

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA MINERAÇÃO DE GIPSITA NO PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE, PERNAMBUCO – BRASIL: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA NA LAVRA A CÉU ABERTO

Júlio César de Souza¹

Ricardo Alves da Silva²

Flávia de Freitas Bastos²

¹Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Pernambuco. jcsouza@ufpe.br

²Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco – ricardoalvesdasilva@yahoo.com.br; flaviaf.bastos@click21.com.br

RESUMO

O presente artigo apresenta um estudo para determinação da eficiência das operações unitárias da mineração a céu aberto de gipsita no Pólo Gesso do Araripe, localizado em Pernambuco – Brasil. As operações unitárias analisadas foram as etapas de perfuração e carregamento de minério. O estudo visou a determinação da eficiência dessas operações através do estudo de tempos e movimentos, definindo-se o ciclo ótimo da operação e comparando esse com o ciclo médio obtido no levantamento. Dessa forma pode-se determinar a eficiência das operações e eventuais medidas corretivas a serem tomadas para otimizar o processo de mineração de gipsita. Através deste estudo pode-se concluir que a perfuratriz tipo rock drill apresenta melhor performance que a perfuratriz wagon drill que tem uma velocidade de perfuração de cerca de 34 m/h e custo unitário 50% menor, apesar de uma eficiência operacional mais baixa. Com relação ao carregamento a pá carregadeira Hyundai apresentou um tempo de ciclo menor (em torno de 5 min/caminhão) e uma produtividade maior que o equipamento CASE. A produtividade média foi de cerca de 4 ton/min, mas em contrapartida o equipamento CASE mostrou um menor custo unitário de produção, da ordem de 0,40 R\$/ton.

Palavras chave: Gipsita, lavra a céu aberto, eficiência operacional, perfuração, carregamento de minério

ABSTRACT

This article presents a study for unit operations efficiency determination at a gypsum open-pit mining in the Araripe's Plaster Pole located in the Province of Pernambuco - Brazil. The unit operations examined were the steps of drilling and ore loading. The study aimed in determining the efficiency of such operations through time and move study, defining the optimal cycle operation and comparing this with the middle cycle obtained in the survey. This way it can determine the operations efficiency and possible corrective measures to be taken in order to optimize the gypsum mining process. Through this study it is possible to conclude that the rig rock drill presents a better performance than the rig wagon drill which has a drilling speed of about 34m/h and a unit cost 50% smaller, despite of a lower operational efficiency. With respect to the loading the wheel loader Hyundai it presented a minor circle of time (about 5min/truck) and a larger productivity than the CASE equipment. The average

productivity was about 4ton/min, but on the other hand, the CASE equipment showed a minor unit cost of production, of the order 0,40 R\$/ton.

Keywords: Gypsum, open pit mining, drilling, operational efficiency, ore loading

REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Avaliação de Operações Unitárias em Mineração de Gipsita

Toda atividade industrial exige a realização de uma sequência de tarefas constituídas de etapas nas quais o produto final passa por diversas fases que envolvem desde uma avaliação primária das características da matéria prima a ser utilizada até a sua adequação final ao mercado consumidor, atendendo desta forma as exigências estabelecidas pelo segmento ao qual se destina.

Através do estudo de tempos e movimentos foram analisadas as principais etapas que envolvem o processo de mineração a céu aberto de gipsita determinando-se a eficiência das operações unitárias de lavra. Foram analisadas as etapas de perfuração e carregamento de minério, a etapa de transporte de minério não foi analisada em função da maior parte da produção das minas serem destinadas a terceiros que vão buscar o minério bruto nas minas.

O estudo do tempos de operação teve início em 1881, na usina da Midvale Company, sendo Frederick Taylor foi seu idealizador. Com o passar do tempo Gilbreth (1991), desenvolveu um trabalho paralelo ao de Taylor (1929), acrescentando o estudo de movimentos. A fusão destes dois métodos, utilizado na análise do trabalho, proporcionou ganhos incalculáveis para grandes empresas que utilizaram tal método de estudo. O estudo de tempos e movimentos tem influência fundamental na intenção de melhoria dos métodos operacionais e condições de trabalho, permitindo

análises do processo produtivo, de atividades, relação homem-máquina e operações em geral. O controle da produção e custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, influenciando sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão de obra e da máquina (Machado, 1984). O objetivo básico do estudo de tempos e movimentos é determinar o tempo necessário para a realização de uma atividade definida, estabelecida por método racional e executada em cadência normal por uma pessoa qualificada e habituada a determinada técnica (Barnes, 1968). Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos e movimentos traz os seguintes objetivos:

- a) Desenvolver um método preferido: O que se pretende é projetar um sistema, uma sequência de operações e procedimentos que mais se aproximem da solução ideal.
- b) Padronizar a operação: Após encontrar o melhor método de se executar uma operação, esse método deve ser padronizado. Normalmente, a tarefa é dividida em trabalhos ou operações específicas, as quais serão escritas em detalhe.
- c) Determinar o tempo padrão: O estudo de movimentos e de tempos poderá ser usado para determinar o número padrão de minutos que uma pessoa qualificada, devidamente treinada e com experiência, deveria gastar para executar uma tarefa trabalhando normalmente. Este tempo padrão, poderá ser utilizado no planejamento e

programação para estimativa de custos ou para controle de custos de mão de obra.

- d) Treinar o operador: O método mais eficiente de trabalho tem pouco valor, a menos que seja aplicado na prática. É necessário treinar o operador para executar a operação de maneira pré-estabelecida.

De acordo com Fenner (2002), para atingir os mais diversos objetivos na realização do estudo de tempos e movimentos, é preciso conhecer os tempos parciais e totais necessários para a realização de cada atividade, os rendimentos obtidos (produção), bem como os fatores que influem direta ou indiretamente no resultado do trabalho desenvolvido. Sendo assim, pode-se dizer que os estudos são realizados para aumentar a capacidade em horas produtivas (com eficiência normal), reduzindo as horas improdutivas, pois no geral, existem diferenças substanciais entre as horas disponíveis para o trabalho com as horas efetivas, ou seja, o tempo dedicado à transformação propriamente dita com eficiência razoável.

Segundo Ferreira (2002), os principais objetos dessa avaliação são: i) saber se as metas estabelecidas anteriormente estão sendo atingidas; ii) assegurar a produção dos resultados esperados individualmente e iii) promover o desenvolvimento das habilidades necessárias.

De forma mais elaborada, o estudo de tempos e movimentos auxilia no trabalho operacional e sistemas administrativos, para que se atinjam os objetivos da organização resultando em aumento de rendimento operacional e induzindo maior satisfação ao pessoal de produção, principalmente. Também são usados no equacionamento do processo geral de solução de problemas (Barnes, 1977). O fator tempo é muito

importante no estudo do trabalho, uma vez que as modificações ou melhorias dos métodos e processos geralmente têm por objetivo uma melhoria do rendimento (Barnes, 1977; Malinovski, 1993).

Métodos de Lavra de Gipsita

A lavra de gipsita no Pólo Gesseiro do Araripe é realizada através de operações de lavra a céu aberto em lavra tipo open pit, visto tratar-se de depósitos horizontais e próximos à superfície. As etapas que compõem o processo de lavra da gipsita podem ser resumidas nas seguintes:

Perfuração do maciço: trata-se da primeira operação unitária executada na lavra de gipsita e é representada pela execução de furação roto-percussiva em malha de furação pré-determinada com utilização de carretas de perfuração leves. Em linhas gerais as malhas de perfuração não costumam passar de cinquenta furos em diâmetros da ordem de 4" de diâmetro. As bancadas em geral possuem alturas entre 15 e 25 metros, de acordo com a espessura da camada e são utilizados equipamentos de lavra de pequeno a médio porte.

Detonação dos explosivos: Esta fase é de grande importância para o processo produtivo da gipsita, pois é responsável pela obtenção da fragmentação ótima do mineral, com o objetivo de proporcionar um maior desempenho para os equipamentos de carregamento e transporte. A escolha correta da malha de perfuração e dimensão dos furos proporcionará um melhor coeficiente de rendimento implicando em uma maior eficiência no trabalho, evitando assim a formação de filas de caminhões e a necessidade de desmonte secundário. A gipsita pertence ao grupo de minerais de baixa dureza, o que permite o uso de explosivos com baixa energia de

detonação e custo. Normalmente é utilizado o ANFO e apenas na condição de furos com água se utilizam explosivos nitro aromáticos ou lamas explosivas a base de ANFO.

Carregamento do minério fragmentado: Nesta fase o minério fragmentado na granulometria ideal para o processo de calcinação é carregado em caminhões com a utilização de retroescavadeiras de pequeno porte, que também são responsáveis pela fragmentação secundária utilizando rompedores hidráulicos. Nessa etapa deve-se ter o cuidado de escolher um equipamento de carregamento que seja compatível com os caminhões utilizados no transporte do minério para evitar-se ciclos de carga muito longos (acima de 8 caçambadas para encher o caminhão).

Transporte do minério bruto: em geral o transporte da produção é realizado com o uso de caminhões enviados a cava por empresas que comprem a produção do minerador. Dessa forma torna-se difícil o planejamento da produção para o sistema de transporte pois a chegada de caminhões depende em grande parte da eficiência nas vendas e quantidade de clientes a serem atendidos. Apenas empresas de grande porte, que possuem a mineração e instalações de calcinação e beneficiamento de gipsita, podem implantar sistemas de transporte mais eficientes, pois podem dimensionar as frotas em função da quantidade de produção desejada e quantidade de frentes de lavra e equipamentos de carregamento disponíveis.

Eficiência operacional das perfuratrizes

A eficiência na operação de perfuração é uma variável de grande importância no processo de produção mineral, pois está estritamente relacionada com a velocidade na qual as

perfuratrizes executam as perfurações do plano de fogo. Sabe-se que um bom rendimento na perfuração não está associado apenas a uma boa perfuratriz com altas taxas de penetração. Este rendimento está associado a um conjunto de variáveis tais como a topografia do terreno, tipo de rocha que será perfurado (dureza), taxa de desgaste das hastes, número de trocas de hastes (comprimento do furo), tempo de deslocamento entre furos, entre outros. Observamos que dentre estas variáveis a que mais interessa para a determinação da eficiência do processo é a Taxa de Penetração com a qual está sendo realizada a perfuração.

Parâmetros Críticos na Perfuração

Para se alcançar um bom rendimento na perfuração não basta apenas determinar a velocidade com a qual a perfuratriz penetra no maciço, é necessário avaliar o desempenho global da perfuratriz e compará-lo com a condição ideal de operação, podendo-se assim determinar a eficiência da operação. Para se obter um melhor desempenho na operação de perfuração temos que analisar todos os parâmetros críticos envolvidos no processo. Tais parâmetros podem ser: Metragem perfurada por conjunto de hastes / broca de perfuração, vida útil das hastes, controle de vibrações, durabilidade dos bits de perfuração, performance das hastes em furos direcionais, etc. Um vez identificados e controlados estes fatores podemos aumentar ou diminuir a taxa de perfurabilidade sendo esta a principal responsável pela eficiência no processo produtivo.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Para a obtenção dos dados necessários para definir a eficiência das

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA MINERAÇÃO DE GIPSITA NO PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE, PERNAMBUCO – BRASIL...

operações de perfuração e carregamento de minério bruto, foi desenvolvido um Estudo de Tempos e Movimentos, com a cronometragem do tempo das operações unitárias em um período de quatro dias úteis trabalhados durante o período da manhã e tarde com um intervalo para o almoço. Esse levantamento foi realizado junto a cava da mineradora Lagoa da Serra Ltda, localizada no município de Araripina, Pernambuco - Brasil.

Operação de perfuração da gipsita

A mina dispõe de duas perfuratrizes que são responsáveis em fazer os furos das bancadas, uma perfuratriz sobre rodas (Wagon drill - figura 1) e uma perfuratriz sobre esteiras (Rock drill - figura 2). Nessa etapa foram feitas as medições dos tempos de ciclo de cada perfuratriz visando determinar a eficiência operacional de cada uma delas.



Figura 1- Wagon drill utilizada na perfuração da camada de gipsita



Figura 2- Rock drill utilizada na perfuração da camada de gipsita

As tabelas 1 e 2 a seguir apresentam os tempos de perfuração inicial e final de cada uma das hastes utilizadas na perfuração para as perfuratrizes sobre esteiras Rock Drill com furos de 3” e

sobre rodas Wagon Drill com furos de 2,5”. Para a perfuratriz Wagon Drill observamos alguns espaços vazios que significam que o furo é menor que doze metros

Tabela 1- Tempos cronometrados de operação da perfuração com perfuratriz sobre rodas para diâmetro de perfuração de 2,5”

PERFURABILIDADE DA WAGON DRILL 2,5"											
HASTE 1	FURO 1	FURO 2	FURO 3	FURO 4	FURO 5	FURO 6	FURO 7	FURO 8	FURO 9	DESVIO PADRÃO	MEDIA DAS HASTES
Ti	00:12:27	01:19:35	02:22:20	03:18:13	00:00:00	00:47:40	01:34:07	02:20:11	03:02:07		
Tf	00:22:12	01:29:23	02:30:34	03:27:40	00:08:42	00:57:40	01:41:42	02:27:50	03:10:10		
ΔT	00:09:45	00:09:48	00:08:14	00:09:27	00:08:42	00:10:00	00:07:35	00:07:39	00:08:03	0:00:58	0:08:48
TEMPO DE TROCA											
Ti	00:22:12	01:29:23	02:30:34	03:27:40	00:08:42	00:57:40	01:41:42	02:27:50	03:10:10		
Tf	00:22:50	01:29:46	02:30:56	03:28:02	00:09:02	00:58:01	01:42:04	02:28:13	03:10:32		
ΔT	00:00:38	00:00:23	00:00:22	00:00:22	00:00:20	00:00:21	00:00:22	00:00:23	00:00:22	0:00:05	0:00:24
HASTE 2											
Ti	00:22:50	01:29:46	02:30:56	03:28:02	00:09:02	00:58:01	01:42:04	02:28:13	03:10:32		
Tf	00:34:28	01:38:38	02:40:05	03:38:13	00:18:26	01:06:54	01:50:41	02:35:41	03:19:07		
ΔT	00:11:38	00:08:52	00:09:09	00:10:11	00:09:24	00:08:53	00:08:37	00:07:28	00:08:35	0:01:10	0:09:12
TEMPO DE TROCA											
Ti	00:34:28	01:38:38	02:40:05	03:38:13	00:18:26	01:06:54	01:50:41	02:35:41	03:19:07		
Tf	00:34:53	01:39:04	02:40:34	03:38:37	00:18:48	01:07:17	01:51:03	02:36:02	03:19:27		
ΔT	00:00:25	00:00:26	00:00:29	00:00:24	00:00:22	00:00:23	00:00:22	00:00:21	00:00:20	0:00:03	0:00:24
HASTE 3											
Ti	00:34:53	01:39:04	02:40:34		00:18:48	01:07:17	01:51:03	02:36:02	03:19:27		
Tf	00:48:12	01:49:57	02:50:44		00:28:01	01:16:38	01:59:54	02:44:15	03:27:37		
ΔT	00:13:19	00:10:53	00:10:10		00:09:13	00:09:21	00:08:51	00:08:13	00:08:10	0:01:42	0:09:46
TEMPO DE TROCA											
Ti	00:48:12	01:49:57	02:50:44		00:28:01	01:16:38	01:59:54	02:44:15	03:27:37		
Tf	00:48:36	01:50:30	02:51:16		00:28:34	01:17:02	02:00:18	02:45:28	03:28:01		
ΔT	00:00:24	00:00:33	00:00:32		00:00:33	00:00:24	00:00:24	00:01:13	00:00:24	0:00:17	0:00:33
HASTE 4											
Ti	00:48:36	01:50:30	02:51:16		00:28:34	01:17:02	02:00:18	02:45:28	03:28:01		
Tf	01:03:41	02:06:10	03:04:16		00:41:02	01:28:10	02:11:08	02:57:06	03:36:00		
ΔT	00:15:05	00:15:40	00:13:00		00:12:28	00:11:08	00:10:50	00:11:38	00:07:59	0:02:27	0:12:14
TEMPO DE TROCA											
Ti	01:03:41	02:06:10	03:04:16								
Tf	01:04:44	02:06:48	03:04:50								
ΔT	00:01:03	00:00:38	00:00:34							0:00:16	0:00:45
HASTE 5											
Ti	01:04:44	02:06:48	03:04:50								
Tf	01:11:44	02:15:50	03:10:15								
ΔT	00:07:00	00:09:02	00:05:25							0:01:49	0:07:09
TEM DESLOCAM.											
Ti	01:11:44	02:15:50	03:10:15		00:41:02	01:28:10	02:11:08	02:57:06	03:36:00		
Tf	01:19:35	02:22:20	03:18:13		00:47:40	01:34:07	02:20:11	03:02:07	03:42:14		
ΔT	00:07:51	00:06:30	00:07:58		00:06:38	00:05:57	00:09:03	00:05:01	00:06:14	0:01:18	0:06:54
SOBRA	2 m	2 m	2 m								
PERFURABILIDADE EXPECÍFICA (M/MIN)	0,23	0,24	0,28	0,31	0,30	0,30	0,33	0,34	0,37		

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA MINERAÇÃO DE GIPSITA NO PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE, PERNAMBUCO – BRASIL...

Tabela 2 - Tempos cronometrados de operação da perfuração com perfuratriz sobre esteiras para diâmetro de perfuração de 3”

PERFURABILIDADE DA ROCK DRILL 3,0"											
HASTE 1	FURO 1	FURO 2	FURO 3	FURO 4	FURO 5	FURO 6	FURO 7	FURO 8	FURO 9	DESVIO PADRÃO	MÉDIA DAS HASTES
Ti	00:00:00	00:21:14	00:44:22	01:11:40	01:42:32	02:04:23	02:26:51	02:47:26	03:13:00		
Tf	00:02:36	00:23:59	00:46:54	01:16:11	01:45:09	02:06:56	02:29:40	02:50:11	03:16:50		
ΔT	00:02:36	00:02:45	00:02:32	00:04:31	00:02:37	00:02:33	00:02:49	00:02:45	00:03:50	0:00:42	0:03:00
TEMPO DE TROCA											
Ti	00:02:36	00:23:59	00:46:54	01:16:11	01:45:09	02:06:56	02:29:40	02:50:11	03:16:50		
Tf	00:02:59	00:24:30	00:47:18	01:17:00	01:45:34	02:07:25	02:30:12	02:50:37	03:17:15		
ΔT	00:00:23	00:00:31	00:00:24	00:00:49	00:00:25	00:00:29	00:00:32	00:00:26	00:00:25	0:00:08	0:00:29
HASTE 2											
Ti	00:02:59	00:24:30	00:47:18	01:17:00	01:45:34	02:07:25	02:30:12	02:50:37	03:17:15		
Tf	00:05:33	00:27:38	00:49:56	01:19:42	01:48:20	02:10:02	02:32:56	02:53:26	03:19:57		
ΔT	00:02:34	00:03:08	00:02:38	00:02:42	00:02:46	00:02:37	00:02:44	00:02:49	00:02:42	0:00:10	0:02:44
TEMPO DE TROCA											
Ti	00:05:33	00:27:38	00:49:56	01:19:42	01:48:20	02:10:02	02:32:56	02:53:26	03:19:57		
Tf	00:07:20	00:28:04	00:50:30	01:20:05	01:48:45	02:10:24	02:33:56	02:53:51	03:20:19		
ΔT	00:01:47	00:00:26	00:00:34	00:00:23	00:00:25	00:00:22	00:01:00	00:00:25	00:00:22	0:00:28	0:00:38
HASTE 3											
Ti	00:07:20	00:28:04	00:50:30	01:20:05	01:48:45	02:10:24	02:33:56	02:53:51	03:20:19		
Tf	00:10:01	00:30:48	00:56:18	01:22:55	01:51:20	02:12:44	02:35:58	02:56:26	03:23:08		
ΔT	00:02:41	00:02:44	00:05:48	00:02:50	00:02:35	00:02:20	00:02:02	00:02:35	00:02:49	0:01:06	0:02:56
TEMPO DE TROCA											
Ti	00:10:01	00:30:48	00:56:18	01:22:55	01:51:20	02:12:44	02:35:58	02:56:26	03:23:08		
Tf	00:10:33	00:31:15	00:57:58	01:29:58	01:51:49	02:13:14	02:36:20	02:57:11	03:23:37		
ΔT	00:00:32	00:00:27	00:01:40	00:07:03	00:00:29	00:00:30	00:00:22	00:00:45	00:00:29	0:02:10	0:01:22
HASTE 4											
Ti	00:10:33	00:31:15	00:57:58	01:29:58	01:51:49	02:13:14	02:36:20	02:57:11	03:23:37		
Tf	00:13:21	00:33:45	00:59:37	01:32:47	01:54:22	02:15:56	02:39:01	03:00:12	03:26:15		
ΔT	00:02:48	00:02:30	00:01:39	00:02:49	00:02:33	00:02:42	00:02:41	00:03:01	00:02:38	0:00:23	0:02:36
TEMPO DE TROCA											
Ti	00:13:21	00:33:45	00:59:37	01:32:47	01:54:22	02:15:56	02:39:01	03:00:12	03:26:15		
Tf	00:13:54	00:34:18	01:00:08	01:33:13	01:54:51	02:16:19	02:39:32	03:00:35	03:27:32		
ΔT	00:00:33	00:00:33	00:00:31	00:00:26	00:00:29	00:00:23	00:00:31	00:00:23	00:01:17	0:00:17	0:00:34
HASTE 5											
Ti	00:13:54	00:34:18	01:00:08	01:33:13	01:54:51	02:16:19	02:39:32	03:00:35	03:27:32		
Tf	00:14:51	00:35:32	01:01:20	01:34:59	01:56:18	02:18:20	02:41:26	03:05:49	03:29:25		
ΔT	00:00:57	00:01:14	00:01:12	00:01:46	00:01:27	00:02:01	00:01:54	00:05:14	00:01:53	0:01:17	0:01:58
TEM DESLOCAM.											
Ti	00:14:51	00:35:32	01:01:20	01:34:59	01:56:18	02:18:20	02:41:26	03:05:49	03:29:25		
Tf	00:21:41	00:44:22	01:11:40	01:42:32	02:04:23	02:26:51	02:47:26	03:13:00	03:34:20		
ΔT	00:06:50	00:08:50	00:10:20	00:07:33	00:08:05	00:08:31	00:06:00	00:07:11	00:04:55	0:01:36	0:07:35
SOBRA	2,0 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m		
PERFURABILIDADE EXPECÍFICA (M/MIN)	1,12	1,09	0,98	0,92	1,13	1,15	1,15	0,85	1,01		

As figuras a seguir mostram a comparação dos tempos de operação de cada uma das hastes utilizadas para perfurar a camada de gipsita, tanto para a perfuratriz Wagondrill como para a Rockdrill.

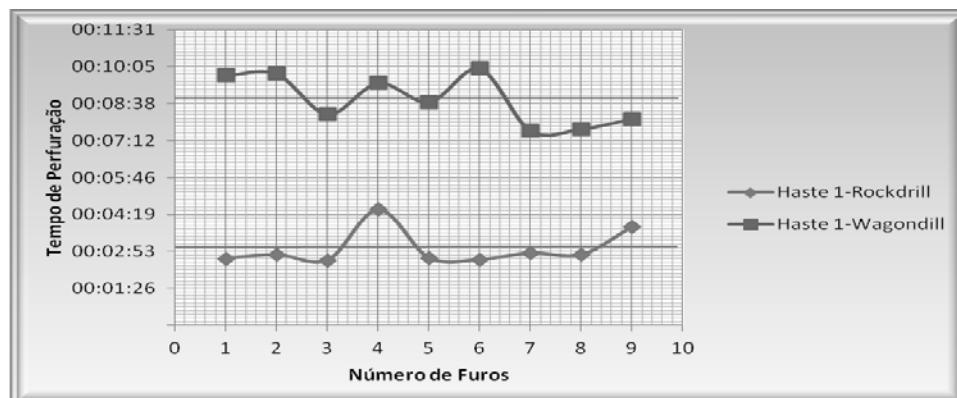


Figura 3 - Tempos de perfuração da primeira haste de 3 metros

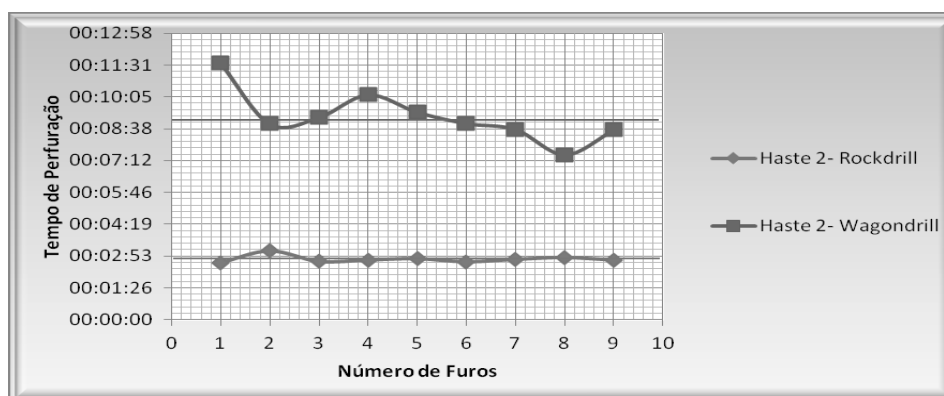


Figura 4 - Tempos de perfuração da segunda haste de 3 metros

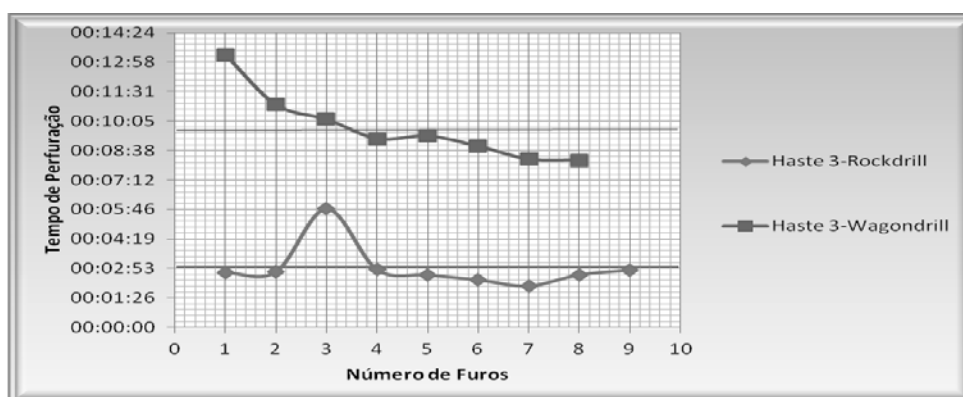


Figura 5 - Tempos de perfuração da terceira haste de 3 metros

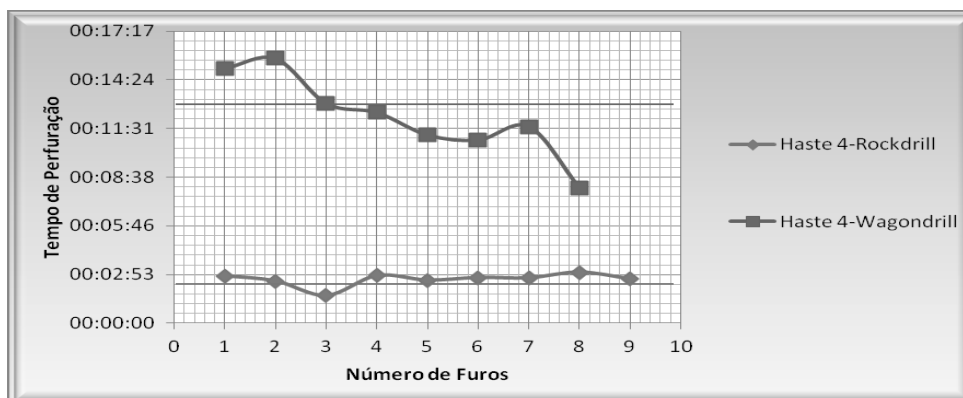


Figura 6 - Tempos de perfuração da quarta haste de 3 metros

As linhas horizontais referem-se às médias dos tempos de perfuração sendo estes de grande importância para o estudo da eficiência na perfuração. Pode-se perceber pelos gráficos que a perfuratriz sobre esteiras Rock drill possui uma velocidade de penetração bem superior a perfuratriz sobre rodas Wagon drill.

Através do estudo de tempos e movimentos podemos avaliar alguns parâmetros de que influenciam na

dinâmica de perfuração tais como: troca das hastes e seus respectivos tempos, tempo de abastecimento, tempo de locomoção de um furo para outro, etc.

As médias do tempo de perfuração das diversas hastes utilizadas na perfuração dos furos são apresentadas na tabela 3 e podemos observar que a perfuratriz tipo Rock drill praticamente não apresenta variação a medida que a profundidade aumenta. Já a perfuratriz tipo Wagon drill tem mais dificuldade

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA MINERAÇÃO DE GIPSITA NO
PÓLO GESSEIRO DO ARARIPE, PERNAMBUCO – BRASIL...

quando a profundidade aumenta, diminui à medida que o comprimento
fazendo com que sua produtividade de perfuração aumenta.

Tabela 3 - Média de tempo de perfuração por haste utilizada

Média das hastes	Rockdrill	Wagondrill
Haste 1	00:03:00	00:08:48
Haste 2	00:02:44	00:09:12
Haste 3	00:02:56	00:09:46
Haste 4	00:02:36	00:12:14

O custo operacional da perfuratriz Wagon drill é dividido em custo de locação (55,00 R\$/h), custo do compressor (60,00 R\$/h), combustível (30,30 R\$/h), totalizando 145,30 R\$/h. O custo operacional da perfuratriz Rockdrill é de 140,00 R\$/h (locação),

60,00 R\$/h (compressor), 40,40 R\$/h (combustível), totalizando 240,40 R\$/h.

A tabela 4 traz os principais dados obtidos no levantamento de campo e através deles pode-se fazer uma comparação entre as perfuratrizes a fim de se determinar qual a mais eficiente, bem como a mais econômica

Tabela 4 - Dados de performance das perfuratrizes.

ROCKDRILL	WAGONDRILL
Total de metros perfurados (m)	Total de metros perfurados (m)
123	105
Tempo Total de Deslocamento	Tempo Total de Deslocamento
1:08:15	0:55:12
Tempo Total de Troca	Tempo Total de Troca
0:27:31	0:13:47
Tempo Efetivamente Perfurante	Tempo Efetivamente Perfurante
1:59:01	5:59:25
Tempo Total	Tempo Total
3:34:47	7:08:24
Eficiência (%)	Eficiência (%)
55.41	83.90
Velocidade de perfuração global (m/h)	Velocidade de perfuração global (m/h)
34.17	14.71

Júlio César de Souza et al.

Pode-se concluir pela tabela acima que, mesmo a perfuratriz tipo Rockdrill ser mais rápida que a Wagon drill, nas condições em que a mesma está sendo operada apresenta uma eficiência menor que a Wagondrill. Isso pode ser reflexo dos operadores, e das perdas de tempo nas operações básicas do equipamento tais como troca de haste, nivelamento do equipamento para que o furo atenda as especificações do plano de fogo e perdas de tempo dos operadores.

Tendo em vista que a Wagondrill perfurou 105 m em cerca de 6:00 horas e que seu custo horário é de 145,30 R\$/h, podemos determinar o custo unitário de perfuração de 8,30 R\$/m. A Rockdrill furou 123 m em

aproximadamente 2:00 horas, ou seja, considerando um custo horário de 240,40 R\$/h chegamos a um custo unitário de perfuração de 3,90 R\$/m. Conclui-se portanto que a perfuratriz mais interessante a ser contratada é do tipo Rockdrill.

Operação de carregamento de minério

A operação de carregamento de minério é realizada utilizando-se duas pás carregadeiras sobre pneus de pequeno porte, com caçambas da ordem de 1,70 a 3,0 m³. A figura 7 mostra a pá carregadeira sobre pneus marca HYUNDAI e a figura 8 a pá carregadeira sobre pneus marca CASE.



Figura

7- Pá carregadeira de 3,0 m³ marca HYUNDAI



Figura 8 - Pá carregadeira de 1,7 m³ marca CASE

A tabela 5 nos mostra os tempos de ciclo da operação de carregamento de minério de gipsita na cava utilizando-se duas pás carregadeiras disponíveis na cava. O levantamento foi realizado cronometrando-se os tempos efetivos de ciclo das pás carregadeiras e também a massa de gipsita que foi

carregada em cada caminhão. Dessa forma podemos estabelecer o tempo médio de ciclo para cada uma das pás carregadeiras e a produtividade média dos equipamentos em ton/hora, determinando-se um parâmetro técnico para comparação do desempenho dos equipamentos em operação

Tabela 5 - Tempos de ciclo e produção mássica das pás-carregadeiras

TEMPO DE CICLO DAS PÁS-CARREGADEIRAS					
CASE $W_{20-03} = 1,70 \text{ m}^3$			HYUNDAI = $3,0 \text{ m}^3$		
PLACA	MASSA (TON)	TC	PLACA	MASSA (TON)	TC
KGW-0819	22,14	00:07:15	KKB-5605	22,54	00:05:06
KLK-8217	26,16	00:08:11	KJV-2225	24,06	00:06:33
KKH-9239	19,10	00:05:30	HWE-6108	20,86	00:05:10
KJI-2558	21,24	00:04:06	GLP-6842	17,30	00:05:01
KGW-0819	19,64	00:07:18	HWE-6108	22,54	00:05:51
KKB-5605	17,30	00:10:12	KKB-9789	24,80	00:04:21
KKB-5605	19,35	00:08:18	BYF-3397	20,94	00:05:49
PEX-7060	21,34	00:07:03	KKH-9239	21,94	00:04:51
KKB-5605	21,64	00:05:28	KGW-0819	20,05	00:05:57
HWE-6108	21,24	00:04:53	GLP-6842	21,80	00:06:20
KGW-0819	19,60	00:06:11	GLP-6842	21,44	00:04:02
KKH-9239	22,63	00:05:02	KGW-0819	22,32	00:05:27
GLP-6842	20,56	00:07:58	PEI-1796	26,82	00:06:41
KKH-9239	21,44	00:06:06	KGW-0819	22,65	00:06:01
HWE-6108	21,78	00:06:11	KKB-5605	20,38	00:05:31
KJI-2558	17,80	00:05:22	KKB-9789	17,10	00:04:27
KLK-8217	24,36	00:10:15	HWE-6108	19,80	00:05:35
GLP-6842	19,81	00:09:40	KKO-5605	20,01	00:05:06
DAJ-8255	20,16	00:06:38	DAJ-8255	20,20	00:04:27
KGW-0819	19,70	00:07:00	MYK-5189	19,80	00:04:50

A pá-carregadeira HYUNDAI levou em média 5:27 min para carregar um caminhão de 21,60 ton em média (3,96 ton/min). Já a pá-carregadeira CASE leva em média cerca de 6:56 min para carregar um caminhão com 20,91 ton em média (3,01 ton/min).

A pá-carregadeira HYUNDAI possui caçamba de 3 m^3 e seu custo horário é de R\$ 100,00. A pá-carregadeira CASE possui caçamba de $1,70 \text{ m}^3$ e custo horário de R\$ 70,00. Considerando a produtividade média levantada na operação temos que a pá-carregadeira HYUNDAI apresenta um custo de 1,67 R\$/min e a pá-carregadeira CASE um custo de 1,17 R\$/min. Considerando o tempo médio de carregamento dos caminhões o custo unitário de operação é de 0,42 R\$/ton para a pá-carregadeira HYUNDAI e 0,39 R\$/ton para a pá-carregadeira

CASE. Os resultados indicam que a pá-carregadeira HYUNDAI apresenta um custo unitário 7,7% maior que a pá-carregadeira CASE.

A figura 9 apresenta os gráficos com os tempos de ciclo cronometrados das pás carregadeiras utilizadas na Mina. Através dela podemos avaliar a variabilidade operacional entre as duas pás carregadeiras, ou seja, qual conseguiu realizar uma operação mais uniforme em termos de tempo de ciclo e que apresenta maior confiabilidade operacional. Pelo gráfico verificamos que a pá carregadeira HYUNDAI teve um melhor desempenho em comparação com CASE, visto que a curva da HYUNDAY tem uma maior aproximação com a reta sobreposta, indicando que a operação está sendo executada de forma mais regular.



Figura 9 - Tempos de ciclo cronometrados para operação de carregamento de minério

Os gráficos de tempo de ciclo das pás carregadeiras indicam que o equipamento marca HYUNDAI está operando com um tempo de ciclo maior do que a pá carregadeira CASE W₂₀₋₀₃, apesar dessa última ter um volume de caçamba menor e necessitar maior número de ciclos para encher o caminhão.

CONCLUSÕES

A metodologia aplicada no levantamento das operações unitárias, estudo de tempos e movimentos, é uma poderosa ferramenta e bastante adequada para a definição dos tempos de ciclo individual dos equipamentos, determinação da produtividade média e eficiência global dos sistemas produtivos na mineração.

A velocidade média de penetração variou entre 15 e 34 m/h, sendo muito maior na perfuratriz tipo rock drill. Essa perfurabilidade determinou um custo unitário de perfuração variando entre 4 e 8 R\$/m, sendo mais baixo para a perfuratriz tipo rock drill. A velocidade de penetração mostrou-se constante ao longo das 4 hastes utilizadas na perfuração pra a perfuratriz tipo rock drill e diminuiu para a perfuratriz wagon drill, mostrando ser essa última mais sensível às mudanças de dureza da gipsita em maiores profundidades.

A operação de perfuração apresentou uma eficiência operacional variando

entre 55% (Rock drill) e 84% (Wagon drill). Esses resultados indicam que a perfuratriz Wagon drill operou com índice de eficiência razoável enquanto a rock drill mostrou uma eficiência muito baixa, devendo-se fazer uma análise dos motivos que levaram a essa baixa eficiência.

No levantamento da operação das escavadeiras o tempo de ciclo médio variou entre 5 min (pá carregadeira HYUNDAI) e 7 min (pá carregadeira CASE). A variabilidade encontrada no tempo de ciclo da pá carregadeira HYUNDAI foi menor em comparação com CASE, indicando que a operação está sendo executada de forma mais regular.

O custo unitário médio horário das pás carregadeiras variou entre 0,39 e 0,42 R\$/m³, sendo menor na pá carregadeira marca CASE.

REFERÊNCIAS

- Barnes, R. M. (1968). Motion and time study: design and measurement of work. 6th ed. New York: John Wiley and Sons,. 799 p.
- Barnes, R. M. (1977). Estudos de movimentos e de tempos - projeto e medida do trabalho. Tradução da 6ª. ed. Americana. São Paulo: E. Blucher,. 635 p.
- Ferreira, J. P. R. J. (2002). Análise da cadeia produtiva e estrutura de

- custos do setor brasileiro de produtos resinosos. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, USP. 105 p.
- Gilbreth, F. B. (1991). Motion Study. Van Nostrand Co., Princeton, New Jersey, 88 p.
- Malinovski, J.R. (1993). Análise de tempos, movimentos e esforços físicos em algumas atividades de corte e extração de *Eucalyptus grandis*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- Taylor, F. W. (1929). The Principles of Scientific Management. New York, Harper and Bros., 52 p.