

DENNIS TRAVAGINI CREMONESE

**GESTÃO DOS INDICADORES DE PERFURAÇÃO PARA
AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DE MINAS
SUBTERRÂNEAS**

São Paulo
2010

DENNIS TRAVAGINI CREMONESE

**GESTÃO DOS INDICADORES DE PERFURAÇÃO PARA
AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DE MINAS
SUBTERRÂNEAS**

Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas
do curso de graduação do Departamento de
Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Giorgio de Tomi

São Paulo
2010

TF-2010
C. 863g
Lipno 2170042

M2010c

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700008351

FICHA CATALOGRÁFICA

Cremonese, Dennis Travagini

Gestão dos indicadores de perfuração para aumento de produtividade de minas subterrâneas / D.T. Cremonese. -- São Paulo, 2010.

70 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1. Mineração subterrânea 2. Métodos para melhoria da produtividade (Gerenciamento) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II. t.

Dedico este trabalho, o final de uma etapa, aos meus familiares e amigos, os quais sempre me apoiaram e incentivaram a persistir. É impossível listar todos, pois, desde a minha infância até os dias de hoje, foram muitas as pessoas que contribuíram para o meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Giorgio de Tomi por ter me passado experiência e comprometimento acima de tudo, aos professores Ana Chierigati e Homero Delboni pela ajuda em todos os momentos que precisei e ao Eng. Dompieri pela colaboração neste trabalho.

*"A produtividade está relacionada a mineração,
como um ovo sobre a mesa. Se não estiver sempre
de olho, já sabe o resultado."*

Gustav Hawlitschek

RESUMO

Este estudo descreve um levantamento do índice de utilização das perfuratrizes em mina subterrânea, utilizando como exemplo uma mina localizada na região Centro-Oeste do Brasil. Discutem-se aqui ações que podem ser tomadas para o aumento do índice nas condições atuais de trabalho da mina. Ao final, conclui-se que se a gerência da mina atuar por meio de diversas, porém pequenas, medidas de forma concomitante, consegue-se aprimorar as condições de segurança e melhorar o processo de lavra subterrânea, podendo alcançar aumentos de produtividade acima de 50%.

Palavras-chave: Índice de Utilização de Perfuratrizes; Lavra Subterrânea; Utilização de Perfuratrizes em Minas Subterrâneas

ABSTRACT

This study discussed the management of drilling equipment utilization data in underground mines, using as an example a mine located in the Center-West region of Brazil. Actions for the increase of this work index under the present work conditions in the mines are discussed. It is concluded that the security and process improvement in the underground mining can be achieved with the management of many and diverse concomitant measures, achieving productivity increase above 50%.

Keywords: Utilization of Drilling Equipment; Underground Mining; Utilization of Drilling Equipment in Underground Mines

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. DESENVOLVIMENTO	9
2.1 Revisão Bibliográfica	9
2.2 Dados gerais da mineração estudada.....	11
2.3 Acompanhamento do Índice de Utilização na mineração.....	15
2.3.1 Análise dos turnos.....	15
2.3.1.1 Metodologia da Coleta de dados das perfuratrizes.....	16
2.3.1.2 Análise	18
2.3.1.3 Resultados	21
2.3.2 Análise do período de rodízio	24
2.3.2.1 Análise da produtividade da mina em função do dia do rodízio	24
2.3.2.2 Análise da produtividade da mina em função do dia da semana	26
2.3.2.3 Análise da produtividade da mina em função do dia da semana e do rodízio	27
2.3.3 Avaliação da contribuição da Análise de Complexidade	29
2.4 Discussão	32
3. CONCLUSÕES.....	33
4. REFERÊNCIA	34
APÊNDICE A – Análise Jumbos.....	35
APÊNDICE B – Análise Simbas.....	52
APÊNDICE C – Análises dos turnos Jumbos JE21 e JE03.....	62
ANEXO A – Exemplo de tabelas fornecidas pela mineração – JE02	66
ANEXO B – Análise Dinâmica da Complexidade.....	69

1. INTRODUÇÃO

A operação em lavra subterrânea é focada na produção de minério da forma mais segura, eficiente e rentável possível. Esse foco foi determinante para que nos últimos anos as empresas de mineração investissem no aprimoramento do nível de automação em subsolo, e esse fato tem mudando a maneira que as minas são operadas e gerenciadas. Um dos maiores desafios da mineração subterrânea continua sendo a melhoria dos índices de utilização dos equipamentos de operação e desenvolvimento da mina.

A utilização dos equipamentos pode ser expressa pela relação entre horas produtivas e não produtivas durante um determinado período (Lees, 2003). Esta relação está associada a uma série de fatores internos e externos à operação da mina, como por exemplo, a estratégia de manutenção utilizada, políticas gerenciais e administrativas da empresa, e seus efeitos sobre as condições de trabalho na mina. Das operações unitárias da mina, a perfuração é a operação mais importante, sendo esta o gargalo da produtividade da mina.

Este trabalho apresenta um levantamento do índice de utilização das perfuratrizes em uma mineração subterrânea localizada na região Centro-Oeste do Brasil, e discute ações que podem ser tomadas para o aumento do índice nas condições atuais de trabalho da mina. Tem como inovação a análise da produtividade não apenas pela quantidade de metros perfurados por equipamento, mas envolvendo coeficientes de produtividade, os dias de rodízio entre turmas e da semana, podendo esta metodologia ser usado em qualquer mineração. Outro ponto chave é a avaliação da análise de complexidade aplicada neste sistema.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

A bibliografia indica que o aumento da produtividade em minerações subterrâneas pode ser alcançado a partir do melhor controle dos processos produtivos de lavra subterrânea e do aprimoramento nas condições operacionais de segurança (Dey, 2005; Hall *et. al.*, 2000; e Burger, 2006).

Entretanto muitas medidas para perfuratrizes melhoram mais de uma meta, fazendo com que os fatores mais importantes sejam a mecanização, modelo de turnos, transporte de operários, redutor de pó e automação, conforme descrito a seguir.

Embora a mecanização da mina subterrânea atualmente seja o mais comum, algumas minas ainda não são mecanizadas. A mecanização de minas fornece grande redução da força de trabalho e um aumento das habilidades e responsabilidades dos trabalhadores. O aumento da produtividade alcançada em uma específica mina foi de 2,5 para 5,5 t/homem/turno. A produção mensal aumentou de 30.000 t/mês para 47.000 t/mês. O número total de funcionários passou de 1200 para 790 (Harrison e Da Silva, 1999).

Pelo modelo de turnos normal usado na maioria das minerações, cada turno faz perfuração, carregamento, detonação, transporte e concretagem, exigindo habilidades bastante complexas de todos os operários e supervisores. Entretanto, para evitar a necessidade de homens com habilidades tão complexas, algumas minerações utilizam um modelo de turnos em que cada grupo é responsável por uma ou duas operações. Em muitas minerações esse modelo não pode ser adotado, pois é necessário haver múltiplas áreas de trabalho e quantidade de trabalho suficiente que complete 8 horas por turno. Entretanto, onde foi utilizado, esse método permitiu que cada grupo aperfeiçoasse suas operações melhorando o controle e aumentando muito a produtividade (Lyman, 2003).

O transporte de operários por ônibus e trem em minerações subterrâneas alcançou a meta de aumentar a utilização dos equipamentos. Além disso, reduziu os acidentes com perda de tempo para menos de 10% do que havia antes da implantação desses transportes. Com o transporte reduziu-se a fadiga dos operários, diminuindo consequentemente a distração destes, que era uma das grandes causas de acidentes, e com o tempo a mais que o operário estava na máquina, não era necessário realizar o trabalho com muitas imprudências para se alcançar a produtividade prevista (Harrison e Da Silva, 1999).

A melhoria do transporte por elevadores também apresenta um grande aumento na produtividade, como visto em minerações de ouro onde foram implantados elevadores especiais que permitiam que trabalhadores e minério fossem transportados separadamente, aumentando a produtividade em três vezes e diminuindo muito o custo da operação (Harrison e Da Silva, 1999).

Segundo Lee (2003), a introdução de perfuratrizes pneumáticas na África do Sul implicou no aumento de casos de silicose. No entanto, desde 1902 a redução do pó de perfuração tem sido gerenciada através da utilização de água nas hastes. Melhorias recentes nesse sentido incluem o isolamento dos operadores em cabines com ar-condicionado para eliminar os riscos de exposição na frente de perfuração.

Automação é a medida pela qual mais se consegue alcançar as metas principais para aumento da produtividade. A automação melhora a segurança e as condições de trabalho, e diminui os custos operacionais.

Sistemas de controles modernos permitem que a perfuração seja muito mais controlada, o que melhora a produtividade e a precisão. Agora é possível que o operador siga um padrão de perfuração exibido em uma tela e manobre as hastes, que também estão representadas na tela, para posicioná-las corretamente. Isso permite que o contorno do

túnel seja mais controlado, reduzindo o *overbreak* e necessidade de suporte. Também é possível fazer a perfuração do contorno automaticamente.

A introdução de sistemas de controle por computador trouxe à perfuração novas perspectivas, desde que bem implementadas. Por exemplo, é comum as pessoas confiarem em uma nova tecnologia como a solução definitiva de seus problemas, quando na verdade a solução está mais nas pessoas e em seu gerenciamento do que na tecnologia em si. As perfuratrizes da Atlas Copco, por exemplo, podem hoje ser equipadas com: *Measure While Drilling* (MWD), *Mine Map Navigation* (MMN), *Mine Drill Plan Generator* (MDPG), *Rig Remote Access* (RRA), e *Single Machine Remote Control* (SMRC). O sistema de MWD registra um número de parâmetros chaves da perfuração durante a perfuração de furos de sonda. A análise destes dados pode fornecer informações sobre as condições do solo à frente do túnel, permitindo planejamento de ações corretivas antes de chegar a uma área onde más condições são previsíveis. O MMN foi desenvolvido principalmente para aplicações de mineração para eliminar erros de navegação subterrânea. O MDPG permite gerar o seu próprio plano de perfuração na face, com base nas condições da face e sua posição dentro da mina. O RRA permite que a perfuratriz seja integrada à rede de computadores. Com o equipamento fazendo parte da rede, os planos de perfuração, os dados de registros e outras informações podem ser transmitidos para a máquina e a partir dela. O SMRC é uma extensão do RRA, que permite que a máquina seja operada remotamente (Reynolds, 2003). Outro exemplo de nova tecnologia que aumenta a produtividade pelo aumento da segurança é a perfuratriz robotizada (RDM - *Robotized Drilling Machine*). Ela foi desenvolvida pela “China University of Mining & Technology”, principalmente para aumentar a segurança dos operários em minas de carvão. A RDM é controlada por computadores podendo acoplar e desacoplar hastes, e furos podem ser perfurados automaticamente. Nas condições de mina de carvão o sistema de controle RDM é muito seguro (Jifei et al., 1997).

Um sistema de automatização chamado *AutoMine* foi criado pela Sandvik, e está a um passo da automatização da mina. O sistema faz ciclos semi-automatizados, incluindo transporte e descarregamento automatizados de LHD's, teleoperados pelo controlador em uma sala de controle. O operador pode controlar condições da máquina, monitorar produção, controlar LHD e o tráfego de caminhões, de uma maneira muito segura, não exposto a condições perigosas da mina. O sistema fornece maior produção e nível constante de desempenho, visto que permite que as máquinas operem mais de 20 horas por dia, sem a necessidade de transporte do operador ao equipamento na troca de turno. Isso fornece um potencial para redução de frota e economia entre 60 a 75% em mão de obra por ano. Com as informações em tempo real, pode-se otimizar o processo e diminuir os custos de manutenção em torno de 10 a 15%. Com isso, e com a manutenção preventiva, tem-se menos danos materiais (Automation Resources, 2010).

2.2 Dados gerais da mineração estudada

Este trabalho apresenta um estudo do índice de utilização das perfuratrizes em uma mineração de ouro localizada na região Centro-Oeste do Brasil de porte médio que apresenta três minas subterrâneas. A mineração possuiu neste período de análise 19 perfuratrizes, sendo destas 4 simbas e 15 jumbos.

Foram analisados mais de 1,2 milhões de metros perfurados, mais de 18 mil turnos e 400 mil furos. A seguir são mostrados os dados referentes a mineração.

Tabela 1– Equipamentos utilizados na mineração

ID. EQUIPAMENTO	TIPO EQUIPAMENTO	NOME FROTA
JE 02	JUMBO	JUMBO BOOMER H 827 2 BRAÇOS
JE 03	JUMBO	JUMBO BOOMER H 827 2 BRAÇOS
JE 04	JUMBO	JUMBO BOOMER H 827 2 BRAÇOS
JE 06	JUMBO	JUMBO BOOMER H 104 1 BRAÇO
JE 07	JUMBO	JUMBO BOOMER H 104 1 BRAÇO
JE 11	JUMBO	JUMBO BOOMER H 282 2 BRAÇOS
JE 12	JUMBO	JUMBO BOOMER H 251 1 BRAÇO
JE 13	JUMBO	JUMBO BOOMER H 282 2 BRAÇOS
JE 14	JUMBO	JUMBO BOOMER H 282 2 BRAÇOS
JE 15	JUMBO	JUMBO BOOMER H 281 1 BRAÇO
JE 17	JUMBO	JUMBO BOOMER H 282 2 BRAÇOS
JE 18	JUMBO	JUMBO BOOMER H 282 2 BRAÇOS
JE 20	JUMBO	JUMBO BOOMER H 281 1 BRAÇO
JE 21	JUMBO	JUMBO BOOMER H 282 2 BRAÇOS
JE 09	SIMBA	JUMBO SIMBA H 357 1 BRAÇO
JE 16	SIMBA	JUMBO SIMBA H 257 1 BRAÇO
JE 19	SIMBA	JUMBO SIMBA H 257 1 BRAÇO
JE 22	SIMBA	JUMBO SIMBA H 357 1 BRAÇO

Tabela 2– Metros perfurados das perfuratrizes ao longo do tempo

	abr/09	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09	jan/10	fev/10	mar/10	abr/10	mai/10	jun/10	jul/10	
JE 02	5118	7290	5118	8386	6529	7467	8706	6796	4885	793							61087
JE 03	4241	3892	4241	2356	7067	5125	5685	5363	5039	6102	6760	8043	8807	10270	7825	10626	101443
JE 04	7732	8348	7732	3973	4201	6651	5752	5612	5473	5127	6429	4824	3902	2810	2979	3577	85121
JE 06	3732	2022	3732	3495	980												13962
JE 07	3411	3878	3411	3250	1938	1369	2442	2019	1595	2332	0	276	0				25922
JE 08	15299	14820	15299	9811													55229
JE 09	5424	4222	5424	4971	3612	3608	3074	2471	1868	2730	4085	1871	3342	3450	1981	3445	55577
JE 11				683	9261	8416	7633	7630	7627	10808	9027	7950	7650	12321	9898	9773	108476
JE 12	3244	4080	3244	3519	3487	3666	3030	2416	1801	0	1870	2217	2237	1652	1518	2667	40646
JE 13	5324	5594	5324	6058	8482	7646	5790	5480	5170	7529	4868	3967	4368	5673	5576	5820	92667
JE 14	5503	10027	5503	9141	11303	8609	9527	8440	7352	9878	10923	11951	9167	13406	11964	10018	152713
JE 15	2961	3831	2961	3771	4457	5180	2714	1999	1285	4887	5448	3756	4819	4368	2873	3039	58350
JE 16	4628	3256	4628	3899	4157	2644	1887	1678	1469	3156	2839	2149	2333	3824	2733	2083	47362
JE 17	13040	11719	13040	12328	16353	15934	13284	12329	11374	16908	14042	13645	13983	15315	15134	12673	221100
JE 18	9824	11722	9824	9922	11026	11132	11850	10142	8434	9856	11164	11280	12111	9251	10080	9630	167248
JE 19	2537	3182	2537	1625	2666	2464	1979	1851	1723	2758	2625	1625	1548	2694	2639	2921	37375
JE 20	4491	4900	4491	5631	2584	9231	8159	8743	9326	7801	4249	7506	4629	6181	6674	7378	101975
JE 21				7625	18498	17358	14810	15791	16772	16568	15658	17837	16794	19727	20103	18979	216520
JE 22							0	484	968	2767	3568	2597	2389	3781	3988	2489	23031
TOTAL	96511	102784	96511	100444	116602	116498	106322	99241	92161	109799	103554	101493	98078	114722	105966	105118	1665803

A tabela mostra os metros perfurados por equipamento no mês de referência. Em verde os dados fornecidos pela empresa são detalhados por turno, enquanto que em cinza os dados são apenas da produção mensal de cada perfuratrizes.

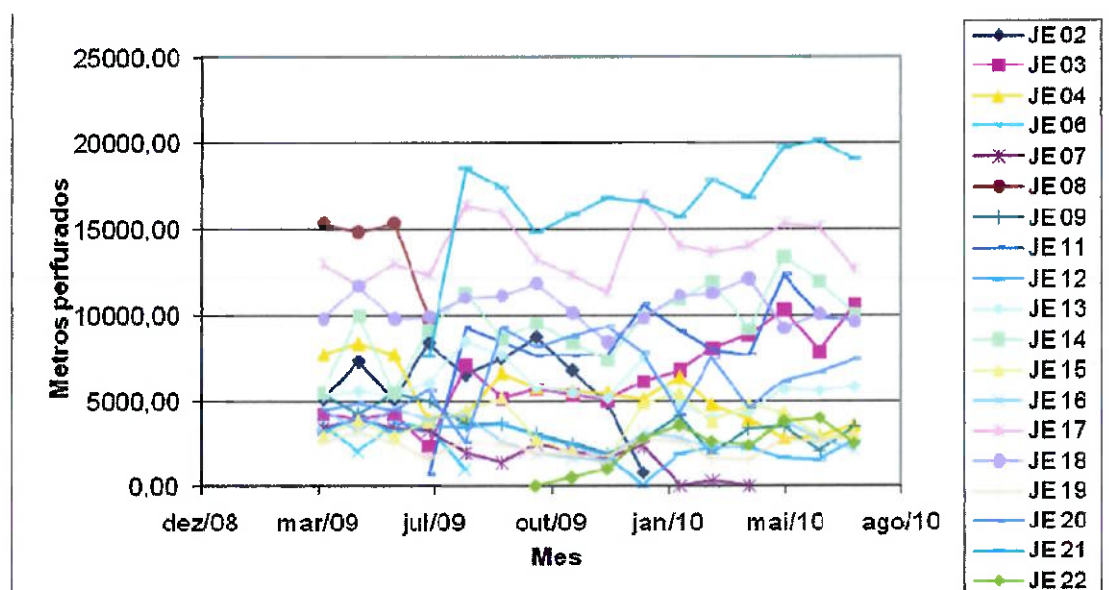


Figura 1– Metros perfurados por perfuratriz

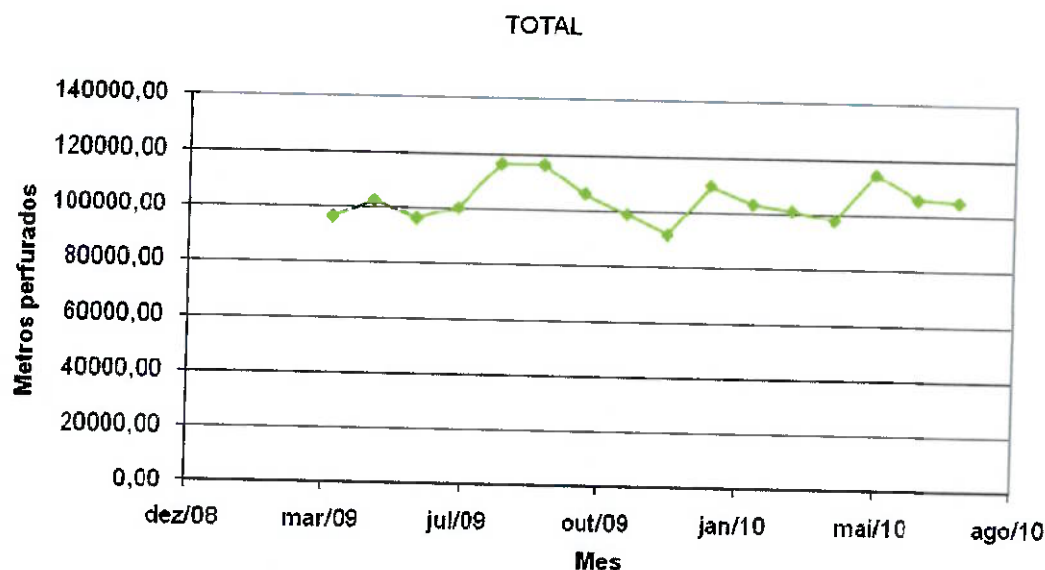


Figura 2– Soma de metros perfurados por todas as perfuratrizes

A figura 2, contendo o gráfico dos metros perfurados de todos os equipamentos mostra estabilidade considerável da produção da mineração ao longo do período estudado, mostrando que todos os meses são ideais para análise.

A mineração trabalha com quatro turmas (A, B, C e D) que realizam rodízio diário. As turmas A e C realizam o rodízio 3-2-2-3, que significa 3 dias no turno 1, 2 dias no turno 2, 2 dias no turno 3 e 3 dias de folga, as turmas B e D realizam o rodízio 2-3-2-3, como exemplificado na tabela a seguir.

Turno 1: 7-15h;
Turno 2: 15-23h;
Turno 3: 23-7h.

Tabela 3– Rodízio de turmas

Turno 1	Turno 2	Turno 3
A-1	B-3	C-6
A-2	B-4	C-7
A-3	B-5	F
D-1	A-4	B-6
D-2	A-5	B-7
C-1	D-3	A-6
C-2	D-4	A-7
C-3	D-5	F
B-1	C-4	D-6
B-2	C-5	D-7
A-1	B-3	C-6
A-2	B-4	C-7
A-3	B-5	F

Os dados fornecidos pela mineração foram entregues em 16 arquivos referentes a cada mês, sendo que cada um continha 19 abas referentes a cada perfuratriz como exemplificado a seguir.

CONTROLE DE METRO PERFURADO DE JUMBO												ABRIL/09	
JUMBO 02		DIA 01			..	DIA 30			DIA 31			QUA NT. FUR OS	QUAN T. METR OS
		1º TURNO	2º TURNO	3º TURNO		1º TURNO	2º TURNO	3º TURNO	1º TURNO	2º TURNO	3º TURNO		
FURA ÇÃO	3.3	51	31	8	.	40	54	25	43	51		1965	6484.5
	2.7				.							137	369.9
	2.2	9	6	5	.		7	5		5		181	398.2
	2.0				.							5	10.0
	1.8				.							3	5.4
	1.6				.							10	16.0
	1.2				.							0	0.0
	1.0				.							0	0.0
	0.8				.							25	20.0
	0.6				.							10	6.00
					.							TOTAL METROS	7310.0

Figura 3– Exemplo dos dados fornecidos pela mineração

Estas informações foram adaptadas para se obter uma leitura mais dinâmica. A tabela a seguir mostra uma parte da tabela referente a perfuratriz JE02 contendo o total de furos feitos, total de metros perfurados e o número de tipos diferentes de furos por turno para cada perfuratriz. A continuação desta tabela encontra-se no ANEXO A como exemplo.

Tabela 4– Produção do JE02

	Turno 1						Turno 2				Turno 3					
	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	oper ador	dias do turno(1- 7)	dia da semana					Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	oper ador	dias do turno(1- 7)	dia da semana
01/abr	2	60	188,1	D	1	quarta					0	0	0	B	6	quarta
02/abr	0	0	0	D	2	quinta					0	0	0	B	7	quinta
03/abr	2	42	129,8	C	1	sexta					0	0	0	A	6	sexta
04/abr	0	0	0	C	2	sábado					2	61	195,8	A	7	sábado
05/abr	1	4	8,8	C	3	domingo					0	0	0	F	0	domingo
06/abr	3	58	179,8	B	1	segunda					0	0	0	D	6	segunda
07/abr	2	81	258,5	B	2	terça					2	39	125,1	D	7	terça
08/abr	0	0	0	A	1	quarta					3	17	37,7	C	6	quarta
09/abr	0	0	0	A	2	quinta					2	30	90,6	C	7	quinta
10/abr	1	82	270,6	A	3	sexta					0	0	0	F	0	sexta
11/abr	0	0	0	D	1	sábado					1	19	51,3	B	6	sábado

“N de tipos”: número de tipos de furos que foram feitos. Os tipos de furos variavam de equipamento para equipamento, mas de maneira geral pode-se considerar para jumbo as perfurações de 4,00; 3,30; 2,70; 2,20; 2,00; 1,80; 1,60; 1,20; 1,00; 0,80; e 0,60 metros. Para

simbas pode-se considerar 15,00; 13,00; 12,00; 11,00; 9,00; 7,00; 6,00; 5,00; 4,00; e 3,00 metros.

“Total de furos perfurados”: é a soma dos furos realizados no turno

“Total de metros perfurados”: é a soma dos metros realizados no turno

“operador”: mostra a turma que trabalhou na perfuratriz(A, B, C ou D) ou se não houve operação(F)

“dia do turno(1-7)”: é o dia do rodízio da turma, que varia de 1 a 7. Zero significa que não houve operação.

2.3 Acompanhamento do Índice de Utilização na mineração

A análise na mineração foi feita em três etapas. A primeira etapa foi o acompanhamento de alguns turnos das perfuratrizes para avaliar as produtividades possíveis dos equipamentos e observar as causas da perda de produtividade máxima. A segunda etapa foi a análise de 16 meses de perfuração, Abril de 2009 a Julho de 2010, para se obter quais os períodos mais críticos, referente aos dias da semana e aos dias do rodízio de turnos da mineração. A terceira etapa foi a avaliação da análise de complexidade no sistema, usando como base os dados da segunda etapa.

2.3.1 Análise dos turnos

A análise consiste em descobrir qual a produtividade máxima do equipamento e observar quais atividades estão baixando a produtividade deste. O índice de utilização de perfuratrizes foi avaliado por um período de três semanas, dados referentes ao acompanhamento de 8 turnos dos Jumbos das três minas subterrâneas, representados pelos jumbos JE17, JE21 e JE03.

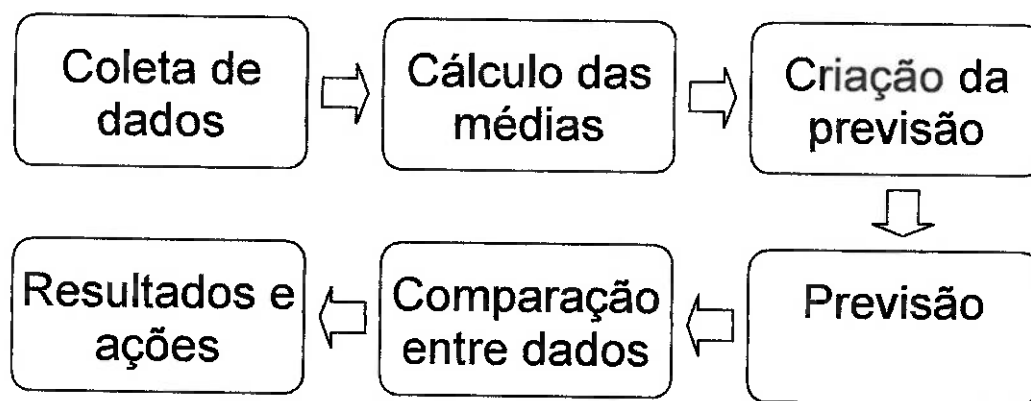


Figura 4– Metodologia da análise

O fluxograma mostra a metodologia da análise feita. Cada etapa será explicada a diante, mas de maneira geral pode-se resumir em:

- Coleta de dados: Coleta dos tempo para realização de cada etapa da perfuratriz;
- Cálculo das médias: Cálculo das médias de cada etapa da perfuratriz;
- Criação da previsão: Criação de um método que estime o tempo para perfurar uma frente de lavra, levando em conta todos as etapas, como locomoção e patolamento;

- **Previsão:** Previsão da produtividade da perfuratriz ideal e atual, levando em conta todos as etapas;
- **Comparação entre dados:** Comparação entre as previsões ideal e atual e os dados relativos ao mês;
- **Resultados e ações:** Obter os resultados das comparações e criar ações corretivas.

2.3.1.1 Metodologia da Coleta de dados das perfuratrizes

A coleta de dados é feita da seguinte maneira:

Com um relógio deve-se marcar o tempo de início e fim de cada atividade da perfuratrizes, que serão especificados adiante. Com a utilização de um relógio, ao invés de um cronômetro, tem-se uma melhor precisão de qual o período crítico da mina, e quando a perfuratriz tem mais de um braço, a utilização de dois cronômetros torna a tomada de dados imprecisa.

As atividade da perfuratriz depende de cada mina, devendo ser adaptadas as utilizações específicas, entretanto de maneira geral podem ser separadas em:

- Locomoção da perfuratriz- LOCO
- Instalação da perfuratriz: patolamento, check-up, ligação da água e cabo elétrico.- INST
- Avaliação da frente de lavra e marcação dos furos- MARC
- Abatimento de choco- CHOC
- Perfuração-TP (seguido pelo número do braço e pelo furo, exemplo: TP1.01, tempo de perfuração do furo 01, utilizando o braço 1)
- Alargamento de furo-TAL (seguido pelo número do braço e pelo número do furo, exemplo: TAL21.01, tempo de alargamento do furo 01, perfurado pelo braço 1 e alargado pelo braço 2)
- Posicionamento dos braços para perfuração-POS (seguido pelo furo a ser feito, exemplo: POS1.01, posicionamento do braço 1 para perfurar o furo 01)
- Troca de bit- BIT
- Tapagem dos furos inferiores- TAPA
- Espera por intervenção mecânica da perfuratriz- EMEC
- Espera por falha dos sistemas auxiliares de água pressurizada, energia e ventilação.- EAUX
- Espera por vistorias e auditorias de supervisores e segurança- EVIS
- Espera por falta de frente livre- EFRE
- Espera por falta de operador: podendo ser pela locomoção do operador até a máquina- EOPE

Todas as atividades que tem como letra inicial E, de espera, são as mais críticas para a produtividade da mineração, e estes devem ser mitigados.

A folha de coleta de dados deverá ser uma para cada braço da perfuratriz e seguir o padrão do exemplo a seguir.

Tabela 5– Exemplo de folha de coleta de dados

Data	2/26/2010	Jumbo	JE 03 (3,3m)
Turno	01	Turma	B
Braço	01	local	106 E
Início	Final	Total (seg)	Evento
00 : 00	12 : 03		EOPE
12 : 03	36 : 00		LOCO
36 : 00	09 : 05		INST
09 : 05	17 : 26		POS1.01
17 : 26	20 : 30		TP1.01
20 : 30	19 : 30		EMEC
19 : 30	20 : 20		POS1.02
20 : 20	24 : 10		TP1.02
24 : 10	26 : 00		POS1.03
26 : 00	28 : 11		TP1.03

A duplicidade dos valores da tabela, final de um evento ser igual ao início de outro, é essencial para evitar erros na coleta de dados.

2.3.1.2 Análise

Calcula-se o tempo individual de cada evento. Os eventos devem ser separados por atividade, manual ou automaticamente em tabelas. Um exemplo é a tabela a seguir que inclui a localização do furo no plano de fogo.

Tabela 6- Tabela de média de atividades

Evento	Furo	Tipo	Total (seg)
INST			3527
		total	3527
BIT			302
BIT			56
		total	358
EAUX			56
EAUX			150
EAUX			152
		total	358
POSI	1.01		67
POSI	1.02		56
POSI	1.03		39
POSI	1.04		44
POSI	1.05		14
POSI	1.06		13
POSI	1.07		32
POSI	1.08		21
POSI	1.09		35
POSI	1.09	TAL	36
		total	357
		média	36
TAL	11.09		238
		total	238
		média	238
TP	1.01	arco interior	113
TP	1.02	quadrante	144
TP	1.03	ajudante	120
TP	1.04	arco interior	119
TP	1.05	arco interior	146
TP	1.06	quadrante	135
TP	1.07	nucleo	140
TP	1.08	ajudante	124
TP	1.09	pilão a alargar	123
		total	1164
		média	129

Os valores obtidos devem ser tratados de maneira a evitar valores discrepantes.

Com a média das atividades, pode-se passar para a etapa de análise mais sofisticada, mostrada a seguir.

Pelos dados obtidos durante os 8 turnos observados no mês de fevereiro, foi criado um método de previsão, a partir de 3 modelos distintos, do tempo gasto pelo Jumbo para furar uma frente, escolhendo quantos furos e quais os tipos de furos, sejam eles de tirantes à pesquisa, para as 3 minas.

A seguir está a análise para o JE17. As análises sucintas do JE21 e JE03 encontram-se no APÊNDICE C.

Análise de turno do equipamento JE17

Tabela 7- Ciclo de perfuração

	média (s)
ciclo tirantes - 2,70m	176
ciclo cavilha - 1,20m	68
ciclo pesquisa - 5,20m	349
ciclo furos falhos - 2,70m	134
ciclo furos normais - 4,00m	199
ciclo furos alargados 4,00m	513
todos os furos	226

Tabela 8- Ciclo de “não-perfuração”

	média por turno(s)	média (s)	média por furo (s)
troca de bit	1242	177	20
espera p/ tampar furo	159	238	3
instalação [locomotoção, instalação na energia, abater choco, APR, etc]	4717		77
espera [tempo em que o operador está no jumbo, mas o braço não está perfurando]	1840		30
espera por intervenção mecânica	8864		145

Com esses dados foi gerado a tabela 9 com a capacidade de perfuração do Jumbo.

Tabela 9- m/h que o Jumbo realiza

m/h[apenas furando e posicionando]	72.32	144.64
m/h[com troca de bit]	66.74	133.48
m/h[com troca de bit e espera p/ tampar furo]	64.88	129.76
m/h[com troca de bit, esp.p/ tampar e instalação]	48.18	96.37
m/h[todo o ciclo]	44.37	88.73
m/h[horas do operador na máquina com horas improdutivas]	27.79	55.59
m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]	14.81	29.62
m para perf/h[horas do operador na máquina com horas improdutivas]	23.46	46.92
m para perf/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]	12.50	25.00
	por braço	2 braços

m para perf = metros feitos nos furos para desmonte, excluindo tirantes, cavilhas e furos de pesquisa

Os dados em amarelo e laranja foram utilizados para dois modelos de previsão de horas gastas para a furação, vistas na tabela 11 nas respectivas cores. O terceiro modelo foi baseado nos tempos médios das atividades e está mostrado na tabela 11 em cinza. Os dados em verde e azul são utilizados para a o calculo de quanto tempo a furação da frente deveria levar, vistos na tabela 12 nas respectivas cores.

Para demonstrar o modelo de previsão foi escolhido uma frente hipotética a ser perfurada com os furos definidos na tabela 10.

Tabela 10 – Furos hipotéticos

	eventos	tempo(s)	metros perfurados
ciclo tirantes - 2,70m	5	880	13.50
ciclo cavilha - 1,20m	3	205	3.60
ciclo pesquisa - 5,20m	4	1397	20.80
ciclo furos falhos - 2,70m	1	134	2.70
ciclo furos normais - 4,00m	56	11151	224.00
ciclo furos alargados - 4,00m	5	2563	20.00
	74	16329	284.60

Tabela 11– Tempo em que a frente será furada com o rendimento atual

Com o rendimento atual será necessário				média (h)
horas do operador no jumbo[2 braços] com horas improdutivas	5.5	5.1	5.2	5.3
horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]	9.2	9.6	9.8	9.5

Tabela 12- Tempo realmente necessário para realização da tarefa

Tempo realmente necessário para realização da tarefa	2 braços [h]
apenas furando e posicionando	2.27
com troca de bit	2.48
com troca de bit e espera p/ tampar furo	2.50
com troca de bit, esp.p/ tampar furo e instalação	3.29

Analisando, vemos que enquanto essa frente hipotética deveria levar apenas 3,29h[3h18min] para ser furada, isso contando já com o tempo de instalação do equipamento, espera da maquina para tampar os furos do piso e troca de bit, ela está levando atualmente 5,3h[5h18min] para ser furada do tempo que o operador está no Jumbo, se for contar com o tempo em que o operador não está no jumbo, essa frente leva 9,5h[9h30min] para ser furada.

Uma maneira de testar se os dados são representativos é analisando o “m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]= 29,62 m/h” com os dados do mês de fevereiro. No mês de fevereiro o JE17 perfurou 14041,70 m, fornecendo m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]= 22,18 m. Uma diferença de 25%, mostrando que os dias observados foram mais produtivos do que a média, ilustrando que a deficiência na produtividade do Jumbo é ainda maior.

Isso nos evidencia claramente que se diminuirmos o tempo em que o operador está longe do Jumbo, ou do tempo de espera no qual o operador está no Jumbo, mas não está perfurando, teremos um aumento da produtividade muito elevado.

Tabela 13- Comparativo das 3 perfuratrizes com os dados da mineração

	JE17	JE21	JE03
m/h[apenas furando e posicionando]	144,64	151,82	98,47
m/h[com troca de bit]	133,48	145,65	91,84
m/h[com troca de bit e espera p/ tampar furo]	129,76	128,68	88,59
m/h[com troca de bit, esp.p/ tampar e instalacao]	96,37	86,36	37,40
m/h[todo o ciclo]	88,73	81,02	35,47
m/h[horas do operador na maquina com horas improdutivas]	55,59	48,91	26,00
m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]	29,62	29,50	19,18
m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]] no mês de fevereiro	22,18	24,17	10,70

Linhas 1 á 7 são dados obtidos nos 8 dias de observações
Linha 8 é dado referente ao mês de fevereiro obtidos da base de dados da mineração

2.3.1.3 Resultados

O índice de utilização de perfuratrizes avaliado nesse período de três semanas de levantamento mostra que as perfuratrizes apresentaram um índice médio de utilização de apenas 20%, o que significa que em apenas 20% dos turnos as perfuratrizes se encontravam em operação de perfuração.

Um dos problemas mais corriqueiros era o da manutenção, em que quando o operador começava a perfurar uma frente, os operários da manutenção o interrompiam para manutenção de partes do Jumbo que poderiam ter sido concertadas no período em que o operador não estava na máquina, por exemplos vistos, um coxim de holofote e um cabo de aço solto que fizeram com que o Jumbo ficasse um longo período sem perfurar. Esse problema poderia ser facilmente sanado se os operários da manutenção fossem nas máquinas antes do operador da máquina chegar ao Jumbo ou no período de *check list* da máquina. Se com essa medida a manutenção durante o período em que o operador está perfurando caísse apenas 10%, a produtividade do Jumbo subiria 4%, sem a necessidade de nenhum custo de implantação.

Problemas como falta de ventilação, energia e água faziam com que o operador perdesse muito tempo produtivo, mas não por causa necessariamente da falta dos mesmos, mas sim, pela falta de uma comunicação mais rápida entre o operador e a manutenção. Em mais de uma vez, o operador teve que andar longas distâncias por causa de telefone com problemas, e mesmo quando o telefone estava funcionando o tempo perdido não é desprezível. Se cada Jumbo estivesse equipado com um rádio esse período perdido iria cair consideravelmente. Se com essa medida o operador perdesse 30% menos tempo para se comunicar com a manutenção, a produtividade do Jumbo subiria 3%, além de fornecer maior segurança em caso de acidente na mina.

A falta de frente livre, limpa, para o Jumbo trabalhar também causou grande perda de produtividade, e não era por causa de grandes problemas, mas apenas porque o apoio não havia limpado o repé com a inchada.

Este baixo índice de utilização resultou em índices baixos de produtividade da frota de perfuração, causando um impacto na produtividade geral de lavra. Durante o período do levantamento, foi constatado que, na mina em estudo, o aumento de utilização era proporcional ao aumento da produtividade. Com o aumento da utilização das perfuratrizes,

haveria um aumento significativo na produtividade da mina. Com pequenas alterações administrativas, sendo a maioria sem custo de implementação, acarretaria que o índice médio de utilização das perfuratrizes subiria de 20% para 26%, aumentando a produtividade das perfuratrizes em 31%, reduzindo assim os custos da mineração.

No entanto, para que o aumento da produtividade das perfuratrizes tenha um efeito sustentável, é necessário que a gerência da mina atue junto aos operadores e aos supervisores, além de necessitar uma evolução no nível de controle e automação da mina, conforme indicado a seguir.

Supervisor: a escolha de um modelo de turnos ideal deve ser feita dependendo das condições da mina. Caso a mina apresente condições para turnos em que se realize uma ou duas operações, ao invés de todas as operações [perfuração, carregamento, desmonte, transporte e auxiliares], esse modelo deverá ser aplicado, pois apresenta melhor produtividade.

Controle e Despacho de Equipamentos: um sistema de despacho eficiente, não necessariamente um programa caro, deve ser implantado, para evitar decisões equivocadas do supervisor, sobre as condições das frentes e equipamentos.

Alocação de Operadores: é necessário que o transporte do operário até a frente de operação seja o mais eficiente possível. Não se deve economizar nesse quesito. Um sistema de transporte eficiente, seja de veículos leves ou de trens, levando o operário em pouco tempo para a frente de operação, é essencial para o aumento de utilização das perfuratrizes.

Estratégia de Manutenção: a manutenção corretiva deve ser designada para realização no começo do turno, enquanto o operador da perfuratriz realiza o *check-list* do equipamento e verificação da frente de lavra, fazendo com que não haja perda de tempo produtivo de perfuração.

Automação: a automação das perfuratrizes deve ser feita dependendo das características da mineração. Minerações pequenas e não muito profundas podem usar sistemas, como MWD, MMN, MDPG e RRA, que fornecem melhor eficiência na perfuração, tanto na velocidade quanto na posição dos furos, melhorando o desmonte, diminuindo o uso de explosivo e de *overbrake*.

Para minerações maiores, sistemas como o SMRC, RDM e *AutoMine* permitem que a perfuratriz seja operada de salas de controle, aumentando a utilização da máquina, visto que o tempo perdido para transporte do operador é anulado, trazendo maior segurança, já que o operador não se encontra em área de risco, e maior controle do processo, em que dados em tempo real são enviados à central, permitindo fazer manutenção preventiva e corretiva nas máquinas de maneira mais eficiente. Esses sistemas fornecem um potencial de diminuição da frota e da mão de obra da ordem de 60% a 75% (Automation Resources, 2010).

Tabela 14– Ações corretivas que poderiam ser tomadas e suas consequências

Causa	Ação corretiva	Custo	Produto
Tempo que o operador encontra-se efetivamente no equipamento	Aumento de 14% do período do operador no equipamento	Não	Aumento de 14% na produtividade
Falta de frente livre	Sistema de despacho eficiente que diminua 20% do tempo perdido por falta de frente livre	Não	Aumento de 4% na produtividade
Manutenção durante o período de operação	Manutenção no equipamento antes do operador começar a operar, diminuindo em 10% o tempo perdido por manutenção	Não	Aumento de 4% na produtividade
Comunicação demorada entre o operador e a manutenção em caso de falhas dos sistemas de ventilação, energia e água.	Implantação de rádio nas perfuratrizes, diminuindo o tempo de comunicação entre o operador e a manutenção em 30%	Sim	Aumento de 3% na produtividade e maior segurança na mineração

A tabela 14 mostra a causa de alguns dos problemas, ações corretivas e o produto que esta ação forneceria. Considerando apenas as ações corretivas sem custos, obter-se-ia um aumento de 23% na produtividade, e considerando a alternativa com custo a produtividade aumentaria em 27%. Os valores assumidos acima são bem modestos, a tabela a seguir assumiu valores mais otimistas.

Tabela 15– Ações corretivas que poderiam ser tomadas e suas consequências

Causa	Ação corretiva	Custo	Produto
Tempo que o operador encontra-se efetivamente no equipamento	Aumento de 14% do período do operador no equipamento	Não	Aumento de 14% na produtividade
Falta de frente livre	Sistema de despacho eficiente que diminua 60% do tempo perdido por falta de frente livre	Não	Aumento de 12% na produtividade
Manutenção durante o período de operação	Manutenção no equipamento antes do operador começar a operar, diminuindo em 30% o tempo perdido por manutenção	Não	Aumento de 12% na produtividade
Comunicação demorada entre o operador e a manutenção em caso de falhas dos sistemas de ventilação, energia e água.	Implantação de rádio nas perfuratrizes, diminuindo o tempo de comunicação entre o operador e a manutenção em 60%	Sim	Aumento de 6% na produtividade e maior segurança na mineração

Com os valores mais otimistas, mas não impossíveis, da tabela acima ter-se-ia um aumento da produtividade de 43% considerando apenas as ações sem custo e um aumento de 52% na produtividade considerando todas as ações.

2.3.2 Análise do período de rodízio

A análise consiste em se obter qual o período mais produtivo e crítico da mineração. Nesta análise a produtividade em metros perfurados por hora não é aplicada, mas sim, o coeficiente de produtividade, que é a relação entre a produtividade média e o período estudado.

Os dados a seguir são referentes a média de todos os equipamentos, simbas e jumbos, para fornecer os períodos mais críticos na mina. As análises separadas para jumbos e simbas encontram-se no APÊNDICE A e B.

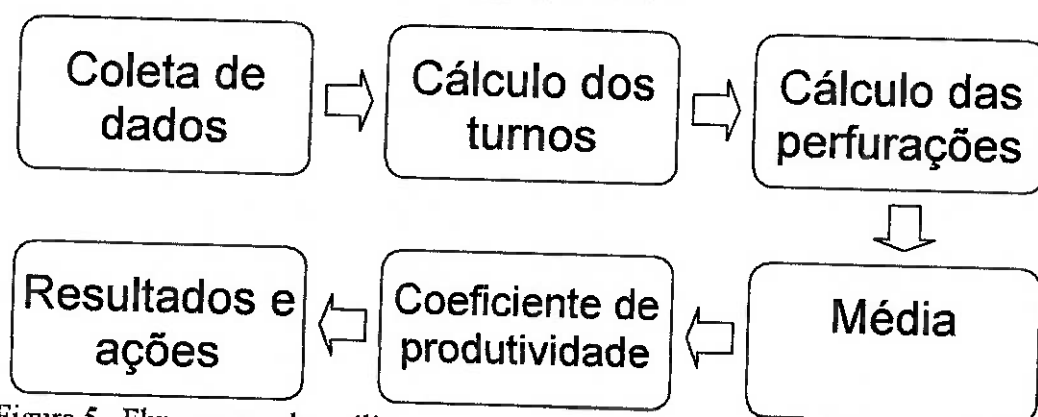


Figura 5– Fluxograma da análise

O fluxograma mostra a metodologia da análise feita. Cada etapa será explicada a diante, mas de maneira geral pode-se resumir em:

- Coleta de dados: Coleta dos dados da mineração referente a produtividade das perfuratrizes;
- Cálculo dos dias: Cálculo dos turnos referentes a análise feita, seja ela entre turma e dia do rodízio, turma e dia da semana ou dia da semana e rodízio;
- Cálculo das perfurações: Cálculo dos metros perfurados em cada período da análise;
- Média: Média de metros perfurados por turno analisado;
- Coeficiente de produtividade: Criação do coeficiente de produtividade, sendo este, a razão entre a média da análise e a do turno;
- Resultados e ações: Obter os resultados da análise do coeficiente de produtividade e criar ações corretivas.

2.3.2.1 Análise da produtividade da mina em função do dia do rodízio

Primeiramente é necessário obter os dias do rodízio por turma que estão sendo analisados e o total de metros perfurados neste período. A razão entre estes dois dados fornece a produtividade por turno.

Tabela 16– Dias dos rodízio da mineração por turma (jumbos e simbas)

Soma de dias do rodízio(1-7)	Dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
A	606	590	606	621	623	622	621	4289
B	602	616	590	590	606	621	623	4248
C	622	621	618	602	616	590	590	4259
D	621	623	622	621	602	602	616	4307
Total geral	2451	2450	2436	2434	2447	2435	2450	17103

Tabela 17– Total de metros perfurados por turma e dia do rodízio da mineração (jumbos e simbas)

Total de metros perfurados	Dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
A	39457	39406	40697	44884	42556	41702	45514	294214
B	39117	40429	41122	38821	43133	44225	38108	284955
C	41435	46781	46081	48665	48515	43226	42873	317576
D	39732	44124	46541	43586	45736	42680	41679	304076
Total geral	159740	170740	174440	175956	179939	171833	168172	1200821

Tabela 18– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados / Turno	Dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Média por turma
A	65.11	66.79	67.16	72.28	68.31	67.05	73.29	68.60
B	64.98	65.63	69.70	65.80	71.18	71.22	61.17	67.08
C	66.62	75.33	74.56	80.84	78.76	73.26	72.67	74.57
D	63.98	70.82	74.82	70.19	75.97	70.90	67.66	70.60
Total geral	65.17	69.69	71.61	72.29	73.53	70.57	68.64	70.21

A tabela 18 mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Tuma(linha).

Nota-se que o primeiro e o ultimo dia do rodízio são os que possuem a menor produtividade e que necessitaram de maiores medidas de controle.

Tabela 19– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente	Dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Média
A	0.95	0.97	0.98	1.05	1.00	0.98	1.07	0.98
B	0.97	0.98	1.04	0.98	1.06	1.06	0.91	0.96
C	0.89	1.01	1.00	1.08	1.06	0.98	0.97	1.06
D	0.91	1.00	1.06	0.99	1.08	1.00	0.96	1.01
Média	0.93	0.99	1.02	1.03	1.05	1.01	0.98	

Para obter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela 19, o qual mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o primeiro e o ultimo dia são os mais críticos, entretanto, também é notável que a produtividade no turno 2 é visivelmente maior que as do turno 1 e 3. O turno 2 está mostrado com cor de letra verde, e são para as turmas A e C os dias 4 e 5, e para as turmas B e D os dias 3, 4 e 5.

2.3.2.2 Análise da produtividade da mina em função do dia da semana

Primeiramente é necessário obter os dias da semana por turma que estão sendo analisados e o total de metros perfurados neste período. A razão entre estes dois dados fornece a produtividade por turno.

Tabela 20– Total de dias analisados da semana por turma

Turma	dia da semana							Total geral
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
A	605	604	623	624	608	620	605	4289
B	605	606	624	605	585	616	607	4248
C	591	617	617	602	601	636	595	4259
D	602	615	633	622	606	621	608	4307
F	171	177	176	220	270	174	177	1365
Total geral	2574	2619	2673	2673	2670	2667	2592	18468

Tabela 21– Total de metros perfurados por turma e dia da semana

Total de metros perfurados operador	dia da semana							Total geral
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
A	42541	40824	37856	41590	44028	43316	44059	294215
B	42113	38627	39771	40059	38862	42269	43255	284955
C	43563	45662	42887	45915	45534	47984	46030	317576
D	40954	43740	44420	42045	42989	46149	43780	304076
F	0	0	0	0	0	0	0	0
Total geral	169171	168853	164934	169609	171413	179718	177125	1200822

Tabela 22– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados / Turno operador	dia da semana							Média geral
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
A	70.32	67.59	60.76	66.65	72.41	69.86	72.83	68.60
B	69.61	63.74	63.74	66.21	66.43	68.62	71.26	67.08
C	73.71	74.01	69.51	76.27	75.76	75.45	77.36	74.57
D	68.03	71.12	70.17	67.60	70.94	74.31	72.01	70.60
Total geral	65.72	64.47	61.70	63.45	64.20	67.39	68.34	70.21

A tabela 22 mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Tuma(linha).

Nota-se que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a quarta-feira é o que apresenta menor produtividade.

Tabela 23– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente operador	dia da semana							Média geral
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
A	1.03	0.99	0.89	0.97	1.06	1.02	1.06	0.98
B	1.04	0.95	0.95	0.99	0.99	1.02	1.06	0.96
C	0.99	0.99	0.93	1.02	1.02	1.01	1.04	1.06
D	0.96	1.01	0.99	0.96	1.00	1.05	1.02	1.01
Total geral	1.00	0.98	0.94	0.98	1.02	1.03	1.04	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela 23, o qual mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre terça-feira a quinta-feira é o mais crítico. Usando apenas “metros perfurados/turno” ter-se-ia uma noção errada de que segunda-feira é um dia crítico, mas com o “Coeficiente de Produtividade” nota-se que segunda-feira é apenas um dia regular.

2.3.2.3 Análise da produtividade da mina em função do dia da semana e do rodízio

Primeiramente é necessário obter os dias da semana por dia do rodízio que estão sendo analisados e o total de metros perfurados neste período. A razão entre estes dois dados fornece a produtividade por turno.

Tabela 24– Total de dias analisados da semana por dia do rodízio

dia do rodízio(1-7)	dia da semana							Total geral
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
1	354	343	369	350	348	352	335	2451
2	333	353	346	369	334	363	352	2450
3	348	349	353	330	369	349	338	2436
4	338	347	364	353	314	369	349	2434
5	343	354	350	348	353	345	354	2447
6	354	343	369	334	348	352	335	2435
7	333	353	346	369	334	363	352	2450
Total geral	2403	2442	2497	2453	2400	2493	2415	17103

Tabela 25– Total de metros perfurados por dia do rodízio e dia da semana

Total de metros perfurados dias do rodízio(1-7)	dia da semana							Total geral
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
1	24340	22964	21828	20334	21096	26119	23059	159740
2	22766	23522	24330	23836	23895	25701	26691	170740
3	24505	22585	23692	25740	26703	25850	25367	174440
4	25627	24926	24387	25097	24350	26233	25336	175956
5	23647	26835	23345	27795	26950	24847	26520	179939
6	26040	24488	25372	20412	25157	24563	25803	171833
7	22246	23534	21980	26396	23263	26404	24349	168173
Total geral	169171	168853	164934	169609	171413	179718	177125	1200822

Tabela 26– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados	dia da semana							
dias do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Média geral
1	68.76	66.95	59.16	58.10	60.62	74.20	68.83	65.17
2	68.37	66.63	70.32	64.60	71.54	70.80	75.83	69.69
3	70.42	64.71	67.12	78.00	72.36	74.07	75.05	71.61
4	75.82	71.83	67.00	71.10	77.55	71.09	72.60	72.29
5	68.94	75.81	66.70	79.87	76.34	72.02	74.91	73.53
6	73.56	71.39	68.76	61.11	72.29	69.78	77.02	70.57
7	66.81	66.67	63.53	71.53	69.65	72.74	69.17	68.64
Total geral	70.40	69.15	66.05	69.14	71.42	72.09	73.34	70.21

A tabela 26 mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por dia do rodízio(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a quarta-feira é o que apresenta menor produtividade.

Tabela 27– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente	dia da semana							
dias do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Média geral
1	1.05	1.03	0.91	0.89	0.93	1.14	1.06	0.93
2	0.98	0.96	1.01	0.93	1.03	1.02	1.09	0.99
3	0.98	0.90	0.94	1.09	1.01	1.03	1.05	1.02
4	1.05	0.99	0.93	0.98	1.07	0.98	1.00	1.03
5	0.94	1.03	0.91	1.09	1.04	0.98	1.02	1.05
6	1.04	1.01	0.97	0.87	1.02	0.99	1.09	1.01
7	0.97	0.97	0.93	1.04	1.01	1.06	1.01	0.98
Total geral	1.00	0.98	0.94	0.98	1.02	1.03	1.04	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, o qual mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre terça-feira a quinta-feira é o mais crítico.

2.3.3 Avaliação da contribuição da Análise de Complexidade

Análise de Complexidade é uma análise inovadora e promissora na mineração, podendo em alguns anos ser um diferencial na análise de dados e geração de modelos de produtividades de minas.

Não está no escopo deste trabalho detalhar como é realizada a análise de complexidade, mas mostrar de uma maneira geral seus fundamentos.

A dificuldade em gerir um sistema deriva da complexidade de sua estrutura e da incerteza sobre os dados que ele usa. A complexidade é a propriedade de um sistema de possuir capacidade de surpreender através de eventos inesperados. O grau de robustez do sistema é proporcional à margem entre o real nível de complexidade e o nível crítico de complexidade, sendo que esta quantifica a capacidade do sistema de preservar sua funcionalidade sob condições variadas (Seccatore et al., 2010). Um sistema de alto nível de complexidade operando em um meio com alto grau de incerteza se torna instável, podendo mudar subitamente de comportamento sem qualquer forma de aviso prévio.

O nível de complexidade de um sistema deriva de sua estrutura, ou seja, do número de variáveis necessárias para representar o sistema e da forma como estão conectadas, e da sua entropia total, que representa o quanto de incerteza, ou ruído, está presente na troca de informações entre estas variáveis. Estas informações são expostas no mapa do sistema, onde se pode observar a correlação da produtividade com qualquer variável presente, por exemplo dia do turno ou número de tipos de furos diferentes.

Pela dificuldade de preparar os dados, realizar a análise e o pouco tempo hábil, a análise foi realizada numa pequena parcela dos dados, pelo Eng. Dompieri, pesquisador do Laboratório de Planejamento e Otimização do Departamento de Minas e Petróleo da Escola Politécnica da USP, para estimar se esta poderia ser aplicada neste sistema. Esta parcela de dados era composta por 24 semanas de uma perfuratriz, sendo que caso os resultados fossem promissores, a análise seria realizada em todos os dados.

A análise estática da complexidade está mostrada a seguir, enquanto a análise dinâmica encontra-se no ANEXO B.

A figura 6 mostra os links artificialmente criados por variáveis arbitrárias e na figura 7, o mesmo está colapsado, expondo assim o único link legítimo encontrado, a correlação entre o total de metros perfurados e o número de tipos diferentes de furos realizados no turno 3.

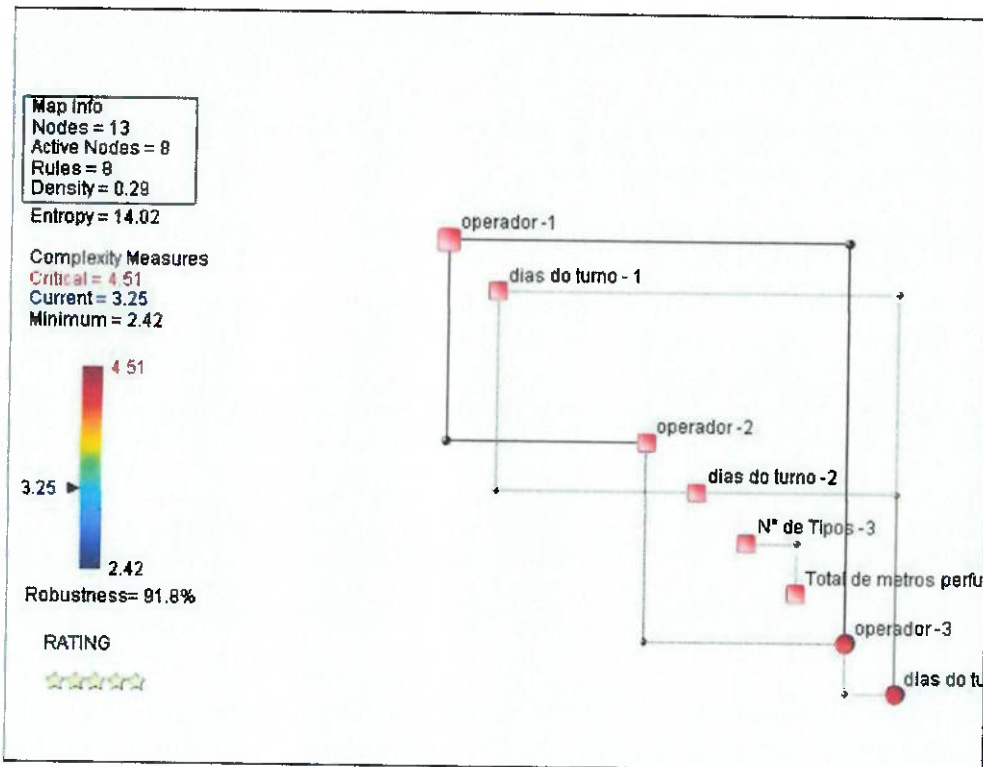


Figura 6– todos os links encontrados

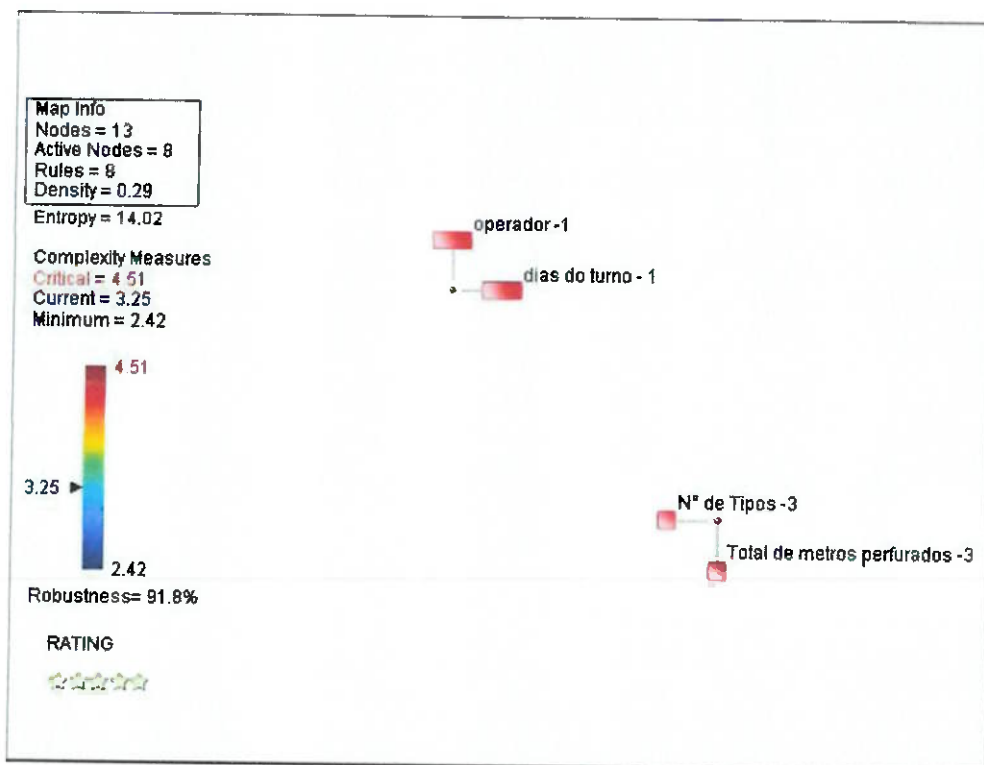


Figura 7 – Bloco colapsado e link legítimo remanescente

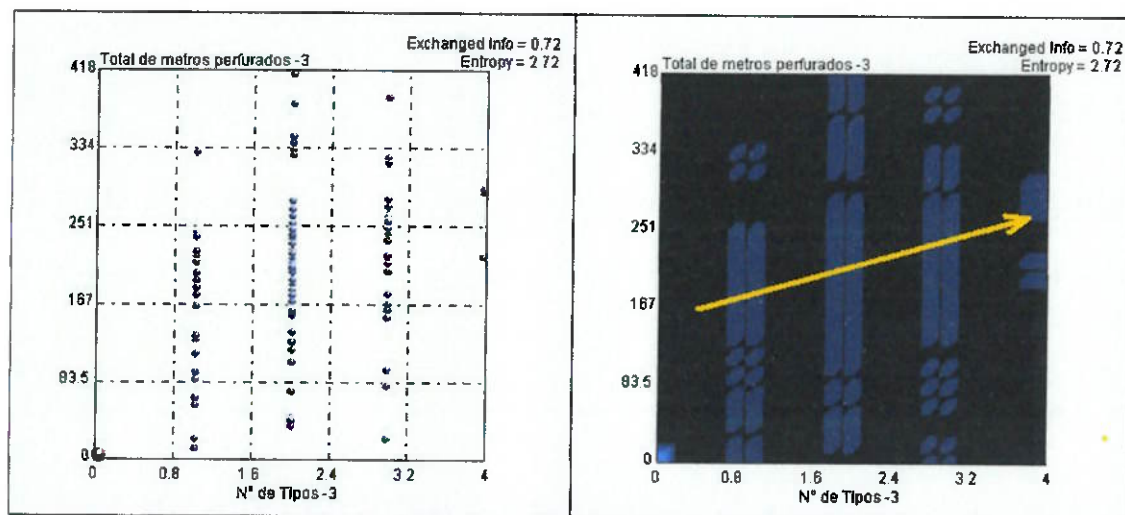


Figura 8 – Scatter Plot normal (a) e quantizado (b) do link encontrado

Como resultado da análise, no scatter plot exibido na figura 8 percebe-se a correlação direta (contra-intuitiva) entre o total de metros perfurados e o número de tipos de furos, para o turno 3. Isto evidencia que o aumento do número de tipos diferentes de furos acarreta no aumento da produtividade.

Esta correlação é interessante, entretanto, para este trabalho a correlação de apenas um dos turnos com o número de tipos diferentes de furos e a produtividade não é suficiente para promover a continuidade da análise de todos os dados neste momento. Está falta de correlação pode ser devida a pequena parcela de dados analisada ou que esta análise não é apropriada para este sistema. Numa possível continuação deste trabalho seria aconselhável a análise de todos os dados, visto que a análise de complexidade é promissora na mineração.

2.4 Discussão

A análise por turno da mineração mostrou que pequenas mudanças resultariam em grande aumento de produtividade e segurança da mina, entre elas as que mais se destacam seriam a melhoria no transporte do operador até o equipamento, sistema de despacho eficiente, manutenção no período adequado e instalação de rádios nas perfuratrizes. Estas pequenas mudanças podem aumentar 27% a 52% a produtividade das perfuratrizes e melhorar a segurança, com pouco custo de implementação.

A análise em função do dia do rodízio mostrou que o primeiro dia do rodízio é o mais crítico e que o período do segundo turno é o mais produtivo. Isto evidencia que o sistema de rodízio empregado em que o funcionário é obrigado a trabalhar em todos os períodos não é eficiente, acarretando em grande flutuação da produtividade, flutuação esta que chega a ser de 21%. O primeiro dia do rodízio tem que ser o período onde a supervisão deve ser mais crítica com os funcionários.

A análise em função do dia da semana mostrou que o fim de semana é o período mais produtivo enquanto o período de terça a quinta-feira é o menos produtivo, com uma flutuação de 19% considerando por turma e de 31% considerando por dia do rodízio. O que justificaria este acontecimento é que durante o período sem supervisão dos engenheiros os operadores trabalham sem preocupação com a manutenção dos equipamentos acarretando que este desgaste é sentido no período de terça a quinta-feira quando o equipamento entre em falha sendo enviado a manutenção corretiva.

3. CONCLUSÕES

Para alcançar os desafios de melhorar o controle do processo de lavra subterrânea e o aprimoramento nas condições de segurança é necessário que a gerência da mina atue por meio de diversas medidas de forma concomitante.

As principais formas de se aumentar a produtividade numa mina subterrânea em operação, observadas neste trabalho foram a atuação no tempo em que o operador está longe da máquina, um melhor sistema de transporte, a redução dos tempos perdidos por espera por falta de frente livre, e um sistema mais eficiente de manutenção. Com estas medidas, pode-se resultar em um aumento de 52% da produtividade da perfuração da mina.

Em relação aos turnos as medidas a serem tomadas para aumentar a produtividade se baseiam em tentar diminuir a flutuação de 21% de produtividade em relação a um dia de rodízio e outro ou de 31% em relação ao dia da semana e do rodízio. Uma mineração tem sua produtividade ótima, não quando ela é máxima em um dia, mas sim, quando ela se apresenta estável e ótima em todos os dias.

No entanto, outras medidas são necessárias para assegurar a sustentabilidade desse tipo de abordagem para aumento da produtividade da perfuração em minas subterrâneas. Mesmo que a automação de minas subterrâneas seja uma medida que pareça onerosa e inviável para a maior parte das operações atuais, é importante que as minas revejam seus planos de investimento para aumentar seu nível de automação, e assim permitir que suas minas operem com maior eficiência, produtividade e segurança.

4. REFERÊNCIA

- Automation Resources. Sandvik automates mining operations with AutoMine System. Disponível em: <<http://www.automation.com/resources-tools/application-stories/machine-monitoring-control/sandvik-automates-mining-operations-with-automine-system>>. Acesso em: 10 de Abril de 2010.
- Burger, D.J. Integration of the mining plan in a mining automation system using state-of-the-art technology at De Beers Finsch Mine. The Journal of South African Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 106. August 2006, pp. 553-560.
- Dey, N.C. Role of Drill Machine and Fleet of SDL on Underground Mine Operating System. IE I Journal, MN, Vol. 86. August 2005, pp. 13-19.
- Hall, R.A.; Knights, P.F.; Daneshmend, L.K. Pareto analysis and condition-based maintenance of underground mining equipment. Trans. Inst. Min. Metall. Sect. A: Min. technol., 109, January–April 2000. The Institution of Mining and Metallurgy 2000, pp. A14-A22.
- Harrison, J. C.; Da Silva, M. V. T. Case study of efforts to reduce costs and increase production at a mid-sized international mining company, SME Annual Meeting, Março 1999.
- Jifei. H.; Fengyou, H.; Shifan, X. Robotized Drilling Machine. IEEE International Conference on Intelligent Processing Systems. China University of Mining & Technology, October 1997. Beijing, China
- Lees, D. History of Drill and Blast. SME, USA. 2003
- Lyman F. Wolf creek upper narrows project— South Fork, Colorado: Construction of a large cross-section drill and blast highway tunnel in alpine conditions with multiple staggered headings”. Kiewit Western Co., 2003.
- Reynolds, J M, Atlas Copco Construction and Mining Australia, Modern Drilling Equipment for Underground Applications. 2003
- Seccatore J. et al.,Complexity Analysis in Blasting Fragmentation Management, Brasil, 2010

APÊNDICE A – Análise Jumbos

Análise da produtividade dos Jumbos somados em função do dia do rodízio

Tabela 28– Dias dos rodízio da mineração por turma (jumbos)

Dias do rodízio(1-7)	dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
A	504	493	504	516	518	517	516	3568
B	504	514	493	493	504	516	518	3542
C	517	516	515	504	514	493	493	3552
D	516	518	517	516	504	504	514	3589
Total geral	2041	2041	2029	2029	2040	2030	2041	14251

Tabela 29– Total de metros perfurados por turma e dia do rodízio da mineração (jumbos)

Total de metros perfurados	dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
A	38190	38374	39718	43702	41383	40665	44552	286583
B	38229	39069	39902	37763	41719	43042	37246	276971
C	40414	45665	44914	47642	47304	42278	41707	309924
D	38586	42582	45291	42335	44693	41407	40482	295376
Total geral	155420	165691	169825	171441	175099	167392	163986	1168854

Tabela 30– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados / Turno	dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Média geral
A	75.77	77.84	78.81	84.69	79.89	78.65	86.34	80.32
B	75.85	76.01	80.94	76.60	82.78	83.42	71.90	78.20
C	78.17	88.50	87.21	94.53	92.03	85.76	84.60	87.25
D	74.78	82.21	87.60	82.04	88.68	82.16	78.76	82.30
Total geral	76.15	81.18	83.70	84.50	85.83	82.46	80.35	82.02

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Tuma(linha).

Pode-se notar que o primeiro e o ultimo dia do rodízio são os que possuem a menor produtividade e que necessitaram de maiores medidas de controle.

Tabela 31– Coeficiente de Produtividade

Metros perfurados / Turno	dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Média geral
A	0.94	0.97	0.98	1.05	0.99	0.98	1.07	0.98
B	0.97	0.97	1.04	0.98	1.06	1.07	0.92	0.95
C	0.90	1.01	1.00	1.08	1.05	0.98	0.97	1.06
D	0.91	1.00	1.06	1.00	1.08	1.00	0.96	1.00
Total geral	0.93	0.99	1.02	1.03	1.05	1.01	0.98	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o primeiro e o ultimo dia são os mais críticos, entretanto, também é notável que a produtividade no turno 2 é visivelmente maior. O turno 2 está mostrado com cor de letra verde, e são para as turmas A e C os dias 4 e 5, e para as turmas B e D os dias 3, 4 e 5.

Análise da produtividade dos Jumbos somados em função do dia da semana

Tabela 32– Total de dias analisados da semana por turma

	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	504	503	518	518	507	515	503	3568
B	504	504	518	505	493	514	504	3542
C	494	515	515	504	505	526	493	3552
D	505	513	527	517	506	516	505	3589
F	144	146	145	179	209	146	146	1115
Total geral	2151	2181	2223	2223	2220	2217	2151	15366

Tabela 33– Total de metros perfurados por turma e dia da semana

Total de metros perfurados	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	41602	39664	36950	40622	42955	42069	42722	286583
B	41092	37600	38348	38886	37905	41323	41816	276971
C	42683	44493	41767	44843	44629	46778	44732	309924
D	39736	42766	43120	40793	41750	44790	42423	295376
F	0	0	0	0	0	0	0	0
Total geral	165114	164523	160184	165143	167238	174960	171693	1168854

Tabela 34– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados / Turno	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	82.54	78.86	71.33	78.42	84.72	81.69	84.93	80.32
B	81.53	74.60	74.03	77.00	76.89	80.40	82.97	78.20
C	86.40	86.39	81.10	88.97	88.37	88.93	90.73	87.25
D	78.68	83.36	81.82	78.90	82.51	86.80	84.01	82.30
Total geral	82.27	80.85	77.09	80.79	83.16	84.48	85.63	82.02

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Tuma(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a quarta-feira é o que apresenta menor produtividade.

Tabela 35– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	1.03	0.98	0.89	0.98	1.05	1.02	1.06	0.98
B	1.04	0.95	0.95	0.98	0.98	1.03	1.06	0.95
C	0.99	0.99	0.93	1.02	1.01	1.02	1.04	1.06
D	0.96	1.01	0.99	0.96	1.00	1.05	1.02	1.00
Total geral	1.00	0.99	0.94	0.99	1.01	1.03	1.04	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre terça-feira a quinta-feira é o mais crítico.

Análise da produtividade dos Jumbos somados em função do dia da semana e do rodízio

Tabela 36– Total de dias analisados da semana por dia do rodízio

	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Grand Total
1	292	290	304	291	293	290	281	2041
2	281	291	292	304	280	303	290	2041
3	290	292	291	281	304	290	281	2029
4	281	289	304	291	270	304	290	2029
5	290	292	291	293	291	291	292	2040
6	292	290	304	280	293	290	281	2030
7	281	291	292	304	280	303	290	2041
Grand Total	2007	2035	2078	2044	2011	2071	2005	14251

Tabela 37– Total de metros perfurados por dia do rodízio e dia da semana

Total de metros perfurados	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
1	23691	22571	21173	19709	20547	25374	22355	155420
2	22170	22747	23826	23155	23157	24916	25720	165691
3	23839	21976	22907	25096	25999	25273	24736	169825
4	25083	24239	23707	24507	23802	25612	24492	171441
5	23091	26173	22482	27270	26348	24176	25559	175099
6	25483	23913	24631	19798	24614	23835	25119	167392
7	21756	22905	21458	25610	22771	25775	23712	163986
Total geral	165114	164523	160184	165143	167238	174960	171693	1168854

Tabela 38– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados/ turno	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Média geral
1	81.13	77.83	69.65	67.73	70.13	87.50	79.55	76.15
2	78.90	78.17	81.60	76.17	82.70	82.23	88.69	81.18
3	82.20	75.26	78.72	89.31	85.52	87.15	88.03	83.70
4	89.26	83.87	77.98	84.22	88.16	84.25	84.46	84.50
5	79.63	89.63	77.26	93.07	90.54	83.08	87.53	85.83
6	87.27	82.46	81.02	70.71	84.01	82.19	89.39	82.46
7	77.42	78.71	73.49	84.24	81.33	85.07	81.77	80.35
Total geral	82.27	80.85	77.09	80.79	83.16	84.48	85.63	82.02

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por dia do rodízio(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a quarta-feira é o que apresenta menor produtividade.

Tabela 39– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Média geral
1	1.07	1.02	0.91	0.89	0.92	1.15	1.04	0.93
2	0.97	0.96	1.01	0.94	1.02	1.01	1.09	0.99
3	0.98	0.90	0.94	1.07	1.02	1.04	1.05	1.02
4	1.06	0.99	0.92	1.00	1.04	1.00	1.00	1.03
5	0.93	1.04	0.90	1.08	1.05	0.97	1.02	1.05
6	1.06	1.00	0.98	0.86	1.02	1.00	1.08	1.01
7	0.96	0.98	0.91	1.05	1.01	1.06	1.02	0.98
Total geral	1.00	0.99	0.94	0.99	1.01	1.03	1.04	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre terça-feira a quinta-feira é o mais crítico.

Análise da produtividade dos Jumbos detalhados em função do dia do rodízio

Tabela 40– Média de metros perfurados por turno e jumbo

Metros perfurados / Turno		dias do turno(1-7)							
Turma	Equip.	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
A	JE02	99.6	90.2	72.2	68.7	82.3	56.0	124.4	84.7
A	JE03	61.1	45.4	64.9	107.7	81.2	60.4	78.0	71.5
A	JE04	59.2	77.3	66.1	73.0	69.1	79.2	71.2	70.7
A	JE06	38.9	27.4	17.1	38.5	31.9	52.5	53.8	37.3
A	JE07	31.9	16.5	26.1	17.0	16.9	15.2	20.0	20.5
A	JE08	131.7	148.4	143.7	68.9	109.0	121.3	116.6	119.2
A	JE11	102.8	119.0	97.9	122.1	98.9	110.2	105.7	108.0

Metros perfurados / Turno		dias do turno(1-7)							Total geral
Turma	Equip.	1	2	3	4	5	6	7	
A	JE12	22.0	36.6	27.8	30.7	29.3	33.2	32.9	30.3
A	JE13	45.9	67.8	60.4	85.7	66.3	43.5	44.1	59.1
A	JE14	109.8	123.9	102.4	105.1	107.2	120.3	128.6	113.9
A	JE15	41.9	41.9	66.9	41.5	50.7	55.8	45.0	49.1
A	JE18	123.5	92.6	116.2	104.7	106.8	113.2	125.0	111.8
A	JE20	71.4	53.4	59.0	86.7	72.7	50.7	85.0	68.5
A	JE21	142.7	161.8	175.4	170.1	170.5	182.5	178.7	168.9
B	JE02	104.0	84.2	77.7	71.0	98.2	72.2	63.9	81.5
B	JE03	80.4	59.6	88.9	63.8	112.0	80.9	39.1	74.8
B	JE04	73.6	66.2	63.7	53.9	82.8	72.2	51.2	66.2
B	JE06	19.3	43.0	41.8	28.8	8.8	36.1	28.9	29.6
B	JE07	18.2	50.9	42.0	29.4	20.9	27.4	24.9	30.4
B	JE08	131.4	102.8	127.4	151.4	172.9	141.1	153.6	140.2
B	JE11	70.1	70.3	79.8	82.7	90.8	88.3	65.3	78.1
B	JE12	38.5	25.9	28.6	24.2	25.1	25.2	28.7	28.0
B	JE13	58.1	63.4	62.0	58.2	68.0	91.3	73.9	68.0
B	JE14	105.5	107.7	107.7	141.7	97.7	124.9	95.1	111.4
B	JE15	42.5	35.8	32.4	42.7	36.4	43.0	42.3	39.3
B	JE18	104.7	112.3	121.9	128.7	108.9	122.8	111.0	115.7
B	JE20	68.4	84.3	95.7	60.1	68.1	63.3	82.4	74.6
B	JE21	141.3	155.7	162.9	138.6	177.3	164.5	158.3	157.0
C	JE02	64.7	75.9	102.1	90.9	79.4	88.9	82.8	83.5
C	JE03	90.3	96.1	95.8	91.8	101.3	74.5	84.1	90.7
C	JE04	58.6	86.1	72.8	84.0	90.0	54.0	63.8	72.6
C	JE06	37.0	38.5	31.5	37.6	31.2	35.1	15.5	32.4
C	JE07	31.1	44.6	24.1	20.9	34.8	34.3	31.9	31.7
C	JE08	87.6	91.9	92.8	146.9	50.1	154.5	112.4	105.2
C	JE11	78.7	90.4	101.4	123.2	116.2	131.2	106.3	106.5
C	JE12	28.3	28.7	29.9	27.7	34.1	37.3	29.9	30.8
C	JE13	82.4	67.2	60.1	87.8	77.9	59.4	75.9	73.0
C	JE14	120.1	157.9	121.2	119.7	145.9	135.0	130.7	133.0
C	JE15	38.9	49.8	38.2	43.8	51.0	46.1	45.2	44.7
C	JE18	115.2	130.5	162.0	151.4	134.9	119.1	123.6	133.9
C	JE20	68.4	68.7	77.7	129.6	92.0	89.2	89.4	87.7
C	JE21	155.8	161.6	165.4	141.7	153.0	150.8	151.6	154.5
D	JE02	63.3	69.1	83.4	80.5	97.3	98.9	53.7	77.9
D	JE03	57.7	90.1	77.1	49.0	52.8	61.3	65.5	64.8
D	JE04	74.2	69.0	64.7	68.2	72.7	58.3	66.4	67.7
D	JE06	36.8	61.8	66.3	73.6	61.8	53.6	63.2	59.5
D	JE07	38.8	52.5	45.8	63.7	45.0	64.5	41.5	50.3
D	JE08	115.2	144.3	124.2	105.1	140.8	163.5	136.2	132.7
D	JE11	107.1	81.6	108.4	83.5	130.7	104.7	114.2	104.2
D	JE12	26.7	41.9	32.5	28.9	48.4	35.4	25.7	34.2
D	JE13	78.3	92.5	76.9	79.0	76.8	77.6	75.1	79.5
D	JE14	85.8	115.6	117.6	112.1	132.5	98.2	98.7	108.6
D	JE15	37.6	41.8	49.9	44.6	45.9	37.0	49.6	43.8
D	JE18	127.3	132.0	146.2	144.3	150.2	145.9	117.0	137.5
D	JE20	60.1	41.6	72.6	60.4	52.4	55.0	42.9	55.0
D	JE21	127.9	132.0	164.0	164.9	148.3	143.8	172.2	150.5

Tabela 41– Média de metros perfurados por turno e equipamento

Metros perfurados / Turno	dias do turno(1-7)							
Equipamento	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
JE02	82.53	79.59	84.09	77.80	89.23	78.61	81.44	81.90
JE03	72.39	73.10	81.67	78.16	86.83	69.30	66.49	75.42
JE04	65.89	74.62	66.89	69.87	78.65	66.10	63.15	69.32
JE06	33.11	42.98	39.61	44.53	33.41	44.34	40.15	39.73
JE07	30.09	41.50	34.44	32.91	28.27	35.09	29.40	33.24
JE08	116.43	122.30	122.04	117.07	118.00	145.00	130.19	124.44
JE11	89.59	88.92	97.12	102.90	109.14	108.46	97.77	99.26
JE12	28.87	33.24	29.71	27.90	34.22	32.69	29.27	30.85
JE13	66.36	72.79	64.90	77.83	72.23	68.02	67.15	69.90
JE14	105.27	126.30	112.33	119.43	120.87	119.55	113.09	116.69
JE15	40.20	42.33	46.90	43.14	46.04	45.53	45.53	44.24
JE18	117.69	117.12	136.85	132.21	125.15	125.23	119.12	124.75
JE20	67.04	62.11	76.12	84.20	71.43	64.33	74.78	71.42
JE21	141.92	152.70	167.16	154.06	162.28	160.58	165.34	157.71

75.53	80.76	82.85	83.00	84.05	83.06	80.21
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

As tabelas acima mostram em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Equipamento(linha).

Pode-se notar que o primeiro e o ultimo dia do rodízio são os que possuem a menor produtividade e que necessitaram de maiores medidas de controle.

Tabela 42– Coeficiente de Produtividade por turma e equipamento

Tabela 42 - Coeficiente de Produtividade por turma e equipamento								
Coeficiente		dias do turno(1-7)						
Turma	Equip.	1	2	3	4	5	6	7
A	JE02	1.22	1.10	0.88	0.84	1.01	0.68	1.52
A	JE03	0.81	0.60	0.86	1.43	1.08	0.80	1.03
A	JE04	0.85	1.12	0.95	1.05	1.00	1.14	1.03
A	JE06	0.98	0.69	0.43	0.97	0.80	1.32	1.35
A	JE07	0.96	0.50	0.79	0.51	0.51	0.46	0.60
A	JE08	1.06	1.19	1.15	0.55	0.88	0.97	0.94
A	JE11	1.04	1.20	0.99	1.23	1.00	1.11	1.07
A	JE12	0.71	1.19	0.90	0.99	0.95	1.08	1.07
A	JE13	0.66	0.97	0.86	1.23	0.95	0.62	0.63
A	JE14	0.94	1.06	0.88	0.90	0.92	1.03	1.10
A	JE15	0.95	0.95	1.51	0.94	1.15	1.26	1.02
A	JE18	0.99	0.74	0.93	0.84	0.86	0.91	1.00
A	JE20	1.00	0.75	0.83	1.21	1.02	0.71	1.19
A	JE21	0.90	1.03	1.11	1.08	1.08	1.16	1.13
B	JE02	1.27	1.03	0.95	0.87	1.20	0.88	0.78
B	JE03	1.07	0.79	1.18	0.85	1.49	1.07	0.52
B	JE04	1.06	0.95	0.92	0.78	1.19	1.04	0.74
B	JE06	0.49	1.08	1.05	0.72	0.22	0.91	0.73
B	JE07	0.55	1.53	1.26	0.88	0.63	0.82	0.75

Coeficiente		dias do turno(1-7)						
Turma	Equip.	1	2	3	4	5	6	7
B	JE08	1.06	0.83	1.02	1.22	1.39	1.13	1.23
B	JE11	0.71	0.71	0.80	0.83	0.92	0.89	0.66
B	JE12	1.25	0.84	0.93	0.78	0.82	0.82	0.93
B	JE13	0.83	0.91	0.89	0.83	0.97	1.31	1.06
B	JE14	0.90	0.92	0.92	1.21	0.84	1.07	0.82
B	JE15	0.96	0.81	0.73	0.96	0.82	0.97	0.96
B	JE18	0.84	0.90	0.98	1.03	0.87	0.98	0.89
B	JE20	0.96	1.18	1.34	0.84	0.95	0.89	1.15
B	JE21	0.90	0.99	1.03	0.88	1.12	1.04	1.00
C	JE02	0.79	0.93	1.25	1.11	0.97	1.08	1.01
C	JE03	1.20	1.27	1.27	1.22	1.34	0.99	1.11
C	JE04	0.82	1.24	1.05	1.21	1.30	0.78	0.92
C	JE06	0.93	0.97	0.79	0.95	0.79	0.88	0.39
C	JE07	0.94	1.34	0.72	0.63	1.05	1.03	0.96
C	JE08	0.70	0.74	0.75	1.18	0.40	1.24	0.90
C	JE11	0.79	0.91	1.02	1.24	1.17	1.32	1.07
C	JE12	0.92	0.93	0.97	0.90	1.11	1.21	0.97
C	JE13	1.18	0.96	0.86	1.26	1.11	0.85	1.09
C	JE14	1.03	1.35	1.04	1.03	1.25	1.16	1.12
C	JE15	0.88	1.13	0.86	0.99	1.15	1.04	1.02
C	JE18	0.92	1.05	1.30	1.21	1.08	0.96	0.99
C	JE20	0.96	0.96	1.09	1.81	1.29	1.25	1.25
C	JE21	0.99	1.02	1.05	0.90	0.97	0.96	0.96
D	JE02	0.77	0.84	1.02	0.98	1.19	1.21	0.66
D	JE03	0.76	1.19	1.02	0.65	0.70	0.81	0.87
D	JE04	1.07	1.00	0.93	0.98	1.05	0.84	0.96
D	JE06	0.93	1.55	1.67	1.85	1.56	1.35	1.59
D	JE07	1.17	1.58	1.38	1.92	1.35	1.94	1.25
D	JE08	0.93	1.16	1.00	0.84	1.13	1.31	1.09
D	JE11	1.08	0.82	1.09	0.84	1.32	1.05	1.15
D	JE12	0.87	1.36	1.05	0.94	1.57	1.15	0.83
D	JE13	1.12	1.32	1.10	1.13	1.10	1.11	1.07
D	JE14	0.73	0.99	1.01	0.96	1.14	0.84	0.85
D	JE15	0.85	0.94	1.13	1.01	1.04	0.84	1.12
D	JE18	1.02	1.06	1.17	1.16	1.20	1.17	0.94
D	JE20	0.84	0.58	1.02	0.85	0.73	0.77	0.60
D	JE21	0.81	0.84	1.04	1.05	0.94	0.91	1.09

Tabela 43– Coeficiente de Produtividade por equipamento

Coeficiente	dias do turno(1-7)						
Turma	1	2	3	4	5	6	7
JE02	1.01	0.97	1.03	0.95	1.09	0.96	0.99
JE03	0.96	0.97	1.08	1.04	1.15	0.92	0.88
JE04	0.95	1.08	0.97	1.01	1.13	0.95	0.91
JE06	0.83	1.08	1.00	1.12	0.84	1.12	1.01

Coeficiente	dias do turno(1-7)						
JE07	0.91	1.25	1.04	0.99	0.88	1.06	0.88
JE08	0.94	0.98	0.98	0.94	0.95	1.17	1.05
JE11	0.90	0.91	0.98	1.04	1.10	1.09	0.98
JE12	0.94	1.08	0.96	0.90	1.11	1.06	0.95
JE13	0.95	1.04	0.93	1.11	1.03	0.97	0.96
JE14	0.90	1.08	0.96	1.02	1.04	1.02	0.97
JE15	0.91	0.96	1.06	0.98	1.04	1.03	1.03
JE18	0.94	0.94	1.10	1.06	1.00	1.00	0.95
JE20	0.94	0.87	1.07	1.18	1.00	0.90	1.05
JE21	0.90	0.97	1.06	0.98	1.03	1.02	1.05

0.93	1.01	1.01	1.02	1.03	1.02	0.98
------	------	------	------	------	------	------

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,05 são mostrados em azul e valores menores que 0,95 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o primeiro e o ultimo dia são os mais críticos.

Análise da produtividade dos Jumbos detalhados em função do dia da semana

Tabela 44– Média de metros perfurados por turno e jumbo

Metros perfurados / Turno		Dia da semana							Total geral
Turma	Equip.	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
A	JE02	74.00	78.90	75.83	64.56	111.71	89.39	99.53	84.70
A	JE03	56.67	85.67	50.41	67.04	65.93	98.61	75.88	71.46
A	JE04	66.66	63.78	61.67	80.52	72.73	76.54	73.19	70.75
A	JE06	28.80	52.48	43.88	32.74	35.94	31.73	36.54	37.25
A	JE07	31.50	17.49	16.78	21.60	19.20	15.91	21.00	20.46
A	JE08	136.23	126.78	135.99	95.22	77.52	134.08	134.10	119.23
A	JE11	135.00	107.41	70.18	94.14	114.64	110.96	125.24	108.02
A	JE12	31.04	27.25	22.55	32.31	36.69	27.34	35.38	30.34
A	JE13	51.77	43.87	61.59	65.80	75.06	58.84	56.46	59.08
A	JE14	119.28	101.36	121.81	92.87	133.13	115.02	114.01	113.89
A	JE15	51.63	55.44	35.00	46.51	45.36	56.00	54.06	49.11
A	JE18	118.09	118.74	93.41	118.59	112.41	109.49	112.13	111.79
A	JE20	68.78	68.98	69.65	71.58	84.49	49.58	66.88	68.52
A	JE21	181.17	156.86	153.72	177.89	160.56	164.90	187.55	168.91
B	JE02	85.38	79.12	70.71	79.25	89.07	86.78	81.17	81.53
B	JE03	76.16	69.29	70.82	92.06	81.84	77.51	75.74	74.82
B	JE04	74.01	63.54	49.93	64.06	73.48	61.33	78.02	66.25
B	JE06	31.32	36.72	47.59	7.59	21.42	38.52	24.19	29.58
B	JE07	29.40	30.66	20.15	49.60	34.06	25.44	24.59	30.43
B	JE08	128.63	124.75	149.65	129.46	141.20	160.80	147.28	140.24

Metros perfurados / Turno		Dia da semana							
Turma	Equip.	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
B	JE11	69.27	74.18	67.00	81.29	77.92	82.74	94.57	78.10
B	JE12	24.78	28.72	33.47	25.84	39.57	20.60	23.54	28.03
B	JE13	57.03	55.34	59.67	83.10	68.27	68.62	83.90	67.97
B	JE14	125.46	101.36	105.51	82.76	110.33	134.45	119.34	111.38
B	JE15	34.67	36.72	46.47	36.20	45.85	41.07	34.14	39.31
B	JE18	134.37	106.85	108.07	116.70	111.03	116.65	116.38	115.69
B	JE20	99.01	72.49	77.77	64.68	64.70	55.71	67.96	74.60
B	JE21	154.60	168.91	147.49	152.88	138.88	172.14	163.66	157.01
C	JE02	84.76	64.65	55.78	105.25	108.67	90.98	75.43	83.45
C	JE03	89.72	75.80	70.88	101.11	84.75	110.86	101.81	90.69
C	JE04	77.06	66.44	63.71	83.32	67.01	67.50	84.10	72.60
C	JE06	41.09	37.90	14.58	16.74	55.54	34.02	26.28	32.39
C	JE07	15.11	31.63	38.80	30.30	33.29	32.41	39.39	31.66
C	JE08	131.30	128.10	112.10	77.03	83.04	95.25	109.28	105.16
C	JE11	108.24	102.20	98.77	104.14	137.23	104.13	90.89	106.50
C	JE12	27.06	31.70	28.19	37.00	38.85	29.18	23.56	30.81
C	JE13	35.21	68.15	89.70	82.56	77.90	72.07	84.58	73.00
C	JE14	139.94	137.25	114.97	125.47	133.72	142.44	137.18	132.98
C	JE15	47.93	50.28	45.58	42.29	49.14	37.77	40.15	44.71
C	JE18	139.91	129.53	136.66	129.06	110.26	128.86	164.08	133.90
C	JE20	96.16	98.44	63.59	97.22	82.77	92.49	83.55	87.72
C	JE21	159.40	158.61	160.42	142.84	147.50	158.07	154.26	154.48
D	JE02	68.18	66.59	91.43	76.14	77.42	79.23	86.05	77.94
D	JE03	41.53	64.63	71.27	57.98	84.15	86.61	46.85	64.80
D	JE04	70.08	59.90	77.75	61.68	65.12	62.03	77.07	67.66
D	JE06	44.55	62.28	52.74	80.69	82.80	61.43	34.26	59.46
D	JE07	51.20	51.05	53.13	48.96	37.51	62.56	46.80	50.26
D	JE08	144.30	138.45	130.36	89.82	124.48	156.18	149.53	132.69
D	JE11	105.29	111.86	82.43	94.62	113.51	111.67	111.30	104.20
D	JE12	21.27	40.67	39.62	34.07	34.17	27.72	41.42	34.17
D	JE13	85.54	70.27	81.87	82.06	71.44	85.69	79.33	79.47
D	JE14	111.95	102.97	96.60	109.16	120.61	115.01	104.33	108.59
D	JE15	43.33	50.59	44.05	38.50	39.26	42.97	47.74	43.78
D	JE18	138.95	144.56	132.90	133.66	139.55	133.09	140.10	137.51
D	JE20	40.48	48.10	69.27	57.37	56.45	64.30	48.47	55.03
D	JE21	159.63	168.70	129.74	143.13	121.46	153.06	178.22	150.47

Tabela 45– Média de metros perfurados por turno e equipamento

Metros perfurados / Turno	dias da semana							
Equipamento	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
JE02	78.01	72.18	73.62	81.08	96.80	86.67	85.65	81.90
JE03	65.89	73.80	65.88	79.36	74.26	93.49	74.92	75.42
JE04	71.93	63.41	63.34	72.38	69.56	66.85	78.06	69.32
JE06	36.65	47.26	39.89	33.98	48.71	41.59	30.38	39.73
JE07	31.78	32.87	32.34	37.57	30.96	34.14	32.87	33.24
JE08	135.11	129.52	132.46	98.29	106.34	136.58	135.06	124.44
JE11	104.42	98.93	79.62	93.64	111.05	102.33	105.60	99.26
JE12	26.03	32.13	31.00	32.31	37.31	26.23	31.01	30.85
JE13	57.51	59.51	73.25	78.33	73.19	71.31	76.02	69.90
JE14	124.07	110.84	109.65	102.55	124.52	126.81	118.61	116.69
JE15	44.37	48.28	42.78	40.89	44.90	44.42	44.04	44.24
JE18	132.79	125.01	117.84	124.52	118.35	122.06	133.00	124.75
JE20	75.99	72.02	70.06	72.62	72.15	65.67	71.65	71.42
JE21	163.72	163.27	147.74	154.25	142.12	162.02	171.02	157.71

82.02	80.65	77.11	78.70	82.16	84.30	84.85
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Equipamento(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a quarta-feira é o que apresenta menor produtividade.

Tabela 46– Coeficiente de Produtividade por turma e equipamento

Coeficiente	Dia da semana							
Turma	Equip.	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
A	JE02	0.90	0.96	0.93	0.79	1.36	1.09	1.22
A	JE03	0.75	1.14	0.67	0.89	0.87	1.31	1.01
A	JE04	0.96	0.92	0.89	1.16	1.05	1.10	1.06
A	JE06	0.72	1.32	1.10	0.82	0.90	0.80	0.92
A	JE07	0.95	0.53	0.50	0.65	0.58	0.48	0.63
A	JE08	1.09	1.02	1.09	0.77	0.62	1.08	1.08
A	JE11	1.36	1.08	0.71	0.95	1.15	1.12	1.26
A	JE12	1.01	0.88	0.73	1.05	1.19	0.89	1.15
A	JE13	0.74	0.63	0.88	0.94	1.07	0.84	0.81
A	JE14	1.02	0.87	1.04	0.80	1.14	0.99	0.98
A	JE15	1.17	1.25	0.79	1.05	1.03	1.27	1.22
A	JE18	0.95	0.95	0.75	0.95	0.90	0.88	0.90
A	JE20	0.96	0.97	0.98	1.00	1.18	0.69	0.94
A	JE21	1.15	0.99	0.97	1.13	1.02	1.05	1.19
B	JE02	1.04	0.97	0.86	0.97	1.09	1.06	0.99
B	JE03	1.01	0.92	0.94	1.22	0.82	1.03	1.00
B	JE04	1.07	0.92	0.72	0.92	1.06	0.88	1.13
B	JE06	0.79	0.92	1.20	0.19	0.54	0.97	0.61
B	JE07	0.88	0.92	0.61	1.49	1.02	0.77	0.74

Coeficiente Turma	Equip.	Dia da semana						
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
B	JE08	1.03	1.00	1.20	1.04	1.13	1.29	1.18
B	JE11	0.70	0.75	0.68	0.82	0.79	0.83	0.95
B	JE12	0.80	0.93	1.09	0.84	1.28	0.67	0.76
B	JE13	0.82	0.79	0.85	1.19	0.98	0.98	1.20
B	JE14	1.08	0.87	0.90	0.71	0.95	1.15	1.02
B	JE15	0.78	0.83	1.05	0.82	1.04	0.93	0.77
B	JE18	1.08	0.86	0.87	0.94	0.89	0.94	0.93
B	JE20	1.39	1.02	1.09	0.91	0.91	0.78	1.23
B	JE21	0.98	1.07	0.94	0.97	0.88	1.09	1.04
C	JE02	1.03	0.79	0.68	1.29	1.33	1.11	0.92
C	JE03	1.19	1.01	0.94	1.34	1.12	1.47	1.35
C	JE04	1.11	0.96	0.92	1.20	0.97	0.97	1.21
C	JE06	1.03	0.95	0.37	0.42	1.40	0.86	0.66
C	JE07	0.45	0.95	1.17	0.91	1.00	0.97	1.19
C	JE08	1.06	1.03	0.90	0.62	0.67	0.77	0.88
C	JE11	1.09	1.03	1.00	1.05	1.38	1.05	0.92
C	JE12	0.88	1.03	0.91	1.20	1.26	0.95	0.76
C	JE13	0.50	0.98	1.28	1.18	1.11	1.03	1.21
C	JE14	1.20	1.18	0.99	1.08	1.15	1.22	1.18
C	JE15	1.08	1.14	1.03	0.96	1.11	0.85	0.91
C	JE18	1.12	1.04	1.10	1.03	0.88	1.03	1.32
C	JE20	1.35	1.38	0.89	1.36	1.16	1.30	1.17
C	JE21	1.01	1.01	1.02	0.91	0.94	1.00	0.98
D	JE02	0.83	0.81	1.12	0.93	0.95	0.97	1.05
D	JE03	0.55	0.86	0.94	0.77	1.12	1.15	0.62
D	JE04	1.01	0.86	1.12	0.89	0.94	0.89	1.11
D	JE06	1.12	1.57	1.33	2.03	2.08	1.55	0.86
D	JE07	1.54	1.54	1.60	1.47	1.13	1.88	1.41
D	JE08	1.16	1.11	1.05	0.72	1.00	1.26	1.20
D	JE11	1.06	1.13	0.83	0.95	1.14	1.13	1.12
D	JE12	0.69	1.32	1.28	1.10	1.11	0.90	1.34
D	JE13	1.22	1.01	1.17	1.17	1.02	1.23	1.13
D	JE14	0.96	0.88	0.83	0.94	1.03	0.99	0.89
D	JE15	0.98	1.14	1.00	0.87	0.89	0.97	1.08
D	JE18	1.11	1.16	1.07	1.07	1.12	1.07	1.12
D	JE20	0.57	0.67	0.97	0.80	0.79	0.90	0.68
D	JE21	1.01	1.07	0.82	0.91	0.77	0.97	1.13

Metros perfurados / Turno	Equip.	dia da semana							Total geral
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
2	JE03	40.50	77.90	73.26	105.25	70.00	64.32	78.20	73.10
2	JE04	65.38	62.49	80.72	82.90	81.96	49.25	100.23	74.62
2	JE06	41.51	60.30	41.18	32.84	53.66	21.00	52.20	42.98
2	JE07	41.47	42.36	49.05	52.73	36.87	52.82	14.68	41.50
2	JE08	200.40	106.80	116.05	89.40	100.76	187.76	72.13	122.30
2	JE11	95.90	90.33	61.38	83.87	121.43	91.30	87.98	89.92
2	JE12	23.67	26.52	36.06	31.46	44.10	33.61	37.37	33.24
2	JE13	44.75	49.59	76.76	84.44	86.89	70.60	95.59	72.79
2	JE14	124.82	137.65	132.29	78.18	152.06	136.05	125.33	126.30
2	JE15	38.91	44.53	31.50	38.66	44.50	42.42	55.91	42.33
2	JE18	136.21	104.53	110.33	96.26	81.92	147.20	142.41	117.12
2	JE20	69.82	38.20	84.35	49.99	76.50	50.70	66.93	62.11
2	JE21	161.93	180.52	156.76	145.82	96.16	161.32	164.48	152.70
3	JE02	107.00	60.14	40.53	119.87	85.54	91.40	86.82	84.09
3	JE03	77.27	45.57	69.43	68.58	111.70	110.52	87.21	81.67
3	JE04	81.25	40.47	58.34	70.68	94.95	63.78	57.49	66.89
3	JE06	34.20	18.56	42.90	57.71	44.01	40.16	39.00	39.61
3	JE07	21.34	21.29	29.03	38.96	34.22	44.95	52.18	34.44
3	JE08	128.49	167.75	100.95	149.05	67.09	143.20	122.00	122.04
3	JE11	71.09	102.43	104.93	90.26	90.74	121.59	97.70	97.12
3	JE12	38.10	40.78	17.60	30.35	39.56	18.73	22.22	29.71
3	JE13	71.14	42.64	54.26	85.62	75.28	66.90	58.58	64.90
3	JE14	136.52	95.45	109.75	118.22	94.69	108.50	124.57	112.33
3	JE15	39.62	53.88	49.08	45.38	42.80	48.60	49.12	46.90
3	JE18	111.62	150.19	137.70	139.06	143.16	145.38	129.38	136.85
3	JE20	74.69	71.02	76.89	95.80	65.37	68.08	82.37	76.12
3	JE21	144.87	159.79	179.70	167.22	150.00	153.35	217.79	167.16
4	JE02	90.29	60.84	56.35	52.89	132.81	66.63	95.86	77.80
4	JE03	92.97	85.55	88.68	84.25	54.74	74.97	64.48	78.16
4	JE04	68.58	76.23	53.51	71.59	62.74	68.20	88.34	69.87
4	JE06	44.70	74.93	38.70	20.40	66.15	48.06	21.60	44.53
4	JE07	36.54	25.31	23.70	33.24	47.40	31.61	35.61	32.91
4	JE08	130.84	111.73	153.27	89.48	80.00	141.04	106.87	117.07
4	JE11	143.29	97.22	56.83	94.56	100.34	95.30	136.11	102.90
4	JE12	22.19	30.39	33.64	33.63	31.21	22.97	21.29	27.90
4	JE13	74.31	58.17	80.47	96.90	101.98	64.49	70.64	77.83
4	JE14	102.76	119.36	115.70	120.58	128.58	132.78	115.96	119.43
4	JE15	54.77	40.66	47.90	30.36	32.94	52.32	42.18	43.14
4	JE18	151.60	106.32	108.74	146.38	145.29	142.24	127.15	132.21
4	JE20	70.00	100.52	70.04	95.47	114.09	72.46	69.56	84.20
4	JE21	163.44	168.99	167.78	130.85	127.05	156.15	161.85	154.06
5	JE02	73.76	93.39	69.95	121.06	94.31	99.84	73.04	89.23
5	JE03	76.13	85.81	45.68	96.80	84.77	129.78	88.85	86.83
5	JE04	56.77	95.37	73.14	93.53	75.47	76.03	80.24	78.65
5	JE06	31.21	40.50	17.21	27.68	45.00	31.05	38.34	33.41
5	JE07	14.22	42.60	32.98	24.44	26.66	27.18	35.44	29.27
5	JE08	129.65	132.99	115.33	139.29	86.85	116.30	112.31	118.00
5	JE11	94.96	134.29	65.33	126.54	103.31	111.85	128.21	109.14

Metros perfurados / Turno	Equip.	dia da semana							Total geral
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
5	JE12	19.64	26.24	35.93	34.11	48.73	27.90	46.97	34.22
5	JE13	41.66	63.29	79.63	83.89	101.54	54.04	81.54	72.23
5	JE14	125.53	119.23	145.53	89.90	146.06	114.46	105.35	120.87
5	JE15	42.49	58.46	40.75	67.45	46.59	30.36	36.13	46.04
5	JE18	135.26	149.13	113.72	132.32	114.69	102.08	128.85	125.15
5	JE20	81.22	69.47	70.25	75.81	78.35	52.44	72.48	71.43
5	JE21	180.08	132.12	136.92	178.71	157.40	178.46	172.26	162.28
6	JE02	42.94	33.71	91.43	75.77	108.24	85.24	114.35	78.61
6	JE03	75.32	67.05	79.75	39.30	71.41	95.10	55.04	69.30
6	JE04	85.52	61.25	64.74	56.34	73.58	63.09	57.55	66.10
6	JE06	56.70	43.09	35.10	58.39	48.47	60.00	5.40	44.34
6	JE07	43.20	31.32	36.21	46.98	25.38	27.13	35.28	35.09
6	JE08	98.59	164.30	147.60	124.89	184.10	97.41	217.50	145.00
6	JE11	129.26	82.74	108.66	83.41	130.20	94.11	120.43	108.46
6	JE12	30.47	44.52	34.63	28.79	39.72	28.22	21.86	32.69
6	JE13	42.43	68.61	83.98	62.95	50.68	82.19	85.18	68.02
6	JE14	144.96	109.31	89.41	108.34	110.87	139.74	135.53	119.55
6	JE15	36.97	55.20	51.35	43.41	58.47	21.55	51.72	45.53
6	JE18	127.85	120.90	125.09	120.64	128.84	113.07	140.66	125.23
6	JE20	96.09	80.16	59.70	52.07	32.09	64.78	65.16	64.33
6	JE21	168.80	196.36	136.81	102.31	167.08	157.97	194.74	160.58
7	JE02	72.78	84.16	89.05	89.89	84.92	75.97	72.34	81.44
7	JE03	26.32	59.65	60.12	84.59	71.09	89.67	71.03	66.49
7	JE04	60.20	56.46	64.34	57.69	49.85	63.96	89.12	63.15
7	JE06	18.23	66.90	43.88	24.30	59.06	43.50	27.00	40.15
7	JE07	44.94	43.88	29.16	32.08	24.98	14.19	18.06	29.40
7	JE08	182.70	119.40	148.25	67.24	132.86	151.20	130.33	130.19
7	JE11	96.63	76.84	76.73	91.31	151.82	100.51	92.75	97.77
7	JE12	25.92	22.34	25.89	29.09	18.50	35.43	47.00	29.27
7	JE13	53.48	73.75	62.13	83.54	52.28	74.82	68.00	67.15
7	JE14	120.13	100.14	101.38	122.34	112.62	125.17	109.31	113.09
7	JE15	49.68	44.70	42.43	39.76	46.75	50.76	44.82	45.53
7	JE18	133.33	126.06	117.68	124.47	98.66	111.53	121.96	119.12
7	JE20	82.93	65.69	63.53	72.00	93.88	81.95	64.38	74.78
7	JE21	150.77	172.20	135.12	207.54	159.71	169.31	160.18	165.34

Tabela 49- Média de metros perfurados por turno e equipamento

Metros perfurados / Turno	dias do turno(1-7)							Total geral
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
JE02	78.01	72.18	73.62	81.08	96.80	86.67	85.65	81.90
JE03	65.89	73.80	65.88	79.36	74.26	93.49	74.92	75.42
JE04	71.93	63.41	63.34	72.38	69.56	66.85	78.06	69.32
JE06	36.65	47.26	39.89	33.98	48.71	41.59	30.38	39.73
JE07	31.78	32.87	32.34	37.57	30.96	34.14	32.87	33.24
JE08	135.11	129.52	132.46	98.29	106.34	136.58	135.06	124.44

Metros perfurados / Turno	dias do turno(1-7)							
JE11	104.42	98.93	79.62	93.64	111.05	102.33	105.60	99.26
JE12	26.03	32.13	31.00	32.31	37.31	26.23	31.01	30.85
JE13	57.51	59.51	73.25	78.33	73.19	71.31	76.02	69.90
JE14	124.07	110.84	109.65	102.55	124.52	126.81	118.61	116.69
JE15	44.37	48.28	42.78	40.89	44.90	44.42	44.04	44.24
JE18	132.79	125.01	117.84	124.52	118.35	122.06	133.00	124.75
JE20	75.99	72.02	70.06	72.62	72.15	65.67	71.65	71.42
JE21	163.72	163.27	147.74	154.25	142.12	162.02	171.02	157.71

82.02	80.65	77.11	78.70	82.16	84.30	84.85
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por dia do rodízio(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a quarta-feira é o que apresenta menor produtividade.

Tabela 50- Coeficiente de Produtividade por turma e por equipamento

Coeficiente dias do turno(1-7)	Equip.	dias da semana						
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
1	JE02	0.77	1.20	1.02	0.50	1.10	1.47	0.99
1	JE03	0.94	1.26	0.58	0.98	0.70	1.22	1.05
1	JE04	1.23	0.74	0.71	1.06	0.67	1.22	1.03
1	JE06	0.67	0.59	1.43	0.54	0.72	1.14	0.60
1	JE07	0.69	0.66	0.82	1.02	0.70	1.23	1.22
1	JE08	0.81	0.94	1.17	0.34	0.78	0.94	1.65
1	JE11	1.02	1.08	0.87	0.76	0.82	1.02	0.76
1	JE12	0.71	1.11	1.07	1.25	1.24	0.53	0.62
1	JE13	1.07	0.87	1.07	0.72	0.65	1.23	1.03
1	JE14	0.97	0.81	0.65	0.70	1.10	1.12	0.99
1	JE15	1.10	0.92	0.82	0.49	0.94	1.46	0.64
1	JE18	1.08	0.95	0.90	0.91	0.92	0.73	1.13
1	JE20	0.80	1.11	0.93	0.95	0.69	0.97	1.14
1	JE21	1.11	0.84	0.77	0.91	0.86	1.00	0.80
2	JE02	1.20	0.91	1.02	0.85	1.05	0.85	0.96
2	JE03	0.54	1.03	0.97	1.40	0.93	0.85	1.04
2	JE04	0.94	0.90	1.16	1.20	1.18	0.71	1.45
2	JE06	1.04	1.52	1.04	0.83	1.35	0.53	1.31
2	JE07	1.25	1.27	1.48	1.59	1.11	1.59	0.44
2	JE08	1.61	0.86	0.93	0.72	0.81	1.51	0.58
2	JE11	0.97	0.91	0.62	0.84	1.22	0.92	0.89
2	JE12	0.77	0.86	1.17	1.02	1.43	1.09	1.21
2	JE13	0.64	0.71	1.10	1.21	1.24	1.01	1.37
2	JE14	1.07	1.18	1.13	0.67	1.30	1.17	1.07
2	JE15	0.88	1.01	0.71	0.87	1.01	0.96	1.26
2	JE18	1.09	0.84	0.88	0.77	0.66	1.18	1.14
2	JE20	0.98	0.53	1.18	0.70	1.07	0.71	0.94
2	JE21	1.03	1.14	0.99	0.92	0.61	1.02	1.04

Coeficiente dias do turno(1-7)	Equip.	dias da semana						
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
3	JE02	1.31	0.73	0.49	1.46	1.04	1.12	1.06
3	JE03	1.02	0.60	0.92	0.91	1.48	1.47	1.16
3	JE04	1.17	0.58	0.84	1.02	1.37	0.92	0.83
3	JE06	0.86	0.47	1.08	1.45	1.11	1.01	0.98
3	JE07	0.64	0.64	0.87	1.17	1.03	1.35	1.57
3	JE08	1.03	1.35	0.81	1.20	0.54	1.15	0.98
3	JE11	0.72	1.03	1.06	0.91	0.91	1.22	0.98
3	JE12	1.24	1.32	0.57	0.98	1.28	0.61	0.72
3	JE13	1.02	0.61	0.78	1.23	1.08	0.96	0.84
3	JE14	1.17	0.82	0.94	1.01	0.81	0.93	1.07
3	JE15	0.90	1.22	1.11	1.03	0.97	1.10	1.11
3	JE18	0.89	1.20	1.10	1.11	1.15	1.17	1.04
3	JE20	1.05	0.99	1.08	1.34	0.92	0.95	1.15
3	JE21	0.92	1.01	1.14	1.06	0.95	0.97	1.38
4	JE02	1.10	0.74	0.69	0.65	1.62	0.81	1.17
4	JE03	1.23	1.13	1.18	1.12	0.73	0.99	0.85
4	JE04	0.99	1.10	0.77	1.03	0.91	0.98	1.27
4	JE06	1.13	1.89	0.97	0.51	1.67	1.21	0.54
4	JE07	1.10	0.76	0.71	1.00	1.43	0.95	1.07
4	JE08	1.05	0.90	1.23	0.72	0.64	1.13	0.86
4	JE11	1.44	0.98	0.57	0.95	1.01	0.96	1.37
4	JE12	0.72	0.99	1.09	1.09	1.01	0.74	0.69
4	JE13	1.06	0.83	1.15	1.39	1.46	0.92	1.01
4	JE14	0.88	1.02	0.99	1.03	1.10	1.14	0.99
4	JE15	1.24	0.92	1.08	0.69	0.74	1.18	0.95
4	JE18	1.22	0.85	0.87	1.17	1.16	1.14	1.02
4	JE20	0.98	1.41	0.98	1.34	1.60	1.01	0.97
4	JE21	1.04	1.07	1.06	0.83	0.81	0.99	1.03
5	JE02	0.90	1.14	0.85	1.48	1.15	1.22	0.89
5	JE03	1.01	1.14	0.61	1.28	1.12	1.72	1.18
5	JE04	0.82	1.38	1.06	1.35	1.09	1.10	1.16
5	JE06	0.79	1.02	0.43	0.70	1.13	0.78	0.97
5	JE07	0.43	1.28	0.99	0.74	0.80	0.82	1.07
5	JE08	1.04	1.07	0.93	1.12	0.70	0.93	0.90
5	JE11	0.96	1.35	0.66	1.27	1.04	1.13	1.29
5	JE12	0.64	0.85	1.16	1.11	1.58	0.90	1.52
5	JE13	0.60	0.91	1.14	1.20	1.45	0.77	1.17
5	JE14	1.08	1.02	1.25	0.77	1.25	0.98	0.90
5	JE15	0.96	1.32	0.92	1.52	1.05	0.69	0.82
5	JE18	1.08	1.20	0.91	1.06	0.92	0.82	1.03
5	JE20	1.14	0.97	0.98	1.06	1.10	0.73	1.01
5	JE21	1.14	0.84	0.87	1.13	1.00	1.13	1.09
6	JE02	0.52	0.41	1.12	0.93	1.32	1.04	1.40
6	JE03	1.00	0.89	1.06	0.52	0.95	1.26	0.73
6	JE04	1.23	0.88	0.93	0.81	1.06	0.91	0.83
6	JE06	1.43	1.08	0.88	1.47	1.22	1.51	0.14
6	JE07	1.30	0.94	1.09	1.41	0.76	0.82	1.06
6	JE08	0.79	1.32	1.19	1.00	1.48	0.78	1.75
6	JE11	1.30	0.83	1.09	0.94	1.31	0.95	1.21
6	JE12	0.99	1.44	1.12	0.93	1.29	0.91	0.71

Coeficiente dias do turno(1-7)	Equip.	dias da semana						
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
6	JE13	0.61	0.98	1.20	0.90	0.73	1.18	1.22
6	JE14	1.24	0.94	0.77	0.93	0.95	1.20	1.16
6	JE15	0.84	1.25	1.16	0.98	1.32	0.49	1.17
6	JE18	1.02	0.97	1.00	0.97	1.03	0.91	1.13
6	JE20	1.35	1.12	0.84	0.73	0.45	0.91	0.91
6	JE21	1.07	1.25	0.87	0.65	1.06	1.00	1.23
7	JE02	0.89	1.03	1.09	1.10	1.04	0.93	0.88
7	JE03	0.35	0.79	0.80	1.12	0.94	1.19	0.94
7	JE04	0.87	0.81	0.93	0.83	0.72	0.92	1.29
7	JE06	0.46	1.68	1.10	0.61	1.49	1.09	0.68
7	JE07	1.35	1.32	0.88	0.97	0.75	0.43	0.54
7	JE08	1.47	0.96	1.19	0.54	1.07	1.22	1.05
7	JE11	0.97	0.77	0.77	0.92	1.53	1.01	0.93
7	JE12	0.84	0.72	0.84	0.94	0.60	1.15	1.52
7	JE13	0.77	1.06	0.89	1.20	0.75	1.07	0.97
7	JE14	1.03	0.86	0.87	1.05	0.97	1.07	0.94
7	JE15	1.12	1.01	0.96	0.90	1.06	1.15	1.01
7	JE18	1.07	1.01	0.94	1.00	0.79	0.89	0.98
7	JE20	1.16	0.92	0.89	1.01	1.31	1.15	0.90
7	JE21	0.96	1.09	0.86	1.32	1.01	1.07	1.02

Tabela 51– Coeficiente de Produtividade por equipamento

Coeficiente Equip.	dias da semana						
	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
JE02	0.95	0.88	0.90	0.99	1.18	1.06	1.05
JE03	0.87	0.98	0.87	1.05	0.98	1.24	0.99
JE04	1.04	0.91	0.91	1.04	1.00	0.96	1.13
JE06	0.92	1.19	1.00	0.86	1.23	1.05	0.76
JE07	0.96	0.99	0.97	1.13	0.93	1.03	0.99
JE08	1.09	1.04	1.06	0.79	0.85	1.10	1.09
JE11	1.05	1.00	0.80	0.94	1.12	1.03	1.06
JE12	0.84	1.04	1.01	1.05	1.21	0.85	1.01
JE13	0.82	0.85	1.05	1.12	1.05	1.02	1.09
JE14	1.06	0.95	0.94	0.88	1.07	1.09	1.02
JE15	1.00	1.09	0.97	0.92	1.01	1.00	1.00
JE18	1.06	1.00	0.94	1.00	0.95	0.98	1.07
JE20	1.06	1.01	0.98	1.02	1.01	0.92	1.00
JE21	1.04	1.04	0.94	0.98	0.90	1.03	1.08

0.98	1.00	0.95	0.98	1.04	1.03	1.02
------	------	------	------	------	------	------

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,05 são mostrados em azul e valores menores que 0,95 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre quarta-feira a quinta-feira é o mais crítico.

APÊNDICE B – Análise Simbas

Análise da produtividade dos Simbas somados em função do dia do rodízio

Tabela 52– Dias dos rodízio da mineração por turma (simbas)

	dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
A	96	92	96	99	99	99	99	680
B	92	96	92	92	96	99	99	666
C	99	99	96	92	96	92	92	666
D	99	99	99	99	92	92	96	676
Total geral	386	386	383	382	383	382	386	2688

Tabela 53– Total de metros perfurados por turma e dia do rodízio da mineração (simbas)

metros perfurados	dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
A	2655.2	3045.4	2683.6	3238.4	3339.8	3115	2647.8	20725.2
B	2308.2	3026.4	2625.2	2662	3150.8	3530.8	2729.8	20033.2
C	2750	3299.6	2932.4	2672.4	3024.6	2640.8	3351.6	20671.4
D	3294	3727.8	3707.2	3355.9	2686.2	3076.6	3301.4	23149.1
Total geral	11007.4	13099.2	11948.4	11928.7	12201.4	12363.2	12030.6	84578.9

Tabela 54– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados / Turno	dia do rodízio(1-7)							
Turma	1	2	3	4	5	6	7	Média geral
A	27.66	33.10	27.95	32.71	33.74	31.46	26.75	30.48
B	25.09	31.53	28.53	28.93	32.82	35.66	27.57	30.08
C	27.78	33.33	30.55	29.05	31.51	28.70	36.43	31.04
D	33.27	37.65	37.45	33.90	29.20	33.44	34.39	34.24
Total geral	28.52	33.94	31.20	31.23	31.86	32.36	31.17	31.47

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Turma(linha).

Pode-se notar que o primeiro e o ultimo dia do rodízio são os que possuem a menor produtividade e que necessitaram de maiores medidas de controle.

Tabela 55– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente	dia do rodízio(1-7)							
operador	1	2	3	4	5	6	7	Média geral
A	0.91	1.09	0.92	1.07	1.11	1.03	0.88	0.97
B	0.83	1.05	0.95	0.96	1.09	1.19	0.92	0.96
C	0.89	1.07	0.98	0.94	1.02	0.92	1.17	0.99
D	0.97	1.10	1.09	0.99	0.85	0.98	1.00	1.09
Total geral	0.91	1.08	0.99	0.99	1.01	1.03	0.99	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o primeiro dia é o mais críticos.

Análise da produtividade dos Simbas somados em função do dia da semana

Tabela 56– Total de dias analisados da semana por turma

dia da semana	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	95	95	99	100	96	99	96	680
B	95	96	100	95	88	96	96	666
C	92	96	96	92	91	103	96	666
D	92	95	99	99	95	99	97	676
F	25	29	29	37	53	26	29	228
Total geral	399	411	423	423	423	423	414	2916

Tabela 57– Total de metros perfurados por turma e dia da semana

metros perfurados	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	2794.4	3082.2	2147.2	3018.6	3082.2	3123	3477.6	20725.2
B	2408.8	2625.4	3238.8	3077.2	2621.6	2681.2	3380.2	20033.2
C	2181.8	3053.2	2749.6	3024	2650.6	3511	3501.2	20671.4
D	2768.6	2766	3379.5	3159.2	3684.8	3980.4	3410.6	23149.1
F	0	0	0	0	0	0	0	0
Total geral	10153.6	11526.8	11515.1	12279	12039.2	13295.6	13769.6	84578.9

Tabela 58– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados / Turno	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	29.41	32.44	21.69	30.19	32.11	31.55	36.23	30.48
B	25.36	27.35	32.39	32.39	29.79	27.93	35.21	30.08
C	23.72	31.80	28.64	32.87	29.13	34.09	36.47	31.04
D	30.09	29.12	34.14	31.91	38.79	40.21	35.16	34.24
Total geral	25.45	28.05	27.22	29.03	28.46	31.43	33.26	31.46

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Tuma(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a segunda-feira e quarta-feira são os que apresentam menor produtividade.

Tabela 59– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente	dia da semana							
Turma	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
A	0.97	1.06	0.71	0.99	1.05	1.04	1.19	0.97
B	0.84	0.91	1.08	1.08	0.99	0.93	1.17	0.96
C	0.76	1.02	0.92	1.06	0.94	1.10	1.18	0.99
D	0.88	0.85	1.00	0.93	1.13	1.17	1.03	1.09
Total geral	0.86	0.96	0.93	1.01	1.03	1.06	1.14	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre segunda-feira a quarta-feira é o mais crítico.

Análise da produtividade dos Simbas somados em função do dia da semana e do rodízio

Tabela 60– Total de dias analisados da semana por dia do rodízio

	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	domingo	quarta	quinta	sabado	segunda	sexta	terça	Total geral
1	58	50	61	55	53	58	51	386
2	50	58	51	61	51	57	58	386
3	54	54	58	47	61	55	54	383
4	54	54	57	58	43	61	55	382
5	50	58	55	53	58	51	58	383
6	58	50	61	51	53	58	51	382
7	50	58	51	61	51	57	58	386
Total geral	374	382	394	386	370	397	385	2688

Tabela 61– Total de metros perfurados por dia do rodízio e dia da semana

metros perfurados	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
1	1490	1079	1544	1496	1524	2210	1664	11007
2	1259	2127	1308	1791	1962	1992	2661	13099
3	1679	1643	1616	1806	2106	1545	1554	11948
4	1176	1861	1811	1889	1443	1754	1995	11929
5	1433	1616	1956	1621	1755	1686	2134	12201
6	1618	1516	1839	1747	1625	2277	1742	12363
7	1499	1683	1441	1930	1625	1832	2021	12031
Total geral	10154	11527	11515	12279	12039	13296	13770	84579

Tabela 62– Média de metros perfurados por turno

Metros perfurados / Turno	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Médiageral
1	25.69	21.59	25.32	27.20	28.75	38.10	32.62	28.52
2	25.18	36.67	25.65	29.35	38.46	34.95	45.87	33.94
3	31.09	30.43	27.86	38.42	34.53	28.09	28.78	31.20
4	21.77	34.47	31.77	32.56	33.56	28.76	36.27	31.23
5	28.66	27.87	35.57	30.59	30.25	33.06	36.79	31.86
6	27.90	30.33	30.14	34.25	30.66	39.26	34.15	32.36
7	29.98	29.02	28.25	31.64	31.86	32.13	34.84	31.17
Média geral	27.15	30.17	29.23	31.81	32.54	33.49	35.77	31.47

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por dia do rodízio(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a segunda-feira e quarta-feira são os dias que apresentam menor produtividade.

Tabela 63– Coeficiente de Produtividade

Coeficiente	dia da semana							
dia do rodízio(1-7)	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Média geral
1	0.90	0.76	0.89	0.95	1.01	1.34	1.14	0.91
2	0.74	1.08	0.76	0.86	1.13	1.03	1.35	1.08
3	1.00	0.98	0.89	1.23	1.11	0.90	0.92	0.99
4	0.70	1.10	1.02	1.04	1.07	0.92	1.16	0.99
5	0.90	0.87	1.12	0.96	0.95	1.04	1.15	1.01
6	0.86	0.94	0.93	1.06	0.95	1.21	1.06	1.03
7	0.96	0.93	0.91	1.02	1.02	1.03	1.12	0.99
Total geral	0.86	0.96	0.93	1.01	1.03	1.06	1.14	

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,025 são mostrados em azul e valores menores que 0,975 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre segunda-feira a quarta-feira é o mais crítico.

Análise da produtividade dos Simbas detalhados em função do dia do rodízio

Tabela 64– Média de metros perfurados por turno e simba

Tabela 04- Medida de metros perfurados por turno e sítio									
Metros perfurados / Turno	Equip.	dias do rodízio(1-7)							Total geral
Turma		1	2	3	4	5	6	7	
A	JE09	39.44	36.23	30.23	36.13	32.39	32.62	22.06	32.68
A	JE16	28.59	23.61	33.42	44.60	42.35	35.45	39.51	35.51
A	JE19	18.14	35.12	17.67	18.19	23.74	25.27	25.14	23.26
A	JE22	13.84	49.60	33.00	25.16	39.78	33.02	3.91	27.99
B	JE09	24.72	40.08	30.47	26.99	35.07	36.40	20.42	30.62
B	JE16	27.26	24.89	35.47	31.81	40.89	36.55	37.94	33.61

Metros perfurados / Turno		dias do rodízio(1-7)							
Turma	Equip.	1	2	3	4	5	6	7	Total geral
B	JE19	27.38	33.13	24.87	28.83	21.02	36.35	27.29	28.47
B	JE22	11.10	20.29	8.30	25.90	33.82	27.96	17.40	20.96
C	JE09	23.43	26.92	21.56	30.09	34.83	21.33	33.63	27.36
C	JE16	35.91	35.72	44.77	30.14	31.09	36.45	45.12	37.01
C	JE19	19.66	35.49	23.55	27.85	25.75	25.20	25.82	26.20
C	JE22	40.00	40.44	34.09	25.20	39.11	38.75	49.55	38.18
D	JE09	23.94	34.68	36.99	25.34	25.35	35.01	35.83	31.01
D	JE16	40.47	46.14	38.86	41.93	32.25	31.99	32.38	37.85
D	JE19	32.22	30.81	34.85	37.94	29.75	33.22	39.23	34.03
D	JE22	43.89	39.93	42.22	23.18	30.30	33.75	21.76	33.63

Tabela 65– Média de metros perfurados por turno e equipamento

Metros perfurados / Turno		dias do rodízio(1-7)							
Equipamento		1	2	3	4	5	6	7	Total geral
JE09		27.84	34.40	29.87	29.67	31.97	31.45	27.83	30.43
JE16		33.19	32.80	38.16	37.33	36.73	35.14	38.68	36.00
JE19		24.35	33.62	25.33	28.20	25.01	30.04	29.34	27.99
JE22		27.67	37.22	30.01	24.82	35.91	33.20	22.40	30.18

28.26	34.51	30.84	30.00	32.40	32.46	29.56
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

As tabelas acima mostram em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Equipamento(linha).

Pode-se notar que o primeiro e o ultimo dia do rodízio são os que possuem a menor produtividade e que necessitaram de maiores medidas de controle.

Tabela 66– Coeficiente de Produtividade por turma e equipamento

Coeficiente		dias do rodízio(1-7)							
Turma	Equip.	1	2	3	4	5	6	7	
A	JE09	1.30	1.19	0.99	1.19	1.06	1.07	0.73	
A	JE16	0.79	0.66	0.93	1.24	1.18	0.98	1.10	
A	JE19	0.65	1.25	0.63	0.65	0.85	0.90	0.90	
A	JE22	0.46	1.64	1.09	0.83	1.32	1.09	0.13	
B	JE09	0.81	1.32	1.00	0.89	1.15	1.20	0.67	
B	JE16	0.76	0.69	0.99	0.88	1.14	1.02	1.05	
B	JE19	0.98	1.18	0.89	1.03	0.75	1.30	0.97	
B	JE22	0.37	0.67	0.27	0.86	1.12	0.93	0.58	
C	JE09	0.77	0.88	0.71	0.99	1.14	0.70	1.11	
C	JE16	1.00	0.99	1.24	0.84	0.86	1.01	1.25	
C	JE19	0.70	1.27	0.84	0.99	0.92	0.90	0.92	
C	JE22	1.33	1.34	1.13	0.83	1.30	1.28	1.64	
D	JE09	0.79	1.14	1.22	0.83	0.83	1.15	1.18	
D	JE16	1.12	1.28	1.08	1.16	0.90	0.89	0.90	
D	JE19	1.15	1.10	1.25	1.36	1.06	1.19	1.40	
D	JE22	1.45	1.32	1.40	0.77	1.00	1.12	0.72	

Tabela 67– Coeficiente de Produtividade por equipamento

Coeficiente	dias do rodízio(1-7)						
Equipamento	1	2	3	4	5	6	7
JE09	0.91	1.13	0.98	0.98	1.05	1.03	0.91
JE16	0.92	0.91	1.06	1.04	1.02	0.98	1.07
JE19	0.87	1.20	0.90	1.01	0.89	1.07	1.05
JE22	0.92	1.23	0.99	0.82	1.19	1.10	0.74

0.91	1.12	0.99	0.96	1.04	1.05	0.94
------	------	------	------	------	------	------

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,05 são mostrados em azul e valores menores que 0,95 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o primeiro e o ultimo dia são os mais críticos.

Análise da produtividade dos Simbas detalhados em função do dia da semana

Tabela 68– Média de metros perfurados por turno e jumbo

Metros perfurados / Turno		dia da semana							
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
Turma	Equip.								Total geral
A	JE09	34.26	36.63	27.62	28.94	29.26	31.25	41.12	32.68
A	JE16	40.53	34.62	25.83	31.75	42.41	35.37	38.53	35.51
A	JE19	16.78	22.98	8.94	28.59	29.73	28.16	27.10	23.26
A	JE22	12.73	38.60	26.67	34.22	12.45	29.89	39.62	27.99
B	JE09	24.07	24.27	41.82	30.88	25.15	35.54	31.86	30.62
B	JE16	27.40	39.11	27.32	40.25	38.52	20.37	42.83	33.61
B	JE19	28.60	18.64	31.97	25.86	27.27	31.82	34.78	28.47
B	JE22	13.47	24.53	18.69	30.65	22.43	16.09	22.27	20.96
C	JE09	18.90	28.51	23.59	38.68	23.57	26.11	32.25	27.36
C	JE16	32.99	47.60	36.77	31.48	30.79	39.39	39.38	37.01
C	JE19	14.92	19.56	27.33	27.02	25.76	30.00	38.15	26.20
C	JE22	36.15	26.87	22.33	35.88	57.80	54.50	35.80	38.18
D	JE09	22.71	24.43	38.05	24.60	38.09	30.75	38.18	31.01
D	JE16	44.47	34.43	31.47	35.18	29.10	48.26	42.20	37.85
D	JE19	24.55	28.88	26.25	37.46	45.21	45.74	29.46	34.03
D	JE22	22.78	27.73	54.40	28.56	56.03	27.80	19.38	33.63

Tabela 69– Média de metros perfurados por turno e equipamento

Metros perfurados / Turno	dia da semana							
Equipamento	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
JE09	25.06	28.46	32.84	30.64	29.13	30.84	35.85	30.43
JE16	36.31	38.94	30.30	34.67	35.19	36.00	40.74	36.00
JE19	21.21	22.45	23.66	29.81	32.12	33.92	32.34	27.99
JE22	20.80	29.43	30.52	32.27	36.98	32.68	29.27	30.18

25.84	29.82	29.33	31.85	33.35	33.36	34.55
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por Equipamento(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto a segunda-feira e quarta-feira são os que apresentam menor produtividade.

Tabela 70– Coeficiente de Produtividade por turma e equipamento

Coeficiente		dia da semana						
Turma	Equip.	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
A	JE09	1.13	1.20	0.91	0.95	0.96	1.03	1.35
A	JE16	1.13	0.96	0.72	0.88	1.18	0.98	1.07
A	JE19	0.60	0.82	0.32	1.02	1.06	1.01	0.97
A	JE22	0.42	1.28	0.88	1.13	0.41	0.99	1.31
B	JE09	0.79	0.80	1.37	1.01	0.83	1.17	1.05
B	JE16	0.76	1.09	0.76	1.12	1.07	0.57	1.19
B	JE19	1.02	0.67	1.14	0.92	0.97	1.14	1.24
B	JE22	0.45	0.81	0.62	1.02	0.74	0.53	0.74
C	JE09	0.62	0.94	0.78	1.27	0.77	0.86	1.06
C	JE16	0.92	1.32	1.02	0.87	0.86	1.09	1.09
C	JE19	0.53	0.70	0.98	0.97	0.92	1.07	1.36
C	JE22	1.20	0.89	0.74	1.19	1.91	1.81	1.19
D	JE09	0.75	0.80	1.25	0.81	1.25	1.01	1.25
D	JE16	1.24	0.96	0.87	0.98	0.81	1.34	1.17
D	JE19	0.88	1.03	0.94	1.34	1.62	1.63	1.05
D	JE22	0.75	0.92	1.80	0.95	1.86	0.92	0.64

Tabela 71– Coeficiente de Produtividade por equipamento

Coeficiente	dia da semana						
Equipamento	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
JE09	0.82	0.94	1.08	1.01	0.96	1.01	1.18
JE16	1.01	1.08	0.84	0.96	0.98	1.00	1.13
JE19	0.76	0.80	0.85	1.06	1.15	1.21	1.16
JE22	0.69	0.98	1.01	1.07	1.23	1.08	0.97

0.82	0.95	0.94	1.03	1.08	1.08	1.11
------	------	------	------	------	------	------

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,05 são mostrados em azul e valores menores que 0,95 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre segunda-feira a quarta-feira é o mais crítico.

Análise da produtividade dos Simbas detalhados em função do dia da semana e do rodízio

Tabela 72– Média de metros perfurados por turno e jumbo

Metros perfurados / Turno	Equip	dia da semana							Total geral
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	
1	JE09	21.14	20.36	34.04	25.84	20.25	34.58	38.10	27.84
1	JE16	36.92	31.71	21.62	32.46	40.46	41.91	27.45	33.19
1	JE19	17.86	17.59	14.65	20.88	28.39	40.38	31.17	24.35
1	JE22	26.53	0.00	39.63	34.20	16.55	31.17	36.80	27.67
2	JE09	20.13	41.80	27.73	24.44	41.95	33.60	50.26	34.40
2	JE16	24.69	39.08	27.38	33.00	23.56	35.59	43.79	32.80
2	JE19	33.46	23.06	22.17	31.35	45.73	37.91	41.79	33.62
2	JE22	18.40	50.33	23.55	27.70	56.85	28.04	49.87	37.22
3	JE09	31.32	15.67	27.52	43.20	37.74	24.53	29.86	29.87
3	JE16	45.21	43.65	30.18	41.49	40.06	36.11	31.05	38.16
3	JE19	19.08	25.93	26.14	25.94	29.38	27.06	23.09	25.33
3	JE22	18.28	49.20	26.47	57.33	21.43	16.20	34.48	30.01
4	JE09	20.24	38.72	24.19	33.47	29.77	23.77	38.36	29.67
4	JE16	36.48	40.67	41.54	27.18	31.21	33.52	50.40	37.33
4	JE19	8.23	25.57	29.36	37.66	32.95	32.44	30.38	28.20
4	JE22	17.60	25.60	31.64	32.40	80.40	19.07	0.00	24.82
5	JE09	27.31	16.79	53.04	31.87	28.07	31.78	35.57	31.97
5	JE16	38.40	48.29	23.34	31.55	35.81	38.14	40.87	36.73
5	JE19	27.27	14.10	23.34	29.03	23.50	25.63	32.78	25.01
5	JE22	0.00	36.57	56.88	26.95	38.13	45.75	38.90	35.91
6	JE09	32.52	34.54	26.57	33.95	22.85	35.88	34.58	31.45
6	JE16	29.27	33.45	39.72	32.34	35.86	36.78	38.19	35.14
6	JE19	19.94	26.76	26.16	29.23	31.28	46.13	30.69	30.04
6	JE22	31.17	13.50	22.40	61.90	39.40	38.53	29.25	33.20
7	JE09	22.20	30.97	38.25	24.67	22.84	31.87	24.17	27.83
7	JE16	43.40	34.68	27.20	44.80	37.48	30.37	51.64	38.68
7	JE19	24.37	24.46	24.17	33.65	34.67	27.45	35.75	29.34
7	JE22	27.00	18.37	7.75	6.37	35.00	54.44	14.07	22.40

Tabela 73– Média de metros perfurados por turno e equipamento

Metros perfurados / Turno	dia da semana							
Equipamento	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo	Total geral
JE09	25.06	28.46	32.84	30.64	29.13	30.84	35.85	30.43
JE16	36.31	38.94	30.30	34.67	35.19	36.00	40.74	36.00
JE19	21.21	22.45	23.66	29.81	32.12	33.92	32.34	27.99
JE22	20.80	29.43	30.52	32.27	36.98	32.68	29.27	30.18
	25.84	29.82	29.33	31.85	33.35	33.36	34.55	

A tabela acima mostra em vermelho e em azul as duas piores e melhores produtividades respectivamente por dia do rodízio(linha).

Pode-se notar que o fim de semana são os dias que apresentam maior produtividade, enquanto segunda-feira e quarta-feira são os que apresentam menor produtividade.

Tabela 74– Coeficiente de Produtividade por turma e por equipamento

Coeficiente dias do turno(1-7)	Equip.	dia da semana						
		segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
1	JE09	0.69	0.67	1.12	0.85	0.67	1.14	1.25
1	JE016	1.03	0.88	0.60	0.90	1.12	1.16	0.76
1	JE19	0.64	0.63	0.52	0.75	1.01	1.44	1.11
1	JE22	0.88	0.00	1.31	1.13	0.55	1.03	1.22
2	JE09	0.66	1.37	0.91	0.80	1.38	1.10	1.65
2	JE016	0.69	1.09	0.76	0.92	0.65	0.99	1.22
2	JE19	1.20	0.82	0.79	1.12	1.63	1.35	1.49
2	JE22	0.61	1.67	0.78	0.92	1.88	0.93	1.65
3	JE09	1.03	0.51	0.90	1.42	1.24	0.81	0.98
3	JE016	1.26	1.21	0.84	1.15	1.11	1.00	0.86
3	JE19	0.68	0.93	0.93	0.93	1.05	0.97	0.83
3	JE22	0.61	1.63	0.88	1.90	0.71	0.54	1.14
4	JE09	0.66	1.27	0.79	1.10	0.98	0.78	1.26
4	JE016	1.01	1.13	1.15	0.75	0.87	0.93	1.40
4	JE19	0.29	0.91	1.05	1.35	1.18	1.16	1.09
4	JE22	0.58	0.85	1.05	1.07	2.66	0.63	0.00
5	JE09	0.90	0.55	1.74	1.05	0.92	1.04	1.17
5	JE016	1.07	1.34	0.65	0.88	0.99	1.06	1.14
5	JE19	0.97	0.50	0.83	1.04	0.84	0.92	1.17
5	JE22	0.00	1.21	1.88	0.89	1.26	1.52	1.29
6	JE09	1.07	1.13	0.87	1.12	0.75	1.18	1.14
6	JE016	0.81	0.93	1.10	0.90	1.00	1.02	1.06
6	JE19	0.71	0.96	0.93	1.04	1.12	1.65	1.10
6	JE22	1.03	0.45	0.74	2.05	1.31	1.28	0.97
7	JE09	0.73	1.02	1.26	0.81	0.75	1.05	0.79
7	JE016	1.21	0.96	0.76	1.24	1.04	0.84	1.43
7	JE19	0.87	0.87	0.86	1.20	1.24	0.98	1.28
7	JE22	0.89	0.61	0.26	0.21	1.16	1.80	0.47

Tabela 75– Coeficiente de Produtividade por equipamento

Coeficiente	dia da semana						
Equipamento	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	sabado	domingo
JE09	0.82	0.94	1.08	1.01	0.96	1.01	1.18
JE016	1.01	1.08	0.84	0.96	0.98	1.00	1.13
JE19	0.76	0.80	0.85	1.06	1.15	1.21	1.16
JE22	0.69	0.98	1.01	1.07	1.23	1.08	0.97

0.82	0.95	0.94	1.03	1.08	1.08	1.11
------	------	------	------	------	------	------

Para ter uma noção geral da mina, não apenas por turma, foi criada a tabela acima, que mostra o Coeficiente de Produtividade, que é a razão entre os metros perfurados por turno e a média da turma.

Valores maiores que 1,05 são mostrados em azul e valores menores que 0,95 são mostrados em vermelho.

Novamente nota-se que o fim de semana é o período que apresenta maior produtividade, e que o período entre quarta-feira a quinta-feira é o mais crítico.

APÊNDICE C – Análises dos turnos Jumbos JE21 e JE03

Dados referentes ao acompanhamento de 8 turnos dos Jumbos das três minas subterrâneas, representados pelos jumbos JE17, JE21 e JE03.

Segue os dados referentes aos jumbos JE21 e JE03.

Análise de turno do equipamento JE21

Tabela 76– Ciclo de perfuração

	média (s)
ciclo tirantes - 2,70m	
ciclo cavilha - 1,20m	
ciclo pesquisa - 5,20m	
ciclo furos falhos - 2,70m	
ciclo furos normais - 4,00m	190
ciclo furos alargados 4,00m	458
todos os furos	210

Tabela 77- Ciclo de “não-perfuração”

	média por turno(s)	média (s)	média por furo (s)
troca de bit	669	122	11
espera p/ tampar furo	1345	269	23
instalação [locomoção, instalação na energia, abater choco, APR, etc]	6470		110
espera [tempo em que o operador está no jumbo, mas o braço não está perfurando]	13858		235
espera por intervenção mecânica	0		0

Tabela 78- m/h que o Jumbo realiza

m/h[apenas furando e posicionando]	75.91	151.82
m/h[com troca de bit]	72.83	145.65
m/h[com troca de bit e espera p/ tampar furo]	64.34	128.68
m/h[com troca de bit, esp.p/ tampar e instalação]	43.18	86.36
m/h[todo o ciclo]	40.51	81.02
m/h[horas do operador na máquina com horas improdutivas]	24.46	48.91
m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]	14.75	29.50
m para perf/h[horas do operador na máquina com horas improdutivas]	24.46	48.91
m para perf/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]	14.75	29.50
	por braço	2 braços

m para perf = metros feitos nos furos para desmonte, excluindo tirantes, cavilhas e furos de pesquisa

Tabela 79 – Furos hipotéticos

	eventos	tempo(s)	m perf
ciclo tirantes - 2,70m	0	0	0.00
ciclo cavilha - 1,20m	0	0	0.00
ciclo pesquisa - 5,20m	0	0	0.00
ciclo furos falhos - 2,70m	0	0	0.00
ciclo furos normais - 4,00m	56	10623	224.00
ciclo furos alargados - 4,00m	5	2291	20.00
	61	12914	244.00

Tabela 80– Tempo em que a frente será furada com o rendimento atual

Com o rendimento atual será necessário				média (h)
horas do operador no jumbo[2 braços] com horas improdutivas	5.0	5.0	5.0	5.0
horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]	8.3	8.3	8.3	8.3

Tabela 81- Tempo realmente necessário para realização da tarefa

Tempo realmente necessário para realização da tarefa	2 braços [h]
apenas furando e posicionando	1.79
com troca de bit	1.89
com troca de bit e espera p/ tampar furo	2.08
com troca de bit, esp.p/ tampar furo e instalação	3.01

Analogamente, vemos que enquanto essa frente hipotética deveria levar apenas 3,01h[3h00min] para ser furada, isso contando já com o tempo de instalação do equipamento, espera da máquina para tampar os furos do piso e troca de bit, ela está levando atualmente 5,0h[5h00min] para ser furada do tempo que o operador está no Jumbo, se for contar com o tempo em que o operador não está no jumbo, essa frente leva 8,3h[8h18min] para ser furada.

Uma maneira de testar se os dados são representativos é analisando o “m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]] = 29,50 m/h” com os dados do mês de fevereiro. No mês de fevereiro o JE21 perfurou 15657,60 m, fornecendo m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]] = 24,77 m. Uma diferença de 16%, mostrando que os dias observados foram mais produtivos do que a média, ilustrando que a deficiência na produtividade do Jumbo é maior.

Isso nos evidencia claramente que se diminuirmos o tempo em que o operador está longe do Jumbo, ou do tempo de espera [tempo que o operador está no Jumbo, mas não está furando], teremos um aumento da produtividade muito elevado.

Análise de turno do equipamento JE03

Tabela 82- Ciclo de perfuração

	média (s)
ciclo tirantes - 2,70m	175
ciclo cavilha - 1,20m	
ciclo pesquisa - 5,20m	
ciclo furos falhos - 2,70m	
ciclo furos normais - 3,30m	241
ciclo furos alargados 3,30m	662
todos os furos	282

Tabela 83- Ciclo de “não-perfuração”

	média por turno(s)	média (s)	média por furo (s)
troca de bit	1010	135	22
espera p/ tampar furo	241	160	5
instalação [locomoção, instalação na energia, abater choco, APR, etc]	17071		367
espera [tempo em que o operador está no jumbo, mas o braço não está perfurando]	5099		110
espera por intervenção mecânica	5339		115
reperfuração	628		13

Tabela 84- m/h que o Jumbo realiza

m/h[apenas furando e posicionando]	49,23	98,47
m/h[com troca de bit]	45,92	91,84
m/h[com troca de bit e espera p/ tampar furo]	44,30	88,59
m/h[com troca de bit, esp.p/ tampar e instalação]	18,70	37,40
m/h[todo o ciclo]	17,74	35,47
/h[horas do operador na maquina com horas improdutivas]	13,00	26,00
m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]	9,59	19,18
m para perf/h[horas do operador na maquina com horas improdutivas]	13,00	26,00
m para perf/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]	9,59	19,18
	por braço	2 braços

m para perf = metros feitos nos furos para desmonte, excluindo tirantes, cavilhas e furos de pesquisa

Tabela 85– Furos hipotéticos

	eventos	tempo(s)	m perf
ciclo tirantes - 2,70m	0	0	0,00
ciclo cavilha - 1,20m	0	0	0,00
ciclo pesquisa - 5,20m	0	0	0,00
ciclo furos falhos - 2,70m	0	0	0,00
ciclo furos normais - 3,30m	56	13513	184,80
ciclo furos alargados - 3,30m	5	3310	16,50
	61	16823	201,30

Tabela 86– Tempo em que a frente será furada com o rendimento atual

Com o rendimento atual será necessário				média (h)
horas do operador no jumbo[2 braços] com horas improdutivas	7,6	7,7	7,7	7,7
horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]	10,2	10,5	10,5	10,4

Tabela 87- Tempo realmente necessário para realização da tarefa

Tempo realmente necessário para realização da tarefa	2 braços [h]
apenas furando e posicionando	2,34
com troca de bit	2,52
com troca de bit e espera p/ tampar furo	2,56
com troca de bit, esp.p/ tampar furo e instalação	5,67

Nota-se claramente que há uma queda muito grande na produtividade do Jumbo quando se considera a “instalação”, isso ocorre porque o jumbo JE03 foi muito usado para abatimento de choco, o que foi considerado no estudo como instalação.

Analogamente, vemos que enquanto essa frente hipotética deveria levar apenas 5,67h[5h40min] para ser furada, isso contando já com o tempo de instalação do equipamento, espera da máquina para tampar os furos do piso, troca de bit e grande quantidade de abatimento de choco, ela está levando atualmente 7,7h[7h42min] para ser furada do tempo que o operador está no Jumbo, se for contar com o tempo em que o operador não está no jumbo, essa frente leva 10,4h[10h24min] para ser furada.

Uma maneira de testar se os dados são representativos é analisando o “m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]= 19,18 m/h” com os dados do mês de fevereiro. No mês de fevereiro o JE03 perfurou 6759,90 m, m/h[horas no turno [contando as horas que o operador não está no jumbo]]= 10,70 m. Uma diferença de 44%, mostrando que os dias observados foram muito mais produtivos do que a média, ilustrando que a deficiência na produtividade do Jumbo é muito maior.

Isso nos evidencia claramente que se diminuirmos o tempo em que o operador está longe do Jumbo, ou do tempo de espera [tempo que o operador está no Jumbo, mas não está furando], teremos um aumento da produtividade muito elevado.

ANEXO A – Exemplo de tabelas fornecidas pela mineração – JE02

Tabela 88– Produção do JE02

Turno 1						Turno 2						Turno 3						
	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dias da semana	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dias da semana	
01/abr	2	60	188,1	D	1	quarta	0	0	0	A	4	quarta	0	0	0	B	6	quarta
02/abr	0	0	0	D	2	quinta	0	0	0	A	5	quinta	0	0	0	B	7	quinta
03/abr	2	42	129,8	C	1	sexta	3	82	251,8	D	3	sexta	0	0	0	A	6	sexta
04/abr	0	0	0	C	2	sábado	1	10	33	D	4	sábado	2	61	195,8	A	7	sábado
05/abr	1	4	8,8	C	3	domingo	3	41	118,2	D	5	domingo	0	0	0	F	0	domingo
06/abr	3	58	179,8	B	1	segunda	0	0	0	C	4	segunda	0	0	0	D	6	segunda
07/abr	2	81	256,5	B	2	terça	2	61	194,7	C	5	terça	2	39	125,1	D	7	terça
08/abr	0	0	0	A	1	quarta	2	14	15,2	B	3	quarta	3	17	37,7	C	6	quarta
09/abr	0	0	0	A	2	quinta	1	8	21,6	B	4	quinta	2	30	90,6	C	7	quinta
10/abr	1	82	270,6	A	3	sexta	1	50	165	B	5	sexta	0	0	0	F	0	sexta
11/abr	0	0	0	D	1	sábado	1	10	27	A	4	sábado	1	19	51,3	B	6	sábado
12/abr	0	0	0	D	2	domingo	0	0	0	A	5	domingo	2	35	109,5	B	7	domingo
13/abr	0	0	0	C	1	segunda	3	78	245,8	D	3	segunda	0	0	0	A	6	segunda
14/abr	0	0	0	C	2	terça	2	51	161,7	D	4	terça	1	29	95,7	A	7	terça
15/abr	0	0	0	C	3	quarta	0	0	0	D	5	quarta	0	0	0	F	0	quarta
16/abr	0	0	0	B	1	quinta	2	54	172,7	C	4	quinta	0	0	0	D	6	quinta
17/abr	0	0	0	B	2	sexta	0	0	0	C	5	sexta	0	0	0	D	7	sexta
18/abr	2	88	288,6	A	1	sábado	2	77	250,5	B	3	sábado	2	59	192,9	C	6	sábado
19/abr	2	68	216,6	A	2	domingo	0	0	0	B	4	domingo	0	0	0	C	7	domingo
20/abr	0	0	0	A	3	segunda	0	0	0	B	5	segunda	0	0	0	F	0	segunda
21/abr	3	63	198,4	D	1	terça	2	25	76,5	A	4	terça	2	48	139,7	B	6	terça
22/abr	1	36	118,8	D	2	quarta	1	9	19,8	A	5	quarta	2	41	128,7	B	7	quarta
23/abr	1	5	16,5	C	1	quinta	2	52	165,6	D	3	quinta	0	0	0	A	6	quinta
24/abr	3	43	107,7	C	2	sexta	3	74	232,6	D	4	sexta	2	54	167,2	A	7	sexta
25/abr	0	0	0	C	3	sábado	1	45	148,5	D	5	sábado	0	0	0	F	0	sábado
26/abr	3	57	177,2	B	1	domingo	2	56	178,2	C	4	domingo	3	57	177,6	D	6	domingo
27/abr	2	62	195,8	B	2	segunda	0	0	0	C	5	segunda	0	0	0	D	7	segunda
28/abr	2	66	212,3	A	1	terça	0	0	0	B	3	terça	1	5	11	C	6	terça
29/abr	1	40	132	A	2	quarta	2	61	193,6	B	4	quarta	2	30	93,5	C	7	quarta
30/abr	1	43	141,9	A	3	quinta	2	58	179,3	B	5	quinta	0	0	0	F	0	quinta
01/mai	0	0	0	D	1	sexta	2	30	93,5	A	4	sexta	2	34	104,5	B	6	sexta
02/mai	1	54	178,2	D	2	sábado	0	0	0	A	5	sábado	0	0	0	B	7	sábado
03/mai	0	0	0	C	1	domingo	3	61	189,7	D	3	domingo	3	79	242,5	A	6	domingo
04/mai	2	44	138,6	C	2	segunda	3	61	189,7	D	4	segunda	2	55	176	A	7	segunda
05/mai	2	61	194,7	C	3	terça	2	44	135,3	D	5	terça	0	0	0	F	0	terça
06/mai	2	62	185,1	B	1	quarta	2	18	53,9	C	4	quarta	3	72	227,1	D	6	quarta
07/mai	2	50	159,6	B	2	quinta	2	53	168,3	C	5	quinta	0	0	0	D	7	quinta
08/mai	0	0	0	A	1	sexta	0	0	0	B	3	sexta	0	0	0	C	6	sexta
09/mai	2	14	40,7	A	2	sábado	2	73	235,4	B	4	sábado	2	35	106,7	C	7	sábado
10/mai	2	53	169,4	A	3	domingo	2	35	108,9	B	5	domingo	0	0	0	F	0	domingo
11/mai	0	0	0	D	1	segunda	1	25	82,5	A	4	segunda	2	49	141,9	B	6	segunda
12/mai	3	82	257,9	D	2	terça	1	7	15,4	A	5	terça	3	57	175	B	7	terça
13/mai	2	16	45,1	C	1	quarta	1	38	125,4	D	3	quarta	0	0	0	A	6	quarta
14/mai	2	42	133,1	C	2	quinta	2	12	38,5	D	4	quinta	2	58	185,9	A	7	quinta
15/mai	2	26	33,2	C	3	sexta	1	30	99	D	5	sexta	0	0	0	F	0	sexta
16/mai	1	18	59,4	B	1	sábado	0	0	0	C	4	sábado	2	58	187,8	D	6	sábado
17/mai	2	40	125,4	B	2	domingo	2	38	88	C	5	domingo	0	0	0	D	7	domingo
18/mai	2	14	35,3	A	1	segunda	3	69	212,5	B	3	segunda	2	39	120,9	C	6	segunda
19/mai	2	53	169,4	A	2	terça	3	23	63,5	B	4	terça	2	45	146,2	C	7	terça
20/mai	0	0	0	A	3	quarta	3	58	180,5	B	5	quarta	0	0	0	F	0	quarta
21/mai	0	0	0	D	1	quinta	0	0	0	A	4	quinta	0	0	0	B	6	quinta
22/mai	2	24	61,6	D	2	sexta	2	62	201,6	A	5	sexta	2	37	116,7	B	7	sexta
23/mai	1	5	16,5	C	1	sábado	0	0	0	D	3	sábado	0	0	0	A	6	sábado
24/mai	2	60	189,2	C	2	domingo	2	16	46,2	D	4	domingo	2	45	143	A	7	domingo
25/mai	1	8	26,4	C	3	segunda	2	47	149,6	D	5	segunda	0	0	0	F	0	segunda
26/mai	2	52	168,2	B	1	terça	0	0	0	C	4	terça	1	7	15,4	D	6	terça
27/mai	2	31	84,7	B	2	quarta	1	40	132	C	5	quarta	0	0	0	D	7	quarta
28/mai	2	19	48	A	1	quinta	1	15	40,5	B	3	quinta	1	23	62,1	C	6	quinta
29/mai	0	0	0	A	2	sexta	0	0	0	B	4	sexta	0	0	0	C	7	sexta
30/mai	0	0	0	A	3	sábado	0	0	0	B	5	sábado	0	0	0	F	0	sábado
31/mai	0	0	0	D	1	domingo	0	0	0	A	4	domingo	0	0	0	B	6	domingo
01/jun	2	28	78,1	D	2	segunda	2	52	165	A	5	segunda	1	42	138,6	B	7	segunda
02/jun	3	40	94,8	C	1	terça	0	0	0	D	3	terça	0	0	0	A	6	terça
03/jun	0	0	0	C	2	quarta	0	0	0	D	4	quarta	2	84	257,3	A	7	quarta
04/jun	3	62	193,4	C	3	quinta	3	41	113,5	D	5	quinta	0	0	0	F	0	quinta
05/jun	2	14	40,8	B	1	sexta	3	64	197,6	C	4	sexta	0	0	0	D	6	sexta
06/jun	3	38	117,5	B	2	sábado	0	0	0	C	5	sábado	0	0	0	D	7	sábado
07/jun	0	0	0	A	1	domingo	2	13	38,5	B	3	domingo	3	25	70,8	C	6	domingo
08/jun	1	43	141,9	A	2	segunda	2	41	127,6	B	4	segunda	2	29	84	C	7	segunda
09/jun	0	0	0	A	3	terça	2	68	185,3	B	5	terça	0	0	0	F	0	terça
10/jun	3	13	32	D	1	quarta	1	49	161,7	A	4	quarta	2	12	33,6	B	6	quarta
11/jun	2	33	102,9	D	2	quinta	1	35	118,8	A	5	quinta	1	59	194,7	B	7	quinta
12/jun	2	49	156,3	C	1	sexta	0	0	0	D	3	sexta	1	30	54	A	6	sexta
13/jun	2	21	35,4	C	2	sábado	2	26	63	D	4	sábado	1	17	56,1	A	7	sábado
14/jun	3	20	53	C	3	domingo	2	32	85,7	D	5	domingo	0	0	0	F	0	domingo
15/jun	0	0	0	B	1	segunda	0	0	0	C	4	segunda	1	43	68,8	D	6	segunda
16/jun	2	19	58,3	B	2	terça	1	13	28,6	C	5	terça	2	18	35,4	D	7	terça
17/jun	1	11	38,3	A	1	quarta	0	0	0	B	3	quarta	0	0	0	C	6	quarta
18/jun	0	0	0	A	2	quinta	0	0	0	B	4	quinta	0	0	0	C	7	quinta
19/jun	1	32	57,9	A														

	Turno 1						Turno 2						Turno 3					
	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dia da semana	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dia da semana	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dia da semana
06/jul	1	18	59,4	B	2	segunda	1	37	29,6	C	5	segunda	0	0	0	D	7	segunda
07/jul	2	56	179,3	A	1	terça	2	29	85,7	B	3	terça	0	0	0	C	6	terça
08/jul	2	34	106,7	A	2	quarta	1	5	13,2	B	4	quarta	2	24	74,2	C	7	quarta
09/jul	2	10	19	A	3	quinta	3	20	43,1	B	5	quinta	0	0	0	F	0	quinta
10/jul	0	0	0	D	1	sexta	2	63	200,2	A	4	sexta	1	9	14,4	B	6	sexta
11/jul	0	0	0	D	2	sábado	2	64	202,4	A	5	sábado	1	10	27	B	7	sábado
12/jul	2	24	69,3	C	1	domingo	1	10	22	D	3	domingo	0	0	0	A	6	domingo
13/jul	0	0	0	C	2	segunda	1	17	45,9	D	4	segunda	2	62	162,9	A	7	segunda
14/jul	1	21	69,3	C	3	terça	3	46	135	D	5	terça	0	0	0	F	0	terça
15/jul	3	21	57,9	B	1	quarta	1	17	37,4	C	4	quarta	2	65	210,3	D	6	quarta
16/jul	2	15	36,3	B	2	quinta	2	61	184,8	C	5	quinta	2	22	69,6	D	7	quinta
17/jul	2	17	53,9	A	1	sexta	2	43	136,4	B	3	sexta	2	75	246,4	C	6	sexta
18/jul	2	20	59,4	A	2	sábado	3	39	114,6	B	4	sábado	2	55	172,7	C	7	sábado
19/jul	2	57	180,4	A	3	domingo	3	64	194,9	B	5	domingo	0	0	0	F	0	domingo
20/jul	3	74	227	D	1	segunda	2	59	192,5	A	4	segunda	3	30	91,4	B	6	segunda
21/jul	2	41	133,5	D	2	terça	2	62	199,1	A	5	terça	2	54	171,6	B	7	terça
22/jul	1	36	118,8	C	1	quarta	3	35	93,9	D	3	quarta	1	38	125,4	A	6	quarta
23/jul	1	13	35,1	C	2	quinta	2	37	73,5	D	4	quinta	1	40	132	A	7	quinta
24/jul	1	27	72,9	C	3	sexta	3	21	60	D	5	sexta	0	0	0	F	0	sexta
25/jul	2	42	130,1	B	1	sábado	3	42	71,6	C	4	sábado	2	33	107,1	D	6	sábado
26/jul	3	50	133,8	B	2	domingo	2	17	31	C	5	domingo	1	59	194,7	D	7	domingo
27/jul	1	33	108,9	A	1	segunda	1	21	69,3	B	3	segunda	0	0	0	C	6	segunda
28/jul	0	0	0	A	2	terça	0	0	0	B	4	terça	0	0	0	F	0	terça
29/jul	0	0	0	A	3	quarta	0	0	0	B	5	quarta	0	0	0	F	0	quarta
30/jul	2	20	44,9	D	1	quinta	2	20	38	A	4	quinta	2	63	197,1	B	6	quinta
31/jul	2	27	86,1	D	2	sexta	2	47	146,3	A	5	sexta	2	15	20,2	B	7	sexta
01/ago	1	37	122,1	C	1	sábado	3	22	48,6	D	3	sábado	1	50	165	A	6	sábado
02/ago	1	4	2,4	C	2	domingo	2	63	200,7	D	4	domingo	2	45	147,4	A	7	domingo
03/ago	3	66	200,3	C	3	segunda	3	62	186,3	D	5	segunda	0	0	0	F	0	segunda
04/ago	0	0	0	B	1	terça	3	60	179,5	C	4	terça	0	0	0	F	0	terça
05/ago	3	58	170,7	B	2	quarta	1	10	33	C	5	quarta	1	4	8,8	D	7	quarta
06/ago	2	37	91,5	A	1	quinta	0	0	0	B	3	quinta	0	0	0	C	6	quinta
07/ago	0	0	0	A	2	sexta	1	9	19,8	B	4	sexta	2	18	50,6	C	7	sexta
08/ago	2	60	187,2	A	3	sábado	1	9	29,7	B	5	sábado	0	0	0	F	0	sábado
09/ago	1	25	82,5	D	1	domingo	2	62	195,9	A	4	domingo	2	56	180,4	B	6	domingo
10/ago	0	0	0	D	2	segunda	0	0	0	A	5	segunda	0	0	0	B	7	segunda
11/ago	0	0	0	C	1	terça	0	0	0	D	3	terça	0	0	0	A	6	terça
12/ago	0	0	0	C	2	quarta	0	0	0	D	4	quarta	3	67	204,8	A	7	quarta
13/ago	0	0	0	C	3	quinta	2	20	59,2	D	5	quinta	0	0	0	F	0	quinta
14/ago	4	66	182,3	B	1	sexta	3	59	178,4	C	4	sexta	3	62	188,3	D	6	sexta
15/ago	3	34	86,4	B	2	sábado	1	73	240,9	C	5	sábado	3	45	123,9	D	7	sábado
16/ago	2	59	192	A	1	domingo	0	0	0	B	3	domingo	1	10	33	C	6	domingo
17/ago	3	28	68,2	A	2	segunda	2	48	141	B	4	segunda	0	0	0	C	7	segunda
18/ago	3	64	190,5	A	3	terça	0	0	0	B	5	terça	0	0	0	F	0	terça
19/ago	0	0	0	D	1	quarta	2	13	27,9	A	4	quarta	1	12	39,6	B	6	quarta
20/ago	2	48	150,7	D	2	quinta	3	16	36	A	5	quinta	1	7	18,9	B	7	quinta
21/ago	2	8	23,1	C	1	sexta	4	43	124,5	D	3	sexta	4	34	88,1	A	6	sexta
22/ago	2	28	49,6	C	2	sábado	3	24	54,1	D	4	sábado	1	53	174,9	A	7	sábado
23/ago	3	45	131,1	C	3	domingo	3	32	80,5	D	5	domingo	0	0	0	F	0	domingo
24/ago	2	54	167,4	B	1	segunda	4	52	136,3	C	4	segunda	0	0	0	D	6	segunda
25/ago	0	0	0	B	2	terça	0	0	0	C	5	terça	3	54	159,7	D	7	terça
26/ago	3	74	237	A	1	quarta	0	0	0	B	3	quarta	2	29	89,1	C	6	quarta
27/ago	2	50	162,8	A	2	quinta	3	30	79,4	B	4	quinta	2	39	123,2	C	7	quinta
28/ago	2	13	25,6	A	3	sexta	1	36	118,8	B	5	sexta	0	0	0	F	0	sexta
29/ago	2	14	38,1	D	1	sábado	0	0	0	A	4	sábado	0	0	0	B	6	sábado
30/ago	0	0	0	D	2	domingo	0	0	0	A	5	domingo	0	0	0	B	7	domingo
31/ago	0	0	0	C	1	segunda	0	0	0	D	3	segunda	0	0	0	A	6	segunda
01/set	0	0	0	C	2	terça	1	40	32	D	4	terça	1	10	10	A	7	terça
02/set	2	26	26	C	3	quarta	1	17	13,6	D	5	quarta	0	0	0	F	0	quarta
03/set	3	24	65,3	B	1	quinta	1	40	132	C	4	quinta	0	0	0	D	6	quinta
04/set	4	48	122,1	B	2	sexta	1	31	102,3	C	5	sexta	0	0	0	D	7	sexta
05/set	3	13	28,9	A	1	sábado	2	52	166,2	B	3	sábado	3	62	186,1	C	6	sábado
06/set	2	10	19	A	2	domingo	0	0	0	B	4	domingo	3	65	200,4	C	7	domingo
07/set	0	0	0	A	3	segunda	0	0	0	B	5	segunda	0	0	0	F	0	segunda
08/set	2	17	44	D	1	terça	1	48	158,4	A	4	terça	0	0	0	B	6	terça
09/set	0	0	0	D	2	quarta	0	0	0	A	5	quarta	1	26	85,8	B	7	quarta
10/set	3	64	195,1	C	1	quinta	3	62	192,3	D	3	quinta	0	0	0	A	6	quinta
11/set	2	34	104,5	C	2	sexta	2	30	92,4	D	4	sexta	1	57	188,1	A	7	sexta
12/set	2	66	208,6	C	3	sábado	0	0	0	D	5	sábado	0	0	0	F	0	sábado
13/set	0	0	0	B	1	domingo	3	61	185	C	4	domingo	2	64	203,5	D	6	domingo
14/set	1	12	39,6	B	2	segunda	2	41	133,1	C	5	segunda	0	0	0	D	7	segunda
15/set	2	51	159,5	A	1	terça	2	19	59,4	B	3	terça	3	60	187,1	C	6	terça
16/set	3	53	164	A	2	quarta	2	26	31,8	B	4	quarta	3	41	115,7	C	7	quarta
17/set	3	45	130	A	3	quinta	3	71	219,9	B	5	quinta	0	0	0	F	0	quinta
18/set	3	51	131,8	D	1	sexta	0	0	0	A	4	sexta	2	38	118,5	B	6	sexta
19/set	0	0	0	D	2	sábado	2	97	314,6	A	5	sábado	1	9	29,7	B	7	sábado
20/set	0	0	0	C	1	domingo	0	0	0	D	3	domingo	1	1	2,2	A	6	domingo
21/set	2	64	199,1	C	2	segunda	5	45	111,8	D	4	segunda	2	60	189,2	A	7	segunda
22/set	4	70	209,3	C	3	terça	2	86	213	D	5	terça	0	0	0	F	0	terça
23/set	4	33	69,1	B	1	quarta	3	18	43	C	4	quarta	4	73	218,1	D	6	quarta
24/set	0	0	0	B	2	quinta	3	79	238,7	C	5	quinta	2	68	215,6	D	7	quinta
25/set	1	37	122,1	A	1	sexta	1	50	165	B	3	sexta	3	64	199,2	C	6	sexta
26/set	3	68	205,8	A	2	sábado	1	25	82,5	B	4	sábado	0	0	0	F	0	sábado
27/set	2	56	151	A	3	domingo	1	70	231	B	5	domingo	0	0	0	B	6	domingo
28/set	0	0	0	D	1	segunda	0	0	0	A	4	segunda	0	0	0	B	7	segunda
29/set	0	0	0	D	2	terça	0	0	0	D	5	terça	0	0	0	A	6	terça
30/set	0	0	0	C	1	quarta	0	0	0	D	3	quarta	0	0	0	A	7	quarta
01/out	0	0	0	C	2	quinta	0	0	0	D	4	quinta	3	23	51,5	A	6	quinta
02/out	0	0	0	C	3	sexta	1	34	54,4	D	5	sexta	0	0	0	F	0	sexta
03/out	2	41	128,7	B	1	sábado	3	43	133,5	C	4	sábado	1	46	151,8	D	6	sábado
04/out	1	43	65,8	B	2	domingo	3	8	15,5	C	5	domingo	0	0	0	D	7	domingo
05/out	1	30	81	A	1	segunda	2	7	20	B	3	segunda	2	58	178,2	C	6	segunda

	Turno 1						Turno 2						Turno 3					
	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dia da semana	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dia da semana	Nº de Tipos	Total de furos perfurados	Total de metros perfurados	operador	dias do turno(1-7)	dia da semana
20/out	0	0	0	C	1	terça	0	0	0	D	3	quarta	0	0	0	A	6	terça
21/out	2	36	125,4	C	2	quarta	2	15	32	D	4	quarta	1	47	155,1	A	7	quarta
22/out	3	60	189,3	C	3	quinta	2	74	228,8	D	5	quinta	0	0	0	F	0	quinta
23/out	3	56	177,2	B	1	sexta	3	155	291,9	C	4	sexta	2	19	59,7	D	6	sexta
24/out	2	36	101,1	B	2	sábado	3	64	148,2	C	5	sábado	3	70	176,8	D	7	sábado
25/out	1	58	191,4	A	1	domingo	3	14	32	B	3	domingo	0	0	0	C	6	domingo
26/out	2	51	199,1	A	2	segunda	3	50	146,5	B	4	segunda	2	63	205,5	C	7	segunda
27/out	1	10	33	A	3	terça	3	67	201	B	5	terça	0	0	0	F	0	terça
28/out	2	61	195,8	D	1	quarta	0	0	0	A	4	quarta	3	41	122,1	B	6	quarta
29/out	2	29	92,1	D	2	quinta	1	21	56,7	A	5	quinta	2	52	166,2	B	7	quinta
30/out	3	40	109,3	C	1	sexta	1	37	122,1	D	3	sexta	2	67	213,4	A	6	sexta
31/out	2	18	48,4	C	2	sábado	1	56	184,8	D	4	sábado	0	0	0	A	7	sábado
01/dez	0	0	0	C	3	terça	0	0	0	D	5	terça	0	0	0	F	0	terça
02/dez	1	36	116,8	B	1	quarta	1	24	79,2	C	4	quarta	2	58	177,1	D	6	quarta
03/dez	2	11	25,5	B	2	quinta	3	23	49,7	C	5	quinta	2	33	100,1	D	7	quinta
04/dez	2	44	138,4	A	1	sexta	2	15	23,4	B	3	sexta	3	73	228,9	C	6	sexta
05/dez	2	19	53,9	A	2	sábado	0	0	0	B	4	sábado	0	0	0	C	7	sábado
06/dez	2	49	152,7	A	3	domingo	0	0	0	B	5	domingo	0	0	0	F	0	domingo
07/dez	0	0	0	D	1	segunda	0	0	0	A	4	segunda	0	0	0	B	6	segunda
08/dez	0	0	0	D	2	terça	0	0	0	A	5	terça	0	0	0	B	7	terça
09/dez	0	0	0	C	1	quarta	1	47	155,1	D	3	quarta	2	30	91,3	A	6	quarta
10/dez	1	43	141,9	C	2	quinta	0	0	0	D	4	quinta	0	0	0	A	7	quinta
11/dez	0	0	0	C	3	sexta	0	0	0	D	5	sexta	0	0	0	F	0	sexta
12/dez	3	67	205,8	B	1	sábado	0	0	0	C	4	sábado	0	0	0	D	6	sábado
13/dez	0	0	0	B	2	domingo	1	16	35,2	C	5	domingo	1	14	22,4	D	7	domingo
14/dez	1	26	85,8	A	1	segunda	3	72	211,5	B	3	segunda	0	0	0	C	6	segunda
15/dez	0	0	0	A	2	terça	1	9	29,7	B	4	terça	0	0	0	C	7	terça
16/dez	0	0	0	A	3	quarta	0	0	0	B	5	quarta	0	0	0	F	0	quarta
17/dez	0	0	0	D	1	quinta	0	0	0	A	4	quinta	3	71	225	B	6	quinta
18/dez	1	9	19,8	D	2	sexta	2	60	173,8	A	5	sexta	1	48	158,4	B	7	sexta
19/dez	3	66	202,5	C	1	sábado	2	35	112,5	D	3	sábado	1	20	66	A	6	sábado
20/dez	3	66	204,7	C	2	domingo	3	43	111	D	4	domingo	0	0	0	F	7	domingo
21/dez	2	45	150,7	C	3	segunda	1	25	82,5	D	5	segunda	0	0	0	F	0	segunda
22/dez	1	37	99,9	B	1	terça	3	29	60,6	C	4	terça	0	0	0	D	6	terça
23/dez	0	0	0	B	2	quarta	0	0	0	C	5	quarta	1	21	56,7	D	7	quarta
24/dez	0	0	0	A	1	quinta	0	0	0	F	0	quinta	0	0	0	F	0	quinta
25/dez	0	0	0	F	0	sexta	0	0	0	F	0	sexta	0	0	0	F	0	sexta
26/dez	0	0	0	A	3	sábado	2	51	161,7	B	5	sábado	0	0	0	F	0	sábado
27/dez	1	5	16,5	D	1	domingo	0	0	0	A	4	domingo	1	17	56,1	B	6	domingo
28/dez	2	44	139,7	D	2	segunda	1	22	72,6	A	5	segunda	0	0	0	B	7	segunda
29/dez	2	27	75,5	C	1	terça	0	0	0	D	3	terça	1	20	66	A	6	terça
30/dez	2	45	138,6	C	2	quarta	1	52	171,6	D	4	quarta	0	0	0	A	7	quarta
31/dez	2	49	135,4	C	3	quinta	0	0	0	F	0	quinta	0	0	0	F	0	quinta

ANEXO B – Análise Dinâmica da Complexidade

Análise Dinâmica das 24 semanas da avaliação da Análise de Complexidade no sistema.

Analisa-se a seguir a evolução da Complexidade no tempo. Cada passo (step), representando no eixo horizontal um período de uma semana.

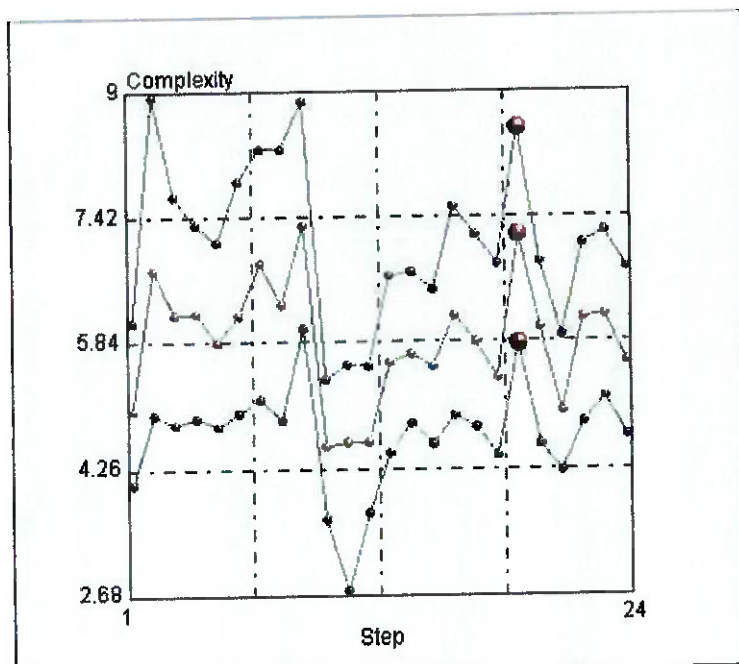


Figura 9 – Complexidade por semana

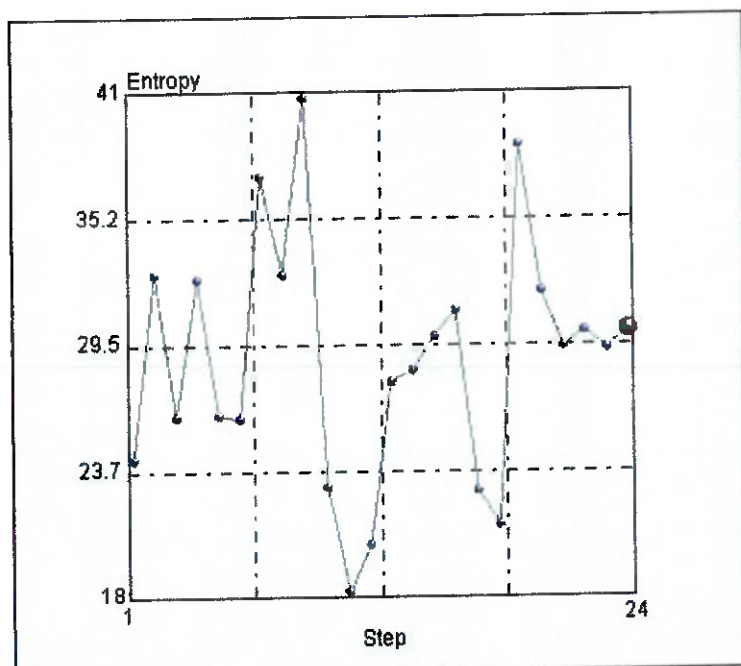


Figura 10 – Entropia por semana

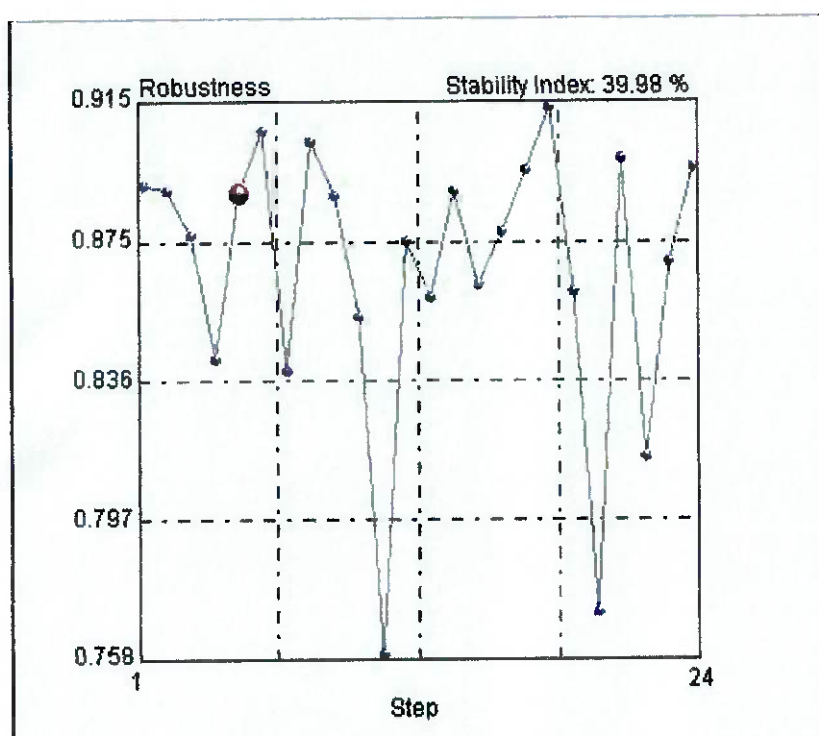


Figura 11 – Robustez por semana

É notável que algum evento ocorreu na 11^a e 19^a. Seria interessante numa análise futura descobrir o que ocorreu por volta da 11^a e da 19^a semanas.