

SOBRECARGA DE EQUIPAMENTOS¹

Ricardo Henrique Veppo Lara²
Aimberê Néri da Silva³

Resumo

O trabalho de sobrecarga de equipamentos surgiu de uma necessidade da área saber como estava o comportamento de cada equipamento em função da massa que passava em cada um deles. Por isso, este trabalho tem como objetivo identificar quais são os equipamentos gargalos da área, para que seja possível a proposição de soluções que possam aumentar a produtividade sem comprometer estruturalmente os mesmos. A metodologia utilizada foi o DMAIC (Seis Sigma). Foram encontrados vários equipamentos que estavam trabalhando sobrecarregados para a taxa de alimentação requerida. Então foram feitos quatro cenários que mostravam os resultados financeiros e de desempenho de acordo com o nível de investimento adotado. Como o plano de produção para os próximos anos na referida unidade não será diminuído, então as alterações propostas de substituição e/ou repotenciamento deverão ser implementadas, porque senão existem alguns riscos estruturais, aumento de horas de manutenção corretiva e com isso o plano de produção pode ficar comprometido.

Palavras-chave: Sobrecarga.

OVERLOAD ON THE EQUIPMENTS

Abstract

The necessity of this work appeared when the area needed to know what the performance of the equipments in function of iron ore mass that passed through them. Due to this, the work has as objectives identify the bottlenecks in the process and to reduce these constrictions, in order to increase the availability and protect the structural integrity of the equipments. The methodology used was the DMAIC (Six Sigma). And was seen many equipments that were working over its capacity required in the project. Then, were done several cash flow studies to verify the best option of investments, combining expenditure with repair, acquisition and availability of the equipments. It was verified that to achieve the production plan of the next years will be necessary to increase the equipment's availability and for that will be necessary to reduce the down time caused by overload on the equipments.

Key words: Overload.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Engenheiro Mecânico com ênfase em Mecatrônica, com especialização em Engenharia de Manutenção pelo IEC – MG. Engenheiro de Manutenção por mais de 5 anos pela Votorantim Metais. Atualmente é Engenheiro de Manutenção da Companhia Vale do Rio Doce. Ricardo.Lara@cvrd.com.br*

³ *Engenheiro Industrial Mecânico com especialização em Engenharia de produção na UNIFEI em Engenharia de Produção e Mineração na UFOP. Engenheiro com 18 anos de experiência na área de manufatura na Kodak do Brasil e Delphi Automotive Systems. Atualmente é Engenheiro de Manutenção na Companhia Vale do Rio Doce. aimbere.silva@cvrd.com.br*

1 INTRODUÇÃO

A Mina de Alegria – Complexo Mariana da Companhia Vale do Rio Doce tem como meta de produção em 2007, mais de 12 milhões de toneladas de minério de ferro, onde, em média, 82,50% são exportados pelo Porto de Tubarão. Essa usina possui basicamente três áreas principais: IB01, IB02 e IB03, que são responsáveis, respectivamente por 10%, 25% e 65% da produção. Como esta última tem a maior capacidade de produção e aproximadamente 35% das horas corretivas da Unidade, o trabalho para identificação dos equipamentos gargalos foi iniciado nesta área.

2 DESENVOLVIMENTO

Para a realização deste trabalho inicialmente foram levantadas todas as informações que a área possuía através do software PI, que disponibiliza vários tipos de dados de campo como registros de paradas de equipamentos, massa ou volume que passou numa máquina num determinado período de tempo, estado de funcionamento, entre outras. Também foram utilizados manuais de equipamentos, books de projetos anteriores, enfim, foi utilizada toda e qualquer informação que estava disponível no momento e que pudesse, de alguma forma, contribuir com o andamento dos trabalhos. Para as análises estatísticas que foram feitas durante a elaboração dos cenários, foi utilizado o software Minitab, que é especialista nessa área.

O primeiro passo do trabalho foi a definição sobre qual área seria mais necessária a implantação do projeto. Para esta definição foram feitos gráficos, um para mostrar a porcentagem de produção em cada uma das três áreas, e outro que mostra a porcentagem de horas corretivas. Com a área definida partiu-se para o levantamento das informações de capacidades nominal e de projeto que serviriam de parâmetro para se ter uma noção de qual equipamento estava trabalhando com sobrecarga. Foi uma fase complicada devido a escassez de informações que a área possuía. Paralelo, a isso, também foram levantadas no sistema de paradas as informações de horas corretivas de todos os equipamentos analisados, para serem utilizadas no momento das análises.

De posse das capacidades nominal e de projeto de cada equipamento criou-se, o que foi chamado de simulador, para poder ter uma visão do comportamento da área como um todo em relação à quantidade de material que estava entrando no processo. Abaixo, segue a Figura 1, que é um retrato de uma das partes da área estudada. Os dados NR e PR representam, respectivamente, as diferenças entre a capacidade nominal e real e a capacidade de projeto e real.

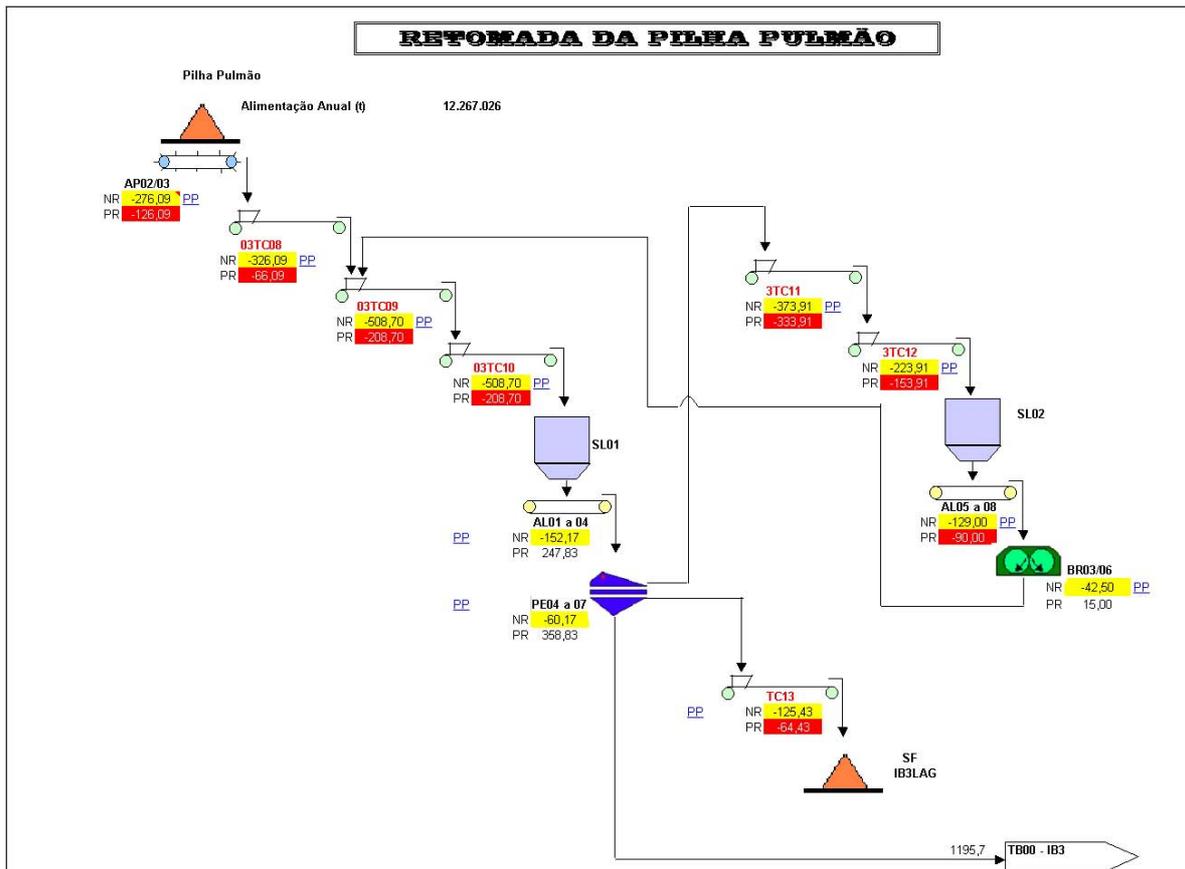


Figura 1: Retrato do comportamento da Retomada da pilha pulmão

Com os dados de horas corretivas levantados anteriormente, foram feitos gráficos de pareto, para saber quais falhas estavam ocorrendo com mais frequência por equipamento. Na Figura 2 segue um exemplo desses gráficos.

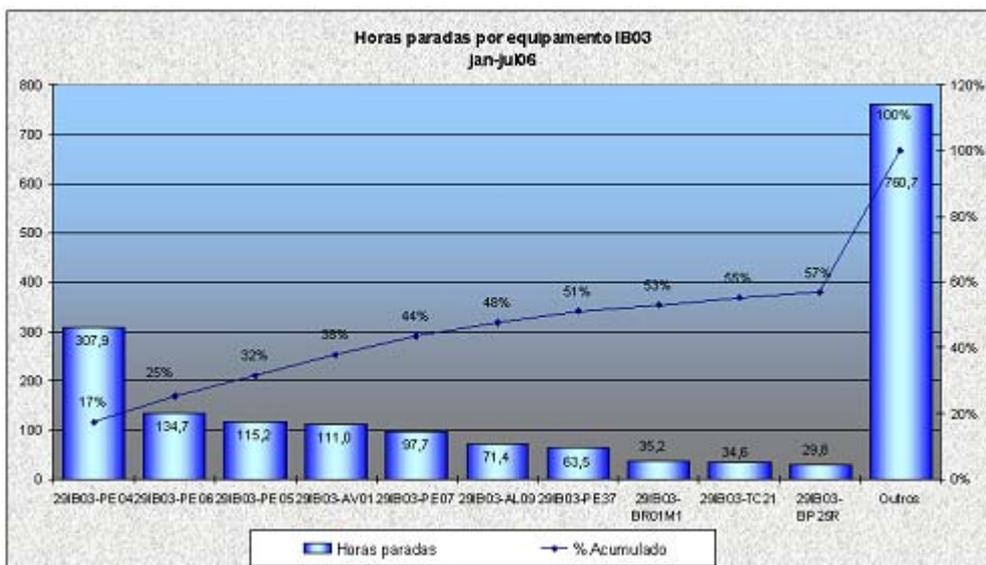


Figura 2: Exemplo de gráfico de pareto para os equipamentos estudados.

A idéia, com essas informações, seria tentar mostrar se havia alguma relação entre o equipamento estar trabalhando com sobrecarga e seu perfil de perdas.

A próxima etapa consistia na análise dos resultados gerais de cada equipamento comparando seu índice de sobrecarga, o perfil de perdas e a importância para o processo no sentido de volume de massa que passa no mesmo. A Tabela 1 mostra a listagem dos equipamentos mais críticos para o processo segundo os critérios acima:

Tabela 1: Relação dos equipamentos sobrecarregados.

	Pesos	3	1	5	
		Projeto	Material	Perfil Perdas	Produto
1	PE04 a 07	0,01	0,33	198,42	1028
2	AV01	0,22	1,00	31,45	322
3	BR03 a 06	0,43	0,08	24,93	261
4	TC01	0,22	1,00	4,15	186
5	TC10	0,14	1,24	3,57	184
6	TC07	0,07	0,91	9,72	161
7	TC12	0,30	0,35	4,95	150
8	BP55 a 58	0,07	0,76	5,95	125
9	TC19	0,25	0,39	0,2	117
10	TC18	0,25	0,39	9,04	161
11	AL05 a 08	0,40	0,08	4,65	151
12	AP02 e 03	0,54	1,00	0	262
13	TC11	0,60	0,35	0,06	216
14	TC09	0,14	1,24	0	166
15	PE36	0,33	0,36	0	136
16	TC08	0,08	1,00	0	125
17	BP04 e 05	0,05	1,03	0,15	117
18	TC17A	0,33	0,12	0,62	115
19	BP01 e 02	0,02	0,89	2,87	110
20	PE65 a 70	0,31	0,15	0	107
21	TC13	0,19	0,27	0	83
22	PE03	0,01	0,15	12,4	80
23	PE51 a 64	0,14	0,28	0	72
24	BP53	0,00	0,55	0	55
25	PE12 a 27	0,02	0,47	0	53
26	TC05	0,02	0,40	1,18	53
27	TC04	0,02	0,40	1,12	53
28	TC15	0,06	0,13	3,43	48
29	BP65	0,05	0,21	0	35
30	TC14	0,06	0,13	0,43	33

Definidos quais os equipamentos priorizados, iniciou-se a fase das análises individuais para se propor ações que mitigariam esses problemas. Essas ações foram geradas de acordo com o perfil de cada equipamento. Um exemplo está na Figura 3 a seguir:

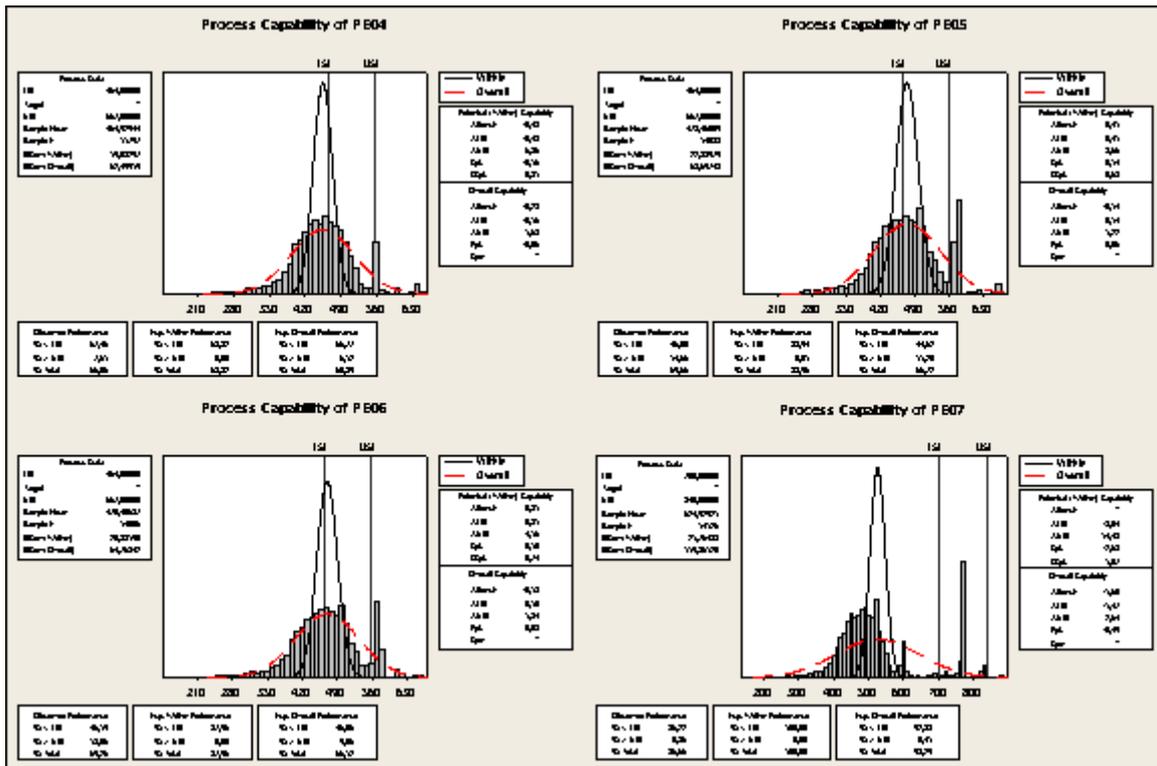


Figura 3: Distribuição de massa por peneira.

As peneiras 4 a 6 possuem capacidade nominal de 464 t/h cada e de projeto 557 t/h. Já a peneira 7 possui capacidade nominal de 700 t/h e de projeto 840 t/h. Porém, se for avaliada a quantidade de massa que passa em cada um delas, pode se perceber que a média de alimentação das três primeiras peneiras está bem próxima e até mesmo maior que a capacidade nominal do equipamento, enquanto que a peneira 7 tem a média de alimentação bem abaixo. Isso quer dizer que a distribuição de massa não está proporcional. Então a ação, no caso dessas peneiras foi fazer um ajuste de malha de forma a uniformizar a alimentação entre cada equipamento.

Cada um, dos dez primeiros equipamentos foi analisado separadamente. Os quatro equipamentos seguintes, na Tabela 1, sofreram um processo de engenharia reversa, ou seja, partiu-se da quantidade de material que estava sendo alimentada em cada um deles e verificou-se a real capacidade de cada um.

De posse todas as análises feitas, partiu-se para a etapa de definição de investimentos. Para isso foram definidos 4 cenários, interligados entre si, de forma a poder munir a Gerência do Complexo de informações que permitissem definir qual a melhor decisão a tomar, no que diz respeito a custo benefício. Os cenários definidos são formados por:

Cenário 1: Manter Status - Não fazer investimento em nenhum dos equipamentos analisados;

Cenário 2: Risco de Acidente – Alimentador vibratório 01, transportadores de correia 01, 10 e 12. Considerando também a parte elétrica de cada um deles.

Cenário 3: Críticos dos Críticos – Todos os equipamentos do cenário 2 mais britadores de rolo 03 a 06, bombas de polpa 55 a 58 e transportador de correia 18.

Cenário 4: Todos os 10 primeiros da lista – Contempla os equipamentos do cenário 3 mais transportador 07, 11 e 19 e peneiras de 04 a 07.

Abaixo, na Figura 4, segue um esquema de montagem dos cenários para ser apresentado.

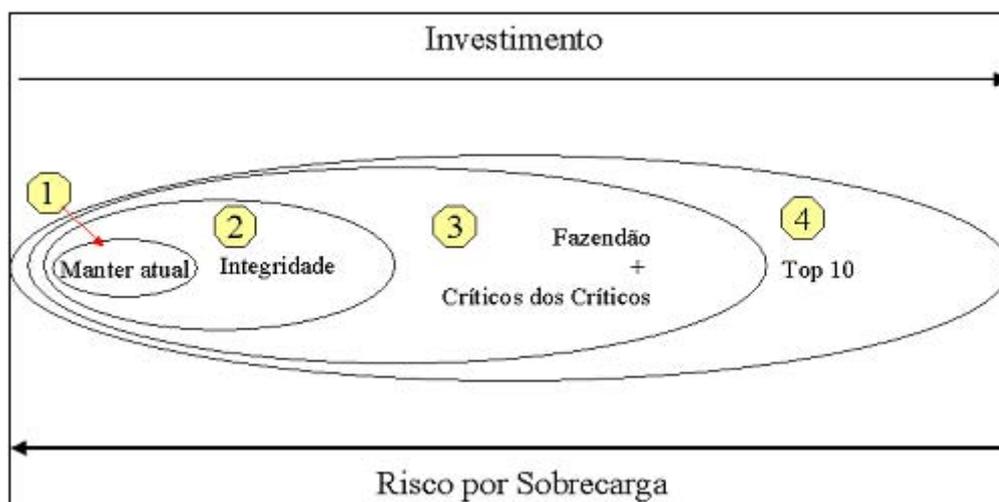


Figura 4: Esquema da montagem dos cenários para avaliação.

Para se ter condições de comparar os cenários, foram definidos alguns parâmetros que seriam observados. São eles:

- Impacto em horas corretivas;
- Incremento na produção;
- Incremento de disponibilidade física;
- Potencial de redução de custos de manutenção;
- VPL;
- Pay back;
- TIR;
- Investimento.

Impacto em horas corretivas: de acordo com as horas totais de corretiva por cada equipamento do cenário, uma porcentagem era devido à sobrecarga, que foi calculado a partir da experiência do pessoal de campo, que indicou, de acordo com sua visão, quais modos de falha pertinentes. A Tabela 2 mostra o resultado desse processo.

Tabela 2: Porcentagem de horas corretivas por sobrecarga.

	HORAS DE SOBRECARGA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS						Total de Horas de Manutenção	ÍNDICE MÉDIO DE SOBRECARGA
	P1	Ezio	Jeferson	Nivaldo	MEDIA			
TC19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	4,30	0,00%
TC18	0,05	0,05	0,05	0,00	0,04	0,000	11,48	0,33%
TC12	9,93	9,27	9,27	9,27	9,43	0,002	13,12	71,92%
TC10	15,13	12,05	12,83	9,77	12,45	0,002	21,48	57,93%
TC07	9,67	8,80	9,25	7,83	8,89	0,002	15,88	55,95%
TC01	6,10	4,45	4,82	2,68	4,51	0,001	17,30	26,08%
PE07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	97,67	0,00%
PE06	41,98	61,10	61,10	29,32	48,38	0,010	134,65	35,93%
PE05	34,75	64,33	70,57	34,23	50,97	0,010	115,20	44,25%
PE04	194,12	140,30	136,83	130,33	150,40	0,030	278,87	53,93%
BR03 a 06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	62,92	0,00%
BP55 a 58	44,97	58,52	44,97	35,67	46,03	0,009	95,25	48,32%
AV01	53,62	14,57	58,70	16,60	35,87	0,007	110,97	32,33%
Total	410,32	373,43	408,38	275,70	366,96			

Esse número, por equipamento, foi utilizado para verificar qual o impacto teria nessas horas, de acordo com a escolha de um determinado cenário. A Figura 5 representa o impacto nas horas corretivas caso fosse escolhido o cenário 4.

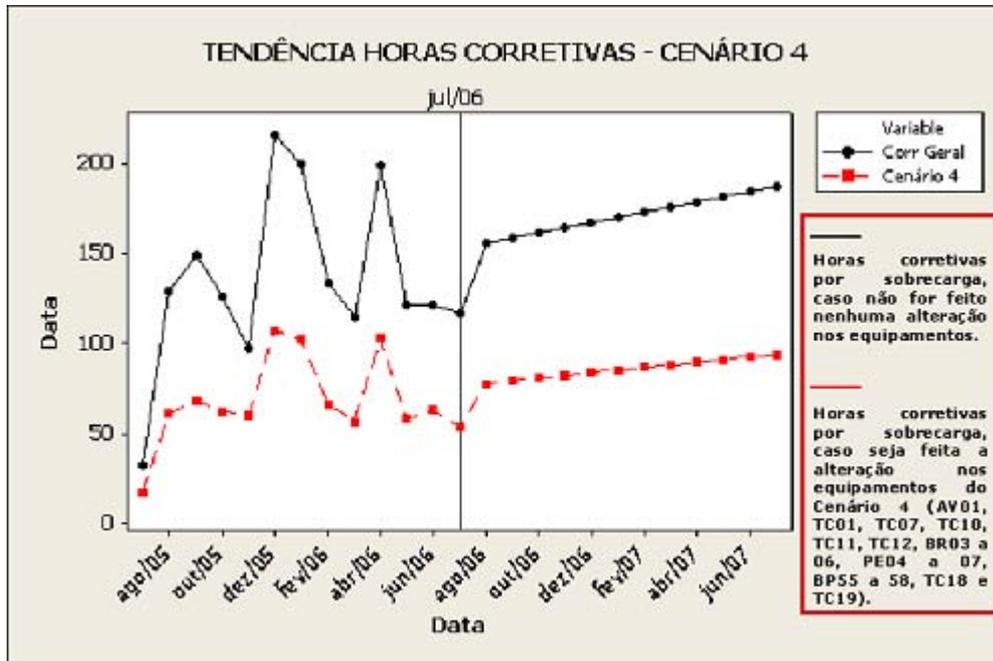


Figura 5: Impacto das horas corretivas caso fosse escolhido o cenário 4.

Incremento de produção: foi calculado de acordo com o aumento de disponibilidade física da instalação.

Incremento de disponibilidade: calculado em função das horas que os equipamentos estariam disponíveis.

Potencial de redução de custos de manutenção: calculado em função das horas que os equipamentos estavam parando por sobrecarga, em função de material e mão de obra.

VPL, Pay Back e TIR: calculados através de fluxo de caixa de acordo com o investimento necessário em cada cenário.

Na Tabela 3 está o comparativo entre o resultado dos 4 cenários.

Tabela 3: Comparativo entre os cenários.

COMPARATIVO ENTRE OS CENÁRIOS										
Número do Cenário	Cenário	Investimento [KR\$]	Potencial de Ganho				Análise Econômica			
			DF (%)		Incremento na Produção [ton/ano]	Redução nos Custos de Manutenção	VPL / VPI	TIR (%)	VPL [US\$ Mil]	Pay Back [anos]
			De	Para						
1	Manter Status	-	92,40%	-	-	-	-	-	-	-
2	Risco Integridade Física	3.382,15	92,40%	92,80%	32.799,01	7,63%	2,7	41,70%	2.180,95	2,31
3	Críticos dos Críticos	8.843,07	92,40%	93,26%	70.332,66	13,34%	2,5	39,07%	4.606,64	2,48
4	Lista TOP 10	9.743,82	92,40%	94,96%	208.902,38	22,49%	7,0	103,00%	16.664,26	0,92

De acordo com os dados da tabela anterior, foi proposto que o melhor cenário, era o número 4 devido ter melhor retorno em todos os indicadores, mesmo com um investimento elevado.

A partir daí, começou-se a pensar em qual seria o risco para a implantação de cada cenário, tomando como base os parâmetros de problemas estruturais de equipamentos, retorno de produção e problemas de interface com um novo projeto que está sendo implantado.

Abaixo, na Tabela 4, está sendo mostrado esse risco para o caso de definição pelo cenário 3.

Tabela 4: mapa de risco para o cenário 3.

ANÁLISE DE RISCO							
Equip.	Risco de não atendimento ao aumento de produção proposto devido a Sobrecarga $(a \times b \times c \times e^{-0,1168 \times C})$				Risco a	Risco de Não	RISCO TOTAL $(A \times \text{peso} + B \times \text{peso} + C \times \text{peso})$
	Percentual da usina Parada (a)	Percentual de quebra devido sobrecarga (b)	Horas de estoque dentro do processo (c)	Risco Atual (A)	Integridade do equipamento (B)	interface com o projeto Fazenda (C)	
Tc 12	90,00%	0,00%	0	0,00	0	0	0,00
Tc 10	90,00%	0,00%	0	0,00	0	0	0,00
Av 01	100,00%	0,00%	24	0,00	0	0	0,00
Tc 01	100,00%	0,00%	24	0,00	0	0	0,00
Pe 04	25,00%	2,98%	0	7,46	0	0	74,60
Bp 55-58	100,00%	0,00%	0	0,00	0	0	0,00
Br 3 a 6	100,00%	0,00%	0	0,00	0	0	0,00
Pe 05	25,00%	1,01%	0	2,53	0	0	25,28
Pe 06	25,00%	0,96%	0	2,40	0	0	24,00
Tc 07	90,00%	0,16%	24	0,10	0	0	0,96
Tc 18	100,00%	0,00%	0	0,00	0	0	0,00
Tc 19	100,00%	0,00%	0	0,00	0	0	0,00
Pe 07	25,00%	0,00%	0	0,00	0	0	0,00
Total							124,84

Cada um destes parâmetros está descrito sucintamente abaixo:

- Percentual da usina parada => parte da usina que ficará sem alimentação se o equipamento parar;
- Probabilidade de quebra por sobrecarga => é o número de horas de corretivas por sobrecarga dividido pelas horas calendário do período (janeiro a julho 2006);
- Horas de estoque dentro do processo => é o estoque de minério dentro da usina, que permite que o equipamento tenha alguma parada sem interferir no processo normal de produção;
- Risco de produção (atual) => é o risco do não cumprimento do incremento do plano de produção em função das horas corretivas por sobrecarga, integridade estrutural e interface com o novo projeto;
- Risco à integridade estrutural do equipamento => é o risco relacionado à parte estrutural do equipamento;
- Risco de não haver interface com o novo projeto => é o risco de ocorrer qualquer problema de interface com o funcionamento normal da planta a partir da entrada do projeto novo;
- Risco Total => é o risco baseado na soma dos três fatores anteriores multiplicados pelos seus respectivos pesos (Integridade peso 50, integração com o novo projeto 30 e de produção 10);

O risco total calculado, para o caso de nenhuma ação ser tomada, foi de 459,68, e pode-se perceber que, caso a opção fosse pelo cenário 3 este risco seria diminuído significativamente, levando-se em conta os critérios acima definidos.

Para facilitar a comparação entre os cenários, levando-se em conta os riscos, foi elaborada a Figura 6, que mostra a comparação do VPL Receita (receita gerada com o incremento de produção), com o nível de investimento e o risco de cada cenário.

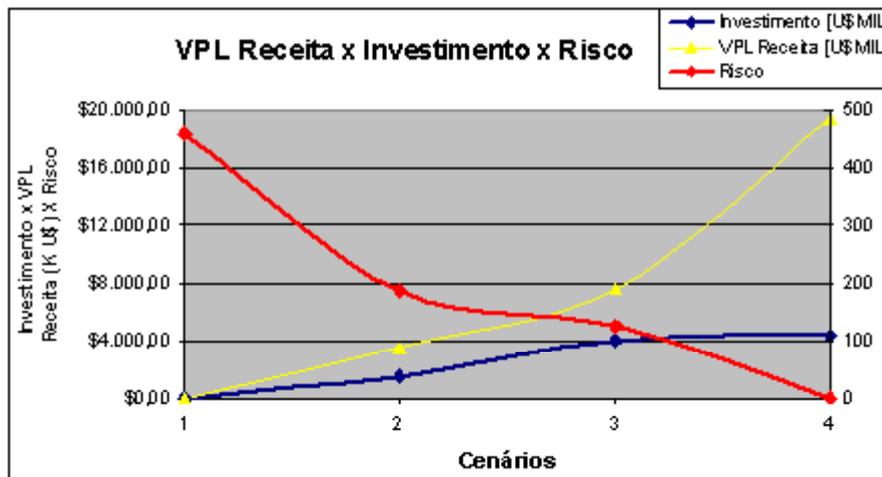


Figura 6: Gráfico comparativo VPL Receita x Investimento x Risco

3 CONCLUSÃO

Com base nesse estudo, pode-se perceber que vários equipamentos estão trabalhando sobrecarregados e que muitos deles interferem diretamente no processo produtivo da usina. Alguns estão apresentando sinais de problemas estruturais, outros com tendência de aumento de horas corretivas por sobrecarga. Como a produção da Mina de Alegria não será diminuída nos próximos anos, as alterações propostas de substituição e/ou repotenciamento devem ser executadas, para que não haja problemas sérios com equipamentos vitais que poderiam atrapalhar o atingimento das metas de produção. Por isso, de acordo com as curvas acima se pode concluir que o melhor cenário é o número 4, porque apesar de ter o maior nível de investimento, apresenta melhor relação custo/benefício conforme a Tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Indicadores econômicos de cenário 4

Indicadores Econômicos
Pay back – 0,9 ano
TIR – 103,0 %
VPL/VPI – 7
VPL (negócio) – KU\$ 16.664

Além disso, tem o melhor potencial de incremento de produção (toneladas / ano), devido aumento de disponibilidade física (absoluto) e também apresenta potencial de redução de custos de manutenção nos equipamentos com sobrecarga. E estariam sendo eliminados todos os modos de falha dos equipamentos por sobrecarga, conforme os estudos já mostrados.

Agradecimentos

Agradecimentos à equipe da Engenharia de Manutenção Industrial que participou deste projeto, e também ao pessoal da área operacional e da manutenção executiva da Mina de Alegria.

Bibliografia

1. WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *Criando a cultura Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Qualitymark, Ed. 2002.