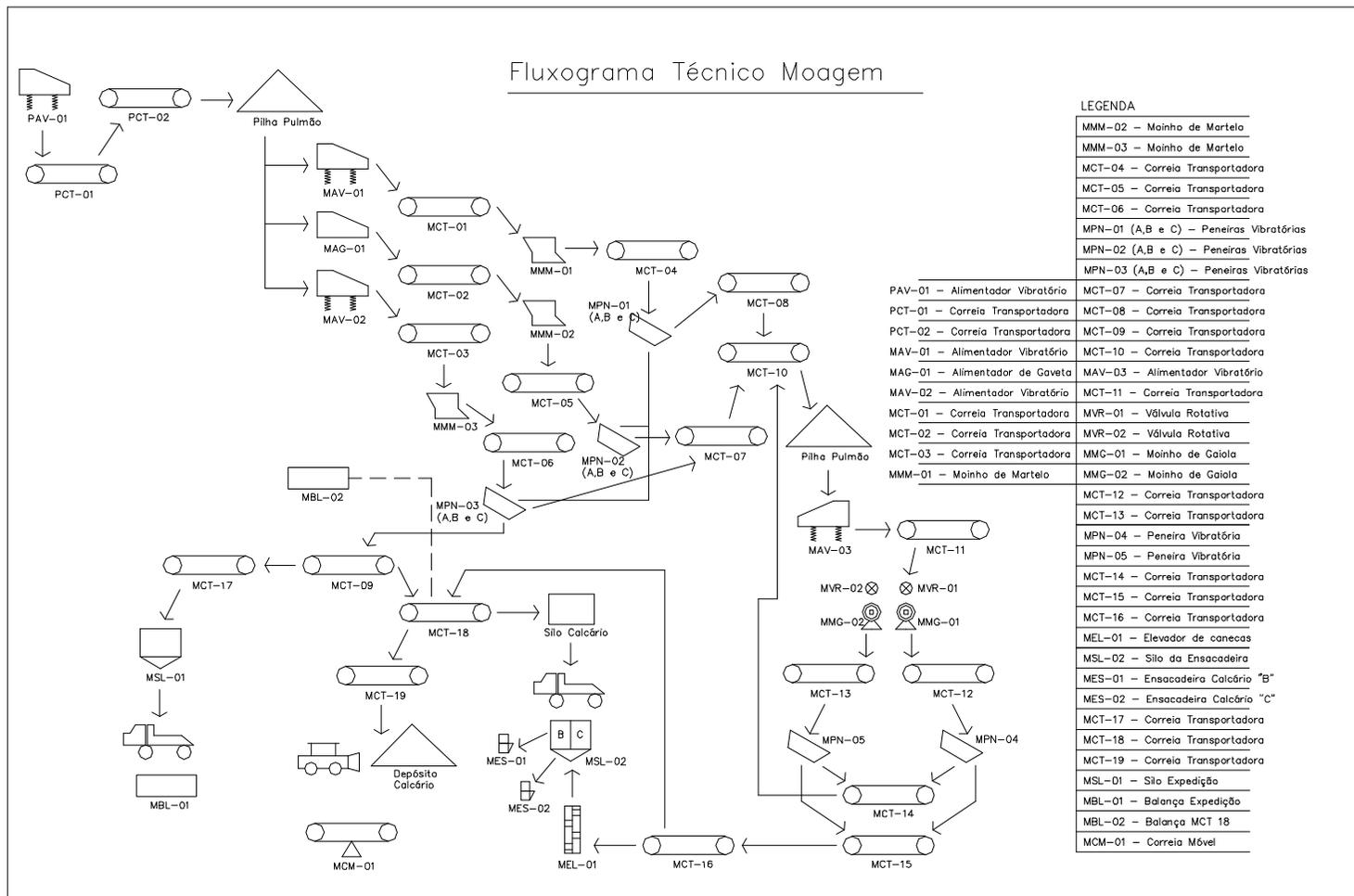
Apêndice G: Fluxograma técnico das instalações de britagem na Mineração Mônego

Fonte: (Mineração Mônego Ltda.)



Apêndice H: Fluxograma técnico das instalações de moagem na Mineração Mônego

Fonte: (Mineração Mônego Ltda.)



Apêndice I: Processo Capacitação Tecnológica – Conceitos Básicos de Engenharia de Produção

No Processo de Capacitação Tecnológica com foco em “Conceitos Básicos de Engenharia de Produção” foram abordados os seguintes tópicos:

- a) noções de sistemas e sistemas de produção
- b) evolução das normas de concorrência;
- c) dimensões da competitividade e o mercado de competição global;
- d) produtividade horária e produtividade econômica;
- e) conceito de tempo de atravessamento;
- f) características do jic *versus* características do jit;
- g) a meta das organizações segundo a teoria das restrições (toc);
- h) indicadores globais e indicadores locais;
- i) conceito de gargalos (recursos restritivos);
- j) as regras da toc

Apêndice J: Processo Capacitação Tecnológica – Eficiência da Produção

No Processo de Capacitação Tecnológica com foco em “Eficiência da Produção” foram abordados os seguintes tópicos:

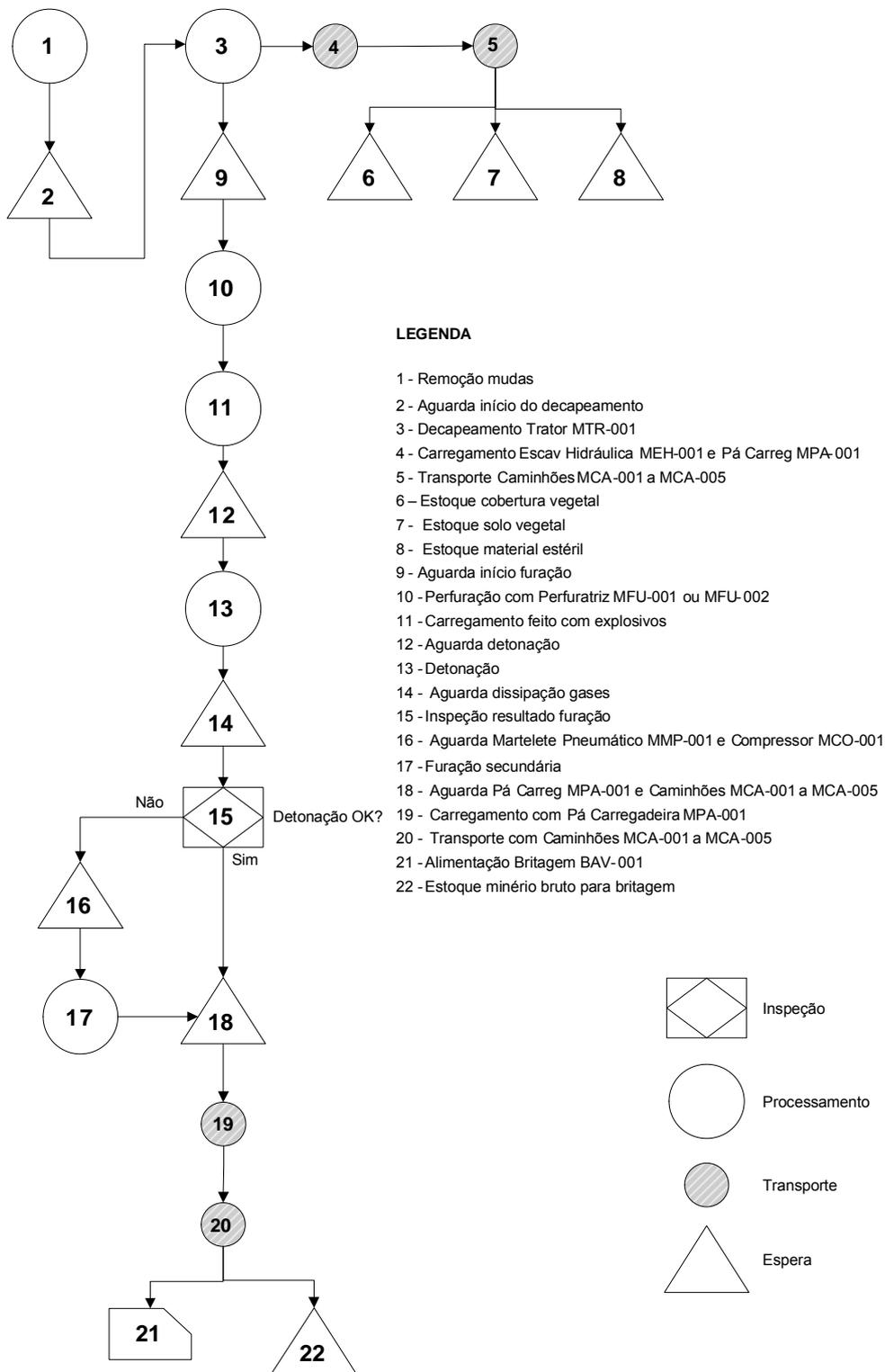
- a) Metodologia de Gestão do Posto de Trabalho - GPT
- b) Índice de Rendimento Operacional Global – IROG;
- c) Índice de Tempo Operacional;
- d) Índice de Performance Operacional;
- e) Índice de Produtos Aprovados

Apêndice L: Processo Capacitação Tecnológica – Mecanismo da Função de Produção e Perdas no Processo de Produção

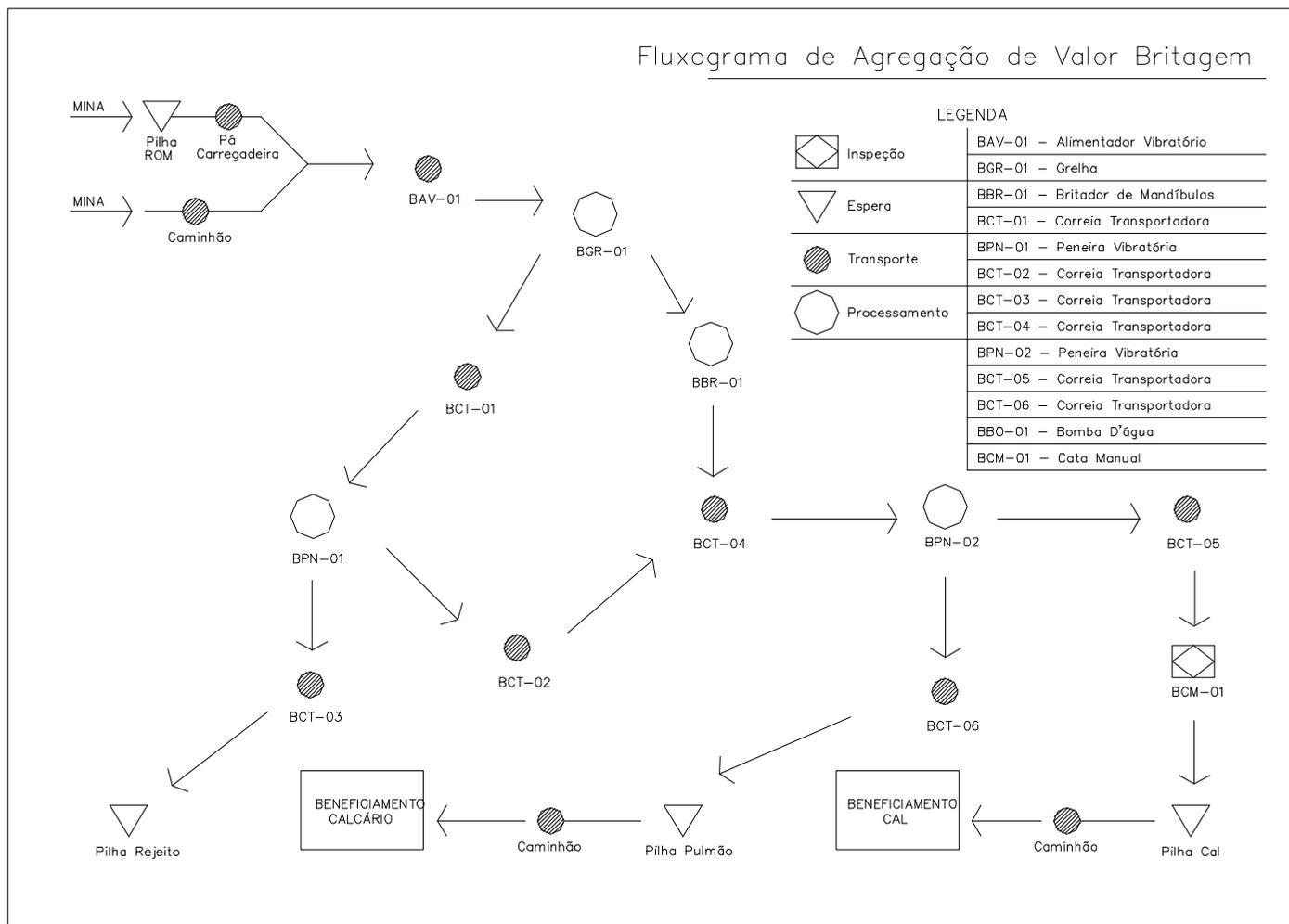
No Processo de Capacitação Tecnológica com foco em “Mecanismo da Função de Produção e Perdas no Processo de Produção” foram abordados os seguintes tópicos:

- a) A Função Processo;
- b) A Função Operação
- c) Elementos que compõe a Função Processo: processamento, transporte, inspeção, espera;
- d) Os tipos de operações;
- e) Mapeamento de processo na lógica do Mecanismo da Função de Produção – MFP;
- f) O conceito de perdas na visão tradicional e na visão “moderna”;
- g) A relação entre trabalho líquido, trabalho adicional e perdas;
- h) As 7 Grandes Perdas segundo Shingo e Ohno.

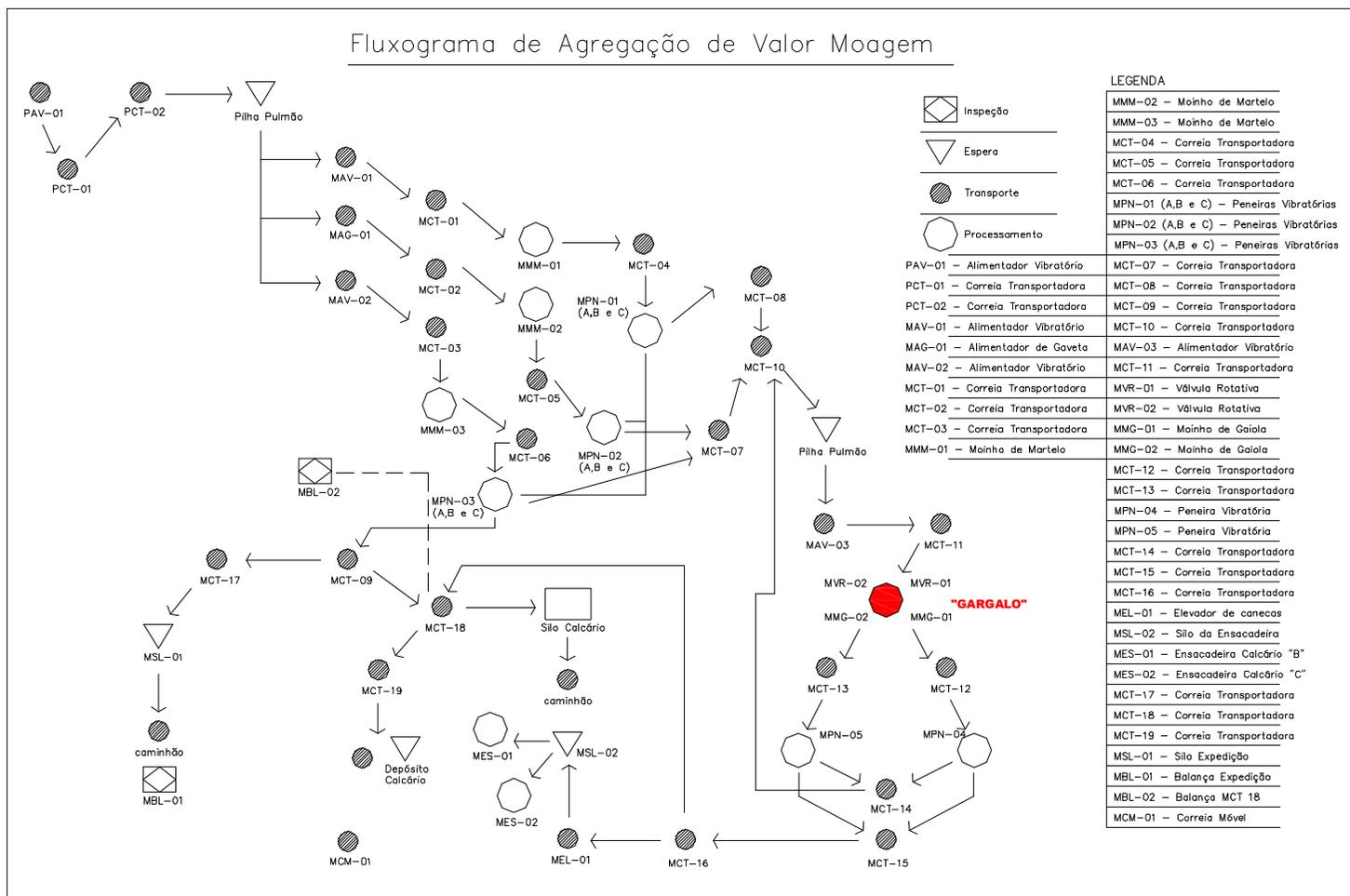
Apêndice M: Fluxograma de agregação de valor do método de lavra na Mineração Mônego



Apêndice N: Fluxograma de agregação de valor das instalações de britagem na Mineração Mônego



Apêndice O: Fluxograma de agregação de valor das instalações de moagem na Mineração Môngo



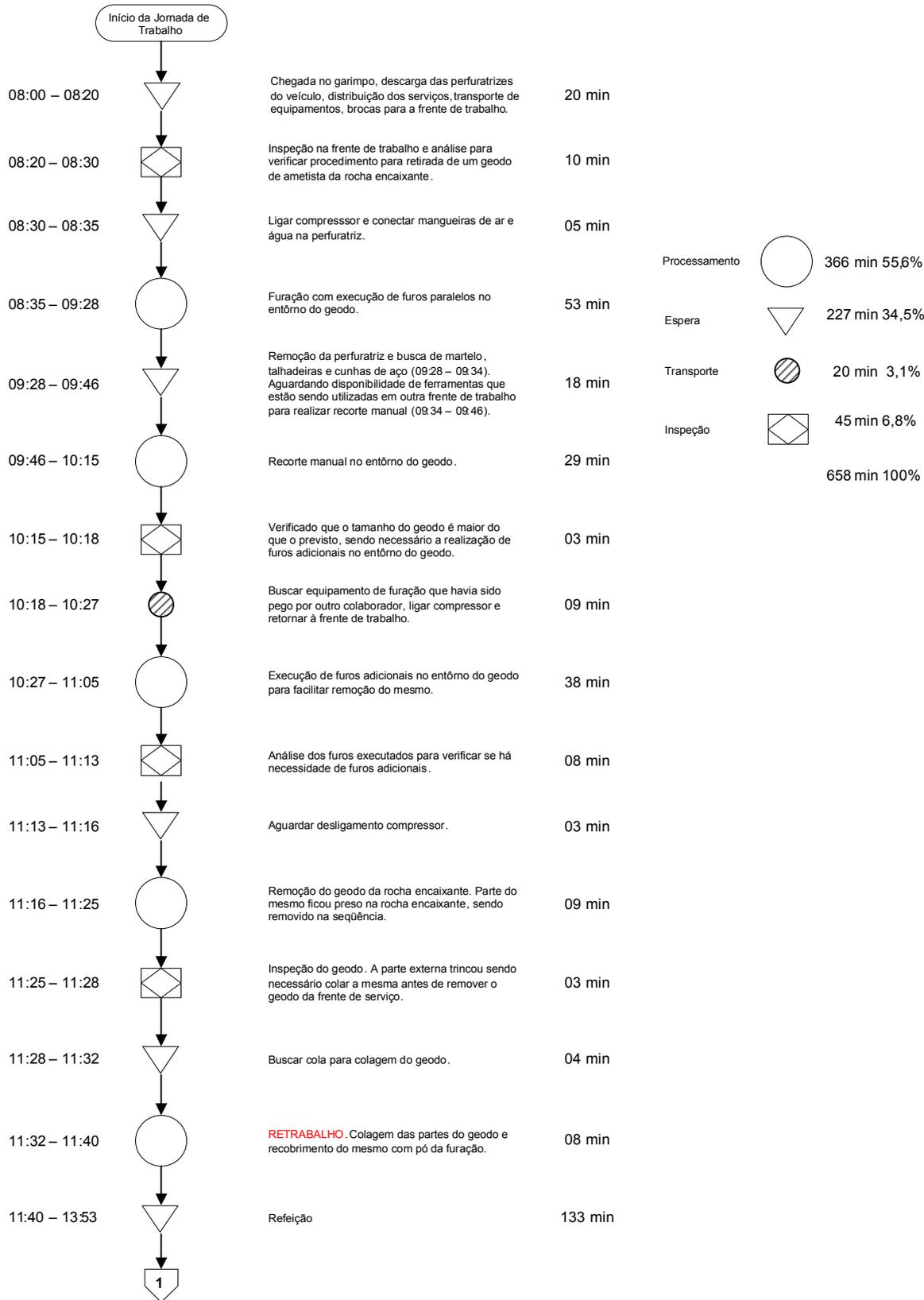
Apêndice Q: Plano de Ação no moinho de gaiola da Mineração Mônego no mês de junho 2005

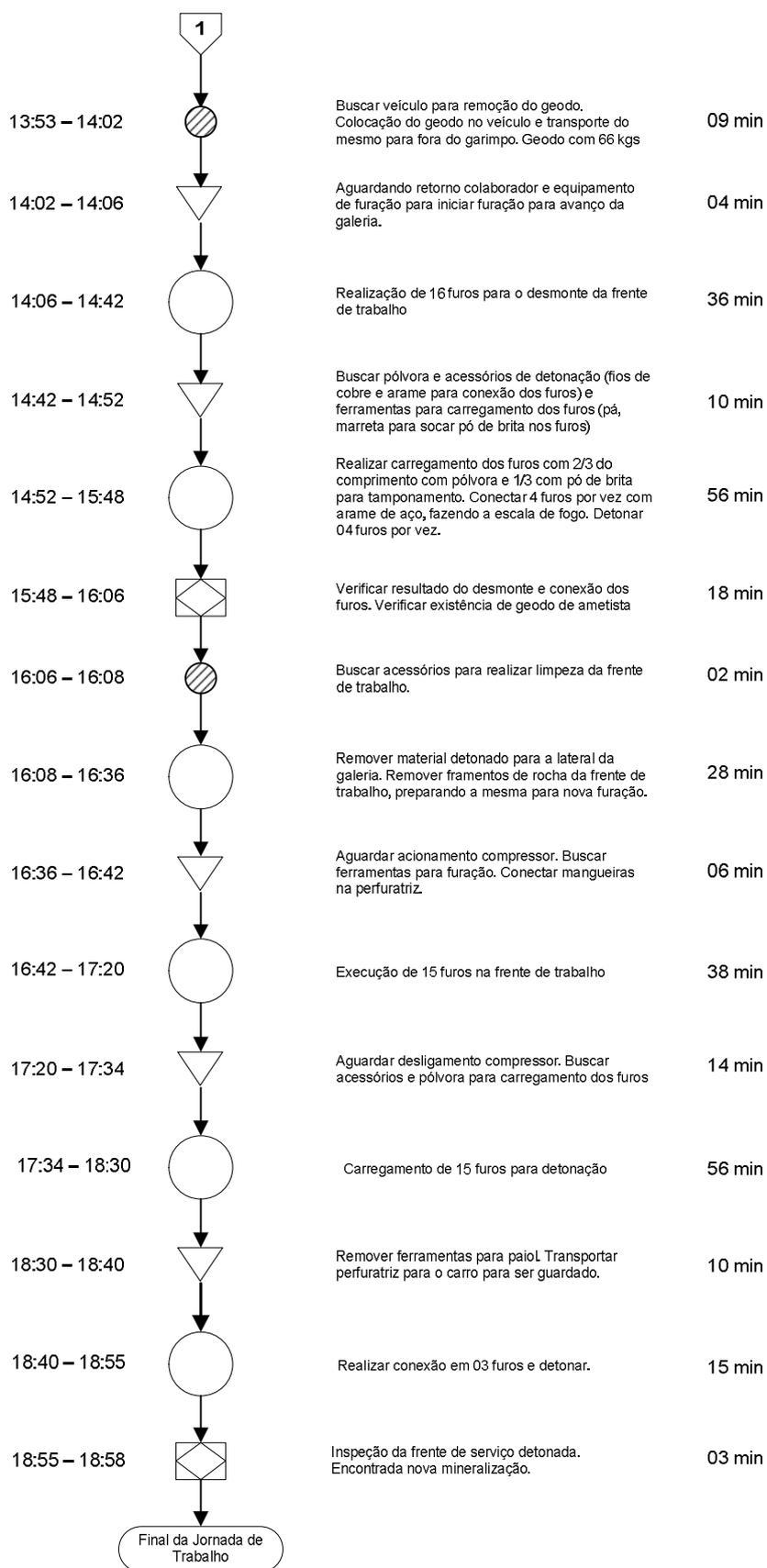
Why (Por que) (MOTIVO)	Who (Quem) (RESPONSÁVEL)	When (Quando) (PRAZO)	Where (Onde) (LOCAL)	How (Como) (MÉTODO / AÇÕES)	How Much (Quanto) (VALORES)	Ganhos Estimados (VALORES)
Manutenção	Gerente Industrial	Em 30 dias a contar desta data	Moinho MMG02	1. Implementar Plano de Manutenção Preventiva 2. Realizar inspeções de manutenção nos equipamentos no final de cada turno / final de semana	Sem investimentos	Redução do tempo de paralisações para manutenção corretiva.
Silo / Monte Cheio	Supervisor de Turno	Imediato	Moinhos	1. Treinamento de operadores	Sem investimentos	Redução do tempo de paralisações por falta de sincronização no fluxo de produção estimado em 50%. No período considerado, ganho aproximado de 100 minutos para produção.
Carregando AG100 ensacado e Talco bigbag	Supervisor de Turno	Imediato	Moinhos	1. Disponibilizar colaborador de outro setor (lógica Doutor - Enfermeiro) nos períodos de alta demanda	Sem investimentos	Eliminação das paradas por falta de operador. No período considerado, ganho de 175 minutos. Ação justificada nos períodos de alta demanda.
Limpeza bica	Supervisor de Turno	Imediato	Moinhos	1. Treinamento de operadores	Sem investimentos	Redução do tempo de limpeza estimado em 50%. No período considerado, ganho aproximado de 70 minutos para produção.
Problemas mecânicos MVR02	Gerente Industrial	Em 30 dias a contar desta data	Moinho MMG02	1. Implementar Plano de Manutenção Preventiva 2. Realizar inspeções de manutenção nos equipamentos no final de cada turno	Sem investimentos	Redução do tempo de parada para Manutenção Corretiva. No período considerado, ganho de 140 minutos para produção.
Não registradas	Gerente Industrial	Imediato	Moagem	1. Treinamento de operadores	Sem investimentos	Preenchimento correto dos Diários de Bordo, possibilitando identificação das causas de paralisações

Apêndice R: Tabulação dos dados de questionário realizado em Ametista do Sul

1 - Tempo de Mineração	Período (anos)						
	<1	1 a 5	6 a 10	11 a 15	15 a 20	> 20	
2 - Já teve outra atividade?	Não	Sim	Agricultura	Construção	Indústria	Comércio	Outros
	133	476	129	15	9	18	20
3 - Grau de Escolaridade	Analfabeto	Até 5ª Série	Até 8ª Série	2º Grau	Superior	Total	
3 - Tem Filhos?	6	230	189	63	1	489	
	Sim	Não	Até 3	Mais de 3			
	125	142	240	39			
4 - Estão na escola?	Sim	Não					
	234	205					
5 - A esposa tem atividade financeira?	Sim	Não					
	160	399					
6 - Qual a renda familiar? (em salários mínimos)	< 1	1	2 a 3	> 3			
	64	290	236	17			
7 - Esta contribuindo para o INSS?	Sim	Não					
	321	320					
7 - Pertence a cooperativa?	Sim	Não					
	368	188					
8 - Acha importante contribuir?	Sim	Não					
	356	243					
9 - Estão em dia com a COOGAMA?	Sim	Não					
	302	293					
10 - Esta satisfeito com a atividade de garimpeiro?	Sim	Não					
	400	168					
11 - Gostaria de exercer outra atividade?	Sim	Não					
	149	429					
11 - Qual?	Mecânico	Agricultor	Que ganhe melhor	Pedreiro	Motorista	Não respondeu	
	1	5	5	2	2	27	
12 - Se pudesse melhorar alguma coisa na sua atividade qual seria?	Perfuração	Ventilação	Carregamento de explosivos	Limpeza das frentes de serviço			
	104	390	33	62			
13 - Reside no mesmo local do garimpo que trabalha?	Sim	Não					
	102	498					
14 - A água que consome é do interior do garimpo?	Sim	Não	as vezes				
	267	333	4				
15 - Teve ou tem sintomas de:	Tosse	Dor no peito	Cansaço fácil	Chiado peito	Todos	Dor coluna	
	180	96	118	51	124	1	
16 - Atualmente é fumante?	Sim	Não					
	170	340					
16 - Quantos cigarros por dia?	Até 10	10 a 20	1 carteira	2 carteiras			
	7	3	6	5			
Era fumante?	Sim	Não					
	75	50					
17 - Tem conhecimento sobre silicose?	Sim	Não					
	176	421					
17 - Participou de palestras?	Sim	Não					
	84	563					
18 - Já fez exame de:	RX		Espirometria		Audiometria		
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	
	207	399	199	430	198	437	
19 - Sabe o que é EPI?	Sim	Não					
	499	106					
19 - Faz uso regularmente de:	Bota	Luva	Capacete	Máscara	Fone Ouvido	Não	
	416	309	331	316	122	64	
20 - Motivo por que não usa:	Não tem	Não gosta					
	17	3					
21 - O que você acha da infraestrutura do garimpo?	Boa	Ruim	Mais ou Menos				
	410	115	68				
21 - O que poderia melhorar?	Nenhuma resposta						
22 - Já teve desentendimento com colegas durante o trabalho?	Sim	Não	As vezes				
	57	418	18				
23 - Já fez uso de bebida alcoólica?	Sim	Diariamente	Semanalmente	Não			
	1	267	0	217			
23 - Já fez uso no trabalho?	Sim	Não					
	0	485					

Apêndice S: Mapeamento do processo de produção de ametista em uma frente de lavra do garimpo piloto





ANEXOS

Anexo A: Laudo de Análises 5313/04 de 25.11.04



LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: 5313/04

DATA: 25/11/04

CLIENTE: COOGAMAI – COOP. DE GARIMPEIROS DO MÉDIO ALTO URUGUAI LTDA

ENDEREÇO: Av. Bento Gonçalves, 915

CEP: 98465-000

CIDADE: Ametista do Sul- RS

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
22.11.04	Garimpo Três Coqueiros- Ametista do Sul	09:00	-	Poeira Respirável	Inicial: 15,2 Final: 23,0	Inicial: 63 Final: 76
Agentes	Concentrações Encontradas	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)		
		NR-15	ACGIH-2002	NR-15	ACGIH-2002	
Poeira Respirável	60,6 mg/m ³	-	3,0 mg/m ³	-	1,50 mg/m ³	
Tipo de coletor: Filtro de PVC de 5,0 µ porosidade e 37 mm diâmetro, montado em cassete – Amostra 117/03						
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 400,51 l/min. / 1.2745 litros						
Metodologia: Cromatografia a Gás com detector de Massas - NIOSH 0600						
Responsável pela Amostragem: Paulo Coradini						

Conclusão: O agente analisado na amostra ficou acima do Limite de Tolerância e acima do Nível de Ação.

p/ *Andréia S. Cardoso*
Stella Maris Leonardi
CRQ-4/05200398

Anexo B: Laudo de Análises 2529/05 de 01.06.05

LAUDO DE ANÁLISES

Nº DO LAUDO: 2529/05.

DATA: 01/06/05

CLIENTE: COOGAMAI – COOP. DE GARIMPEIROS DO MÉDIO ALTO URUGUAI LTDA

ENDEREÇO: Av. Bento Gonçalves, 915

CEP: 98465-000

CIDADE: Ametista do Sul- RS

Data da Coleta	Local da Amostragem	Horário da Amostragem	Tempo de Duração da Amostragem (min.)	Agentes Químicos Analisados	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)
16.05.05	Garimpo Três Coqueiros- Ametista do Sul	Inicial: 09:15 Final: 14:00	285,0	Poeira Respirável	Inicial: 20,9 Final: 23,5	Inicial: 90 Final: 90
Agente	Concentração Encontrada	Limites de Tolerância		Níveis de Ação (NR-9)		
		NR-15	ACGIH-2003	NR-15	ACGIH-2003	
Poeira Respirável	3,20 mg/m ³	-	3,0 mg/m ³	-	1,50 mg/m ³	
Tipo de coletor: Filtro de PVC de 5,0 µ porosidade e 37 mm diâmetro, montado em cassete – 112/03						
Aparelho de coleta: Buck Balc-5						
Vazão da bomba / volume de ar coletado: 1,309 l/min. / 425 litros						
Metodologia: Cromatografia à Gás com detector de Massas - NIOSH 0600						
Responsável pela Amostragem: Paulo Coradini						

Conclusão: A concentração do agente analisado na amostra ficou acima do Limite de Tolerância e do Nível de Ação.

Stella Maris Leonardi
Stella Maris Leonardi
CRQ - 11 - 05200398