

**Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Especialização em Lavra e Tecnologia Mineral**

EDIL NETO PIMENTEL

**UTILIZAÇÃO DO MINERADOR DE SUPERFÍCIE (SISTEMA DE LAVRA
CONTÍNUA) NA MINA DE BAUXITA PARAGOMINAS**

Paragominas, 11 de Março de 2013

EDIL NETO PIMENTEL

**INTRODUÇÃO DO MINERADOR DE SUPERFÍCIE (SISTEMA DE
LAVRA CONTÍNUA) NA MINA DE BAUXITA PARAGOMINAS**

Trabalho de Curso submetido à Universidade Federal do Pará - UFPA, Instituto de Geociências como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Especialista em Lavra e Tecnologia Mineral.

Prof. Dr. Denílson Costa
(Membro da Banca Examinadora UFPA)

Prof. Dr. Leonardo Brasil Felipe
(Membro da Banca Examinadora UFPA)

Prof. Dr. Francisco Matos de Abreu
(Membro da Banca Examinadora UFPA)

Paragominas, 11 de Março de 2013

Sumário

1. CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO AO SISTEMA DE FRESAGEM.....	07
2. CAPÍTULO II – ASPECTOS GERAIS DA MPSA.	10
2.1. Localização	10
2.2. Histórico MPSA	10
2.3. Perfil Geológico.....	11
2.4. Fluxograma de Processos.....	11
2.5. Geometria das Faixas de Lavra	12
3. CAPÍTULO III – SISTEMAS DE LAVRA.....	14
3.1. Método de Lavra Convencional.....	14
3.2. Método de Lavra com Minerador de Superfície	15
3.2.1. Características Operacionais	16
4. CAPÍTULO IV – COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS	23
4.1. Consumo de Diesel	24
4.2. Produtividades	25
4.3. Utilização e Headcount	26
4.4. Sistema de Drenagem	26
4.5. Segurança	27
5. CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
6. BIBLIOGRAFIA.....	31

Lista de figuras

Figura 1 – Sistema frontal de fresagem	07
Figura 2 - Sistema de fresagem periférica	07
Figura 3 - Sistema de fresagem concordante.....	07
Figura 4 - Sistema de fresagem discordante	08
Figura 5 - Sistema operacional do SM 2500	08
Figura 6 - Tambor fresador SM 2500	09
Figura 7 - Mineroduto MPSA - Alunorte	10
Figura 8 – Perfil geológico MPSA - Platô Miltônia 3	11
Figura 9 - Fluxograma de processo Mina	12
Figura 10 - Fluxograma de processo Usina.....	12
Figura 11 - Geometria/Divisão das faixas e acessos	13
Figura 12 - Variações das faixas de acordo com o sistema de lavra	13
Figura 13 - Fluxograma de processos de lavra convencional	15
Figura 14 - Média de tempo gasto com o método de lavra convencional	15
Figura 15 - Faixa de operação do minerados de superfície	16
Figura 16 - Superfície irregular da camada de bauxita	17
Figura 17 - Carregamento a 45° com derramamento de material	18
Figura 18 - Carregamento a 90° sem derramamento de material	18
Figura 19 - Metodologia de manobra e seqüenciamento de corte 1	19
Figura 20 – Metodologia de manobra e seqüenciamento de corte 2	20
Figura 21 – Tambor fresador e sistema de corte e carregamento	20
Figura 22 – Espessura de corte x produtividade	21
Figura 23 – Fluxograma de processos de lavra com SM2500	22
Figura 24 – Média de tempo na atividade de lavra com o sistema SM 2500	22
Figura 25 – Comparativo de consumo de diesel entre os sistemas de lavra	25
Figura 26 – Comparativo de produtividade entre SM e CAT 365CL	26
Figura 27 – Nivelamento da camada de minério no 1° corte do SM 2500	27
Figura 28 – Cordas de segurança/referência na lança do SM 2500	28

Lista de tabelas

Tabela 1 - Tempo médio de lavra de minério no método convencional	23
Tabela 2 - Tempo médio de lavra de minério no método com o SM 2500	23
Tabela 3 – Tempo de carregamento de Scânia P420	23
Tabela 4 – Consumo específico de diesel do método convencional	25
Tabela 5 – Consumo específico de diesel do método com o SM 2500	25

RESUMO

O sistema de lavra utilizado pela Mineração Paragominas S.A. vem, ao longo dos anos, sofrendo uma série de mudanças e adaptações, buscando não só redução de custos operacionais, mas operações que agredam cada vez menos o meio ambiente e proporcionem condições mais seguras aos colaboradores.

É com foco nesta linha de ação que iremos apresentar uma avaliação inicial das operações do minerador de superfície (SM 2500) nas atuais condições da Mina de Bauxita Paragominas (sem abordar aspectos relacionados aos índices de manutenção do equipamento) e com isso, comparar seus índices de produção com o sistema de liberação e transporte de minério utilizado anteriormente (método convencional).

O trabalho neste momento, não tem como objetivo detalhar todo o sistema de operações unitárias realizadas pela Gerência de Operação de Mina (GAOMP), mas apenas aquelas relacionadas ao processo de lavra de bauxita (escarificação, nivelamento, carregamento, transporte e raspagem do fundo de cava) em comparação à tecnologia do SM 2500.

Palavras chave: Bauxita, método convencional, minerador de superfície

ABSTRACT

The mining system used at Paragominas Mining has, over the years, undergoing a series of changes and adaptations, seeking not only reduce operating costs, but operations that not violate the environment and provide safer conditions for employees.

It is focused on this action line that will present an initial assessment of surface mining operations (SM 2500) in current conditions of Paragominas Bauxite Mine (without addressing equipment maintenance rates) and thereby compare their production rates with conventional mining system used previously.

At the moment, the work is not intended to detail the entire system of unit operations performed by the Management Operating Mine (GAOMP), but only those related to the process of bauxite mining (scarification, grading, loading, transport and scraping the pit bottom) compared to the SM 2500 technology.

Key Words: Bauxite, conventional methodology, surface miner

1. CAPITULO I – INTRODUÇÃO AO SISTEMA DE FRESAGEM

De acordo com o Manual de produção da Sandvik, o fresamento consiste numa operação de usinagem em que o material é removido por uma ferramenta giratória – denominada fresa – de múltiplos gumes cortantes. Cada gume remove uma pequena quantidade de metal em cada revolução do eixo onde a ferramenta é fixada.

O fresamento pode ser classificado quanto à posição de ataque da ferramenta, sendo esta frontal ou periférica. As figuras 01 e 02, retiradas do Manual Prático de Fresagem – Prof. Dr. Rodrigo Stoeterau mostram estes sistemas.

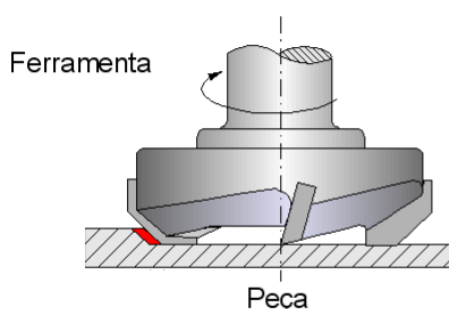


Figura 01 – Sistema de fresagem frontal

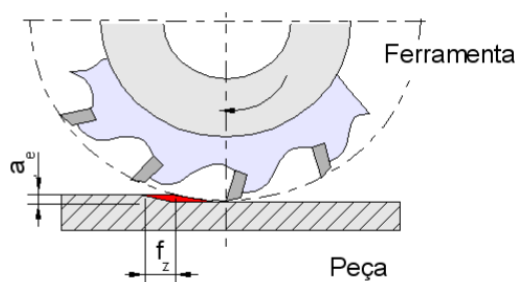


Figura 02 – Sistema de fresagem periférica

Os estudos desenvolvidos pela Mineração Paragominas S.A. (MPSA) abordam a implantação de um sistema de fresagem periférica e contínua para remoção das camadas de minério de bauxita. Dessa forma, pode-se caracterizar os métodos de fresagem de acordo com o movimento relativo entre a peça e a ferramenta, sendo estes concordantes ou discordantes.

No fresamento concordante o sentido de rotação da fresa é o mesmo do avanço do material no ponto de contato. O corte inicia-se com a espessura máxima e a força de corte tende a apertar a fresa contra a superfície de contato. É a forma menos indicada de fresamento, e pode ser visualizada na figura 03.

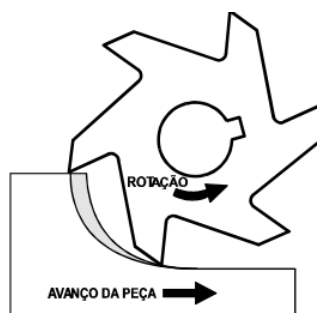


Figura 03 – Sistema de fresagem concordante
(Manual de Produção Sandvick / Dormer. Edição 03 2001)

Já o sistema discordante é caracterizado por apresentar um sentido de rotação da fresa contrário ao sentido de avanço. A figura 04 ilustra esse método.

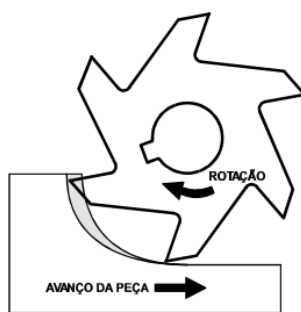


Figura 04 – Sistema de fresagem discordante
(Manual de Produção Sandvick / Dormer. Edição 03 2001)

A Mineração Paragominas S.A. vem estudando, desde 2006, diferentes metodologias de desmonte, carregamento e transporte de minério de bauxita. Uma das formas encontradas, implantadas e utilizadas atualmente, é através do sistema de fresagem contínua realizados pelos mineradores de superfície Wirtgen SM2500.

Os SM 2500 são equipamentos que contam com um tambor cortador acionado mecanicamente para mineração seletiva de minerais com resistências à compressão não confinada de até 80 MPa. A mineradora de superfície está equipada com esteiras com altura ajustável individualmente e sistema de correia transportadora de dois estágios. A figura 05 mostra o princípio de funcionamento do SM e seu sistema de distribuição do minério.

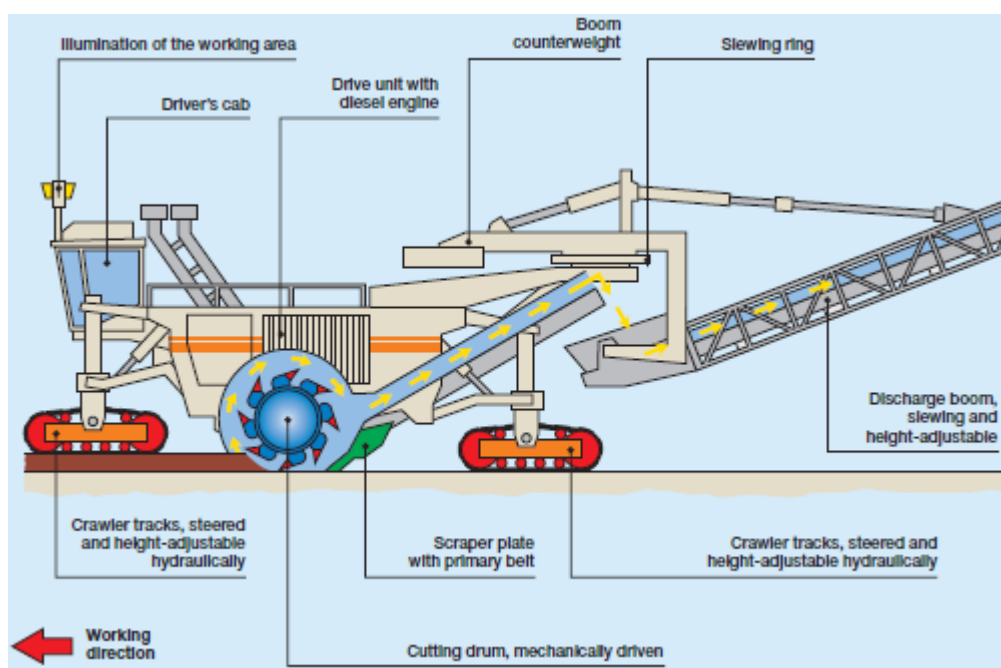


Figura 05 – Sistema operacional do SM 2500
(*Surface Mining - Wirtgen Surface Mining Manual. Edição 2008*)

A ferramenta de corte mostrada na figura 06 é um tambor fresador composto por um conjunto de bits, cuja geometria (espaçamento e afastamento) varia de acordo com a resistência do material e granulometria desejada.

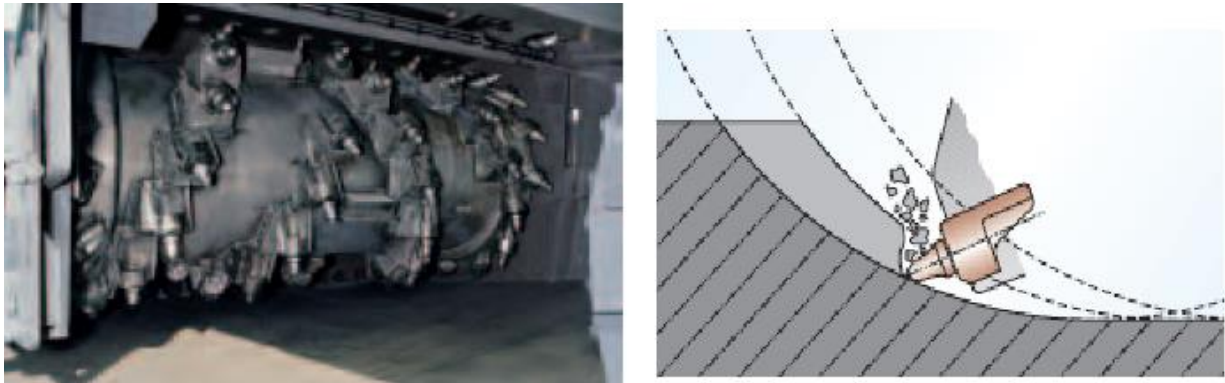


Figura 06 – Tambor Fresador SM 2500
(*Surface Mining - Wirtgen Surface Mining Manual. Edição 2008*)

As principais variáveis de controle da produtividade são:

- Espessura de corte (mm);
- Velocidade de avanço (m/min);
- Velocidade de rotação do tambor (rpm).

Todos esses parâmetros são controlados pelo operador pode variar de acordo com a resistência da camada de minério, granulometria desejada e necessidades operacionais diversas.

2. CAPITULO II – ASPECTOS GERAIS DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS S.A.

2.1 – Localização

Localizada à 360 km de Belém e 67 km do município de Paragominas, a MPSA tem suas atividades de lavra e beneficiamento de minério de bauxita concentradas no Platô Mintônia 3. Toda produção, em forma de polpa, numa proporção de 1:1, é enviada para Alunorte, através de um mineroduto de 244 km. A figura 07 mostra a linha do mineroduto durante sua implantação.



Figura 07 – Mineroduto MPSA - Alunorte

2.2 – Histórico MPSA

De acordo com arquivos históricos da Mineração Paragominas, as operações no Platô Miltônia 3 datam de 1971 com a descoberta dos alvos pela RTZ e 1972 com o início das pesquisas pela CVRD / DOCEGEO. Em 2001, as atividades foram retomadas e em 2002 a ALUVALE iniciou o projeto Bauxita Paragominas por meio da Mineração Vera Cruz, que, em 2004, foi incorporada pela CRVD, onde em junho deste mesmo ano, iniciou as obras de implantação. Os primeiros batchs de minério foram bombeados para Alunorte somente em 2007, com o início da operação do mineroduto. Em 2011, a Hydro assume o controle de toda cadeia de alumina e alumínio da Vale, sendo detentora também de 60% da Mina de Bauxita Paragominas e, atualmente, passa a ter 100% das ações, incluindo a CAP.

2.3 – Perfil Geológico

O perfil geológico típico da MPSA – Platô Miltônia 3 é composto por uma camada de solo vegetal (material orgânico retirado durante a supressão vegetal e posteriormente lançado sob as áreas já lavradas para ajudar no processo de reflorestamento), capeamento argiloso, bauxita nodular e nodular cristalizada, laterita ferruginosa pisolítica e concrecional, bauxita cristalizada, bauxita amorfa / cristalizada e bauxita amorfa, cujo as espessuras variam de acordo com a figura 08.

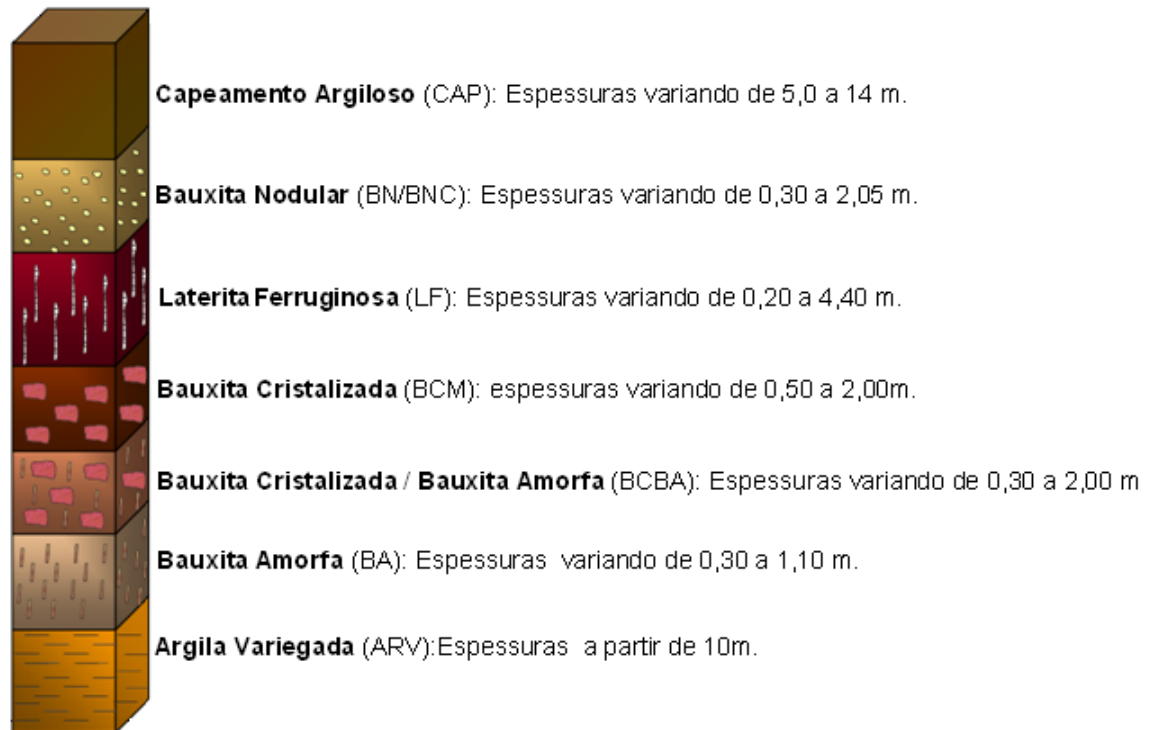


Figura 08 – Perfil geológico MPSA – Platô Miltônia 3
(Planejamento Estratégico MPSA. Revisão 03. 2009)

2.4 – Fluxograma de processos Mina e Usina

As atividades concentradas na mina são compostas por supressão vegetal, decapeamento, carregamento de minério através do método convencional ou com minerador de superfície, transporte até o sistema de britagem, preparo das áreas lavradas para reabilitação e recomposição vegetal das áreas lavradas. Na planta de beneficiamento tem-se uma seqüência de processos de cominuição e classificação, feitos através de broitadores de rolos dentatos, moinhos SAG e de bolas, espessadores, peneiras e baterias de ciclone. O fluxograma simplificado com os processos da mina e da usina podem ser visualizados nos nas figuras 09 e 10, respectivamente.

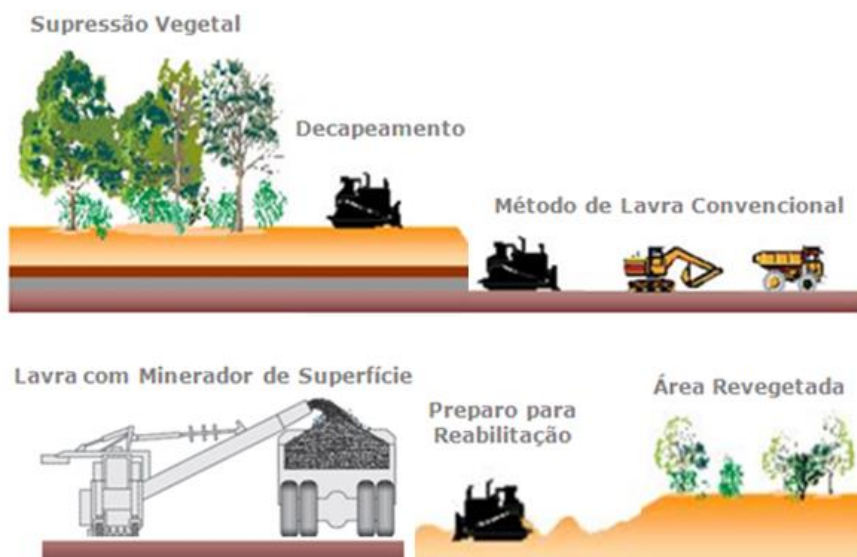


Figura 09 – Fluxograma de processos Mina
(Planejamento Estratégico MPSA. Revisão 03. 2009)

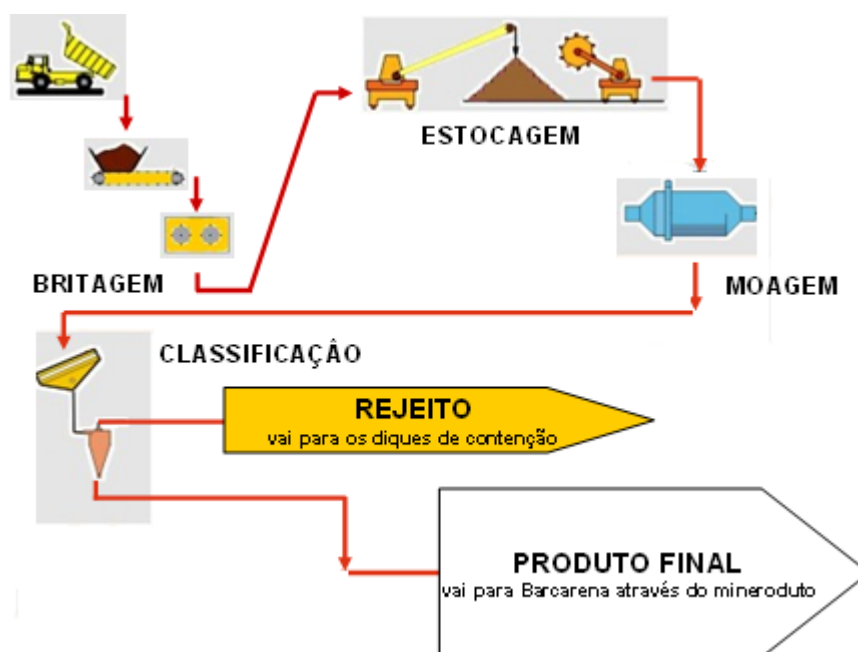


Figura 10 – Fluxograma de processos Usina
(Planejamento Estratégico MPSA. Revisão 03. 2009)

2.5 – Geometria das Faixas de Lavra

Dependendo do sistema de lavra adotado, a largura das faixas operacionais pode variar entre 20m e 25m. As figuras 11 e 12 mostram, respectivamente, a geometria / divisão da mina entre faixas e acessos e, suas variações de acordo com os sistemas de lavra.

Pode-se observar que a mina é dividida em blocos, ordenados de A à Z, separados por acessos a cada 400m e com as faixas de lavra transversais aos

mesmos.

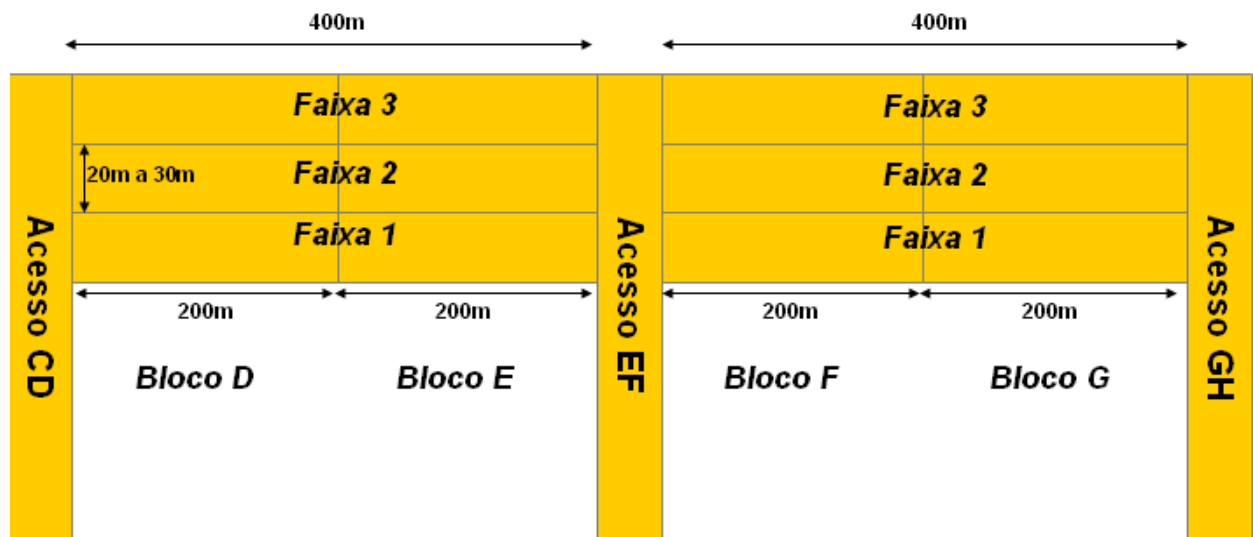


Figura 11 – Geometria / divisão das faixas e acessos

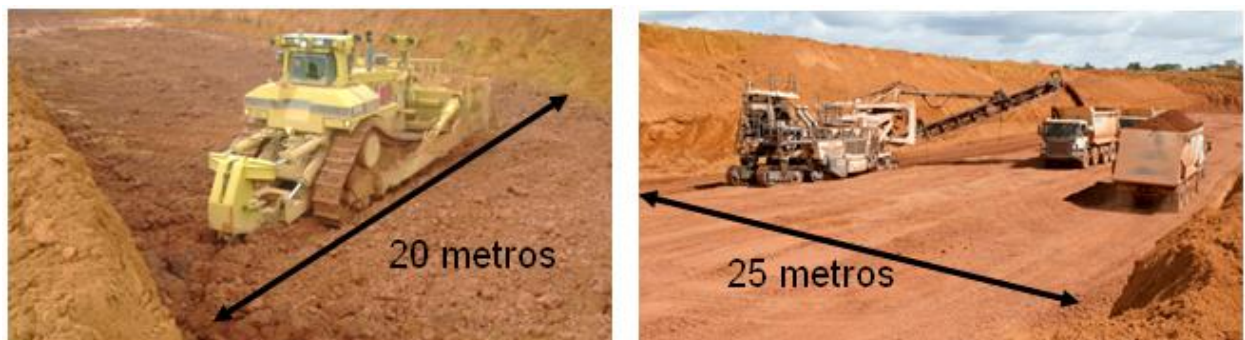


Figura 12 – Variações das faixas de acordo com sistema de lavra

De acordo com a figura 12, as faixas de lavra com 20m de largura são direcionadas para o método convencional e as faixas com 25m para o minerador de superfície.

3. CAPITULO III – SISTEMAS DE LAVRA

3.1 – Método de Lavra Convencional

A camada de bauxita cristalina é bastante compacta e, na maior parte, necessita de “afrouxamento” antes de ser escavada pela escavadeira hidráulica. Uma das formas de promover esse afrouxamento seria através do uso de explosivos. Entretanto, para diminuir o impacto ao meio ambiente, optou-se pelo desmonte a frio, por meio de escarificação realizada por tratores de esteira CATD11R. A eficiência dessa operação de desmonte por escarificador já está plenamente comprovada na Mineração Rio do Norte (MRN).

Uma das diferenciações entre o minerador de superfície e o método de lavra convencional é a geometria das faixas operacionais. A lavra convencional opera em faixa de 20m de largura x 200m de comprimento. A exposição do estéril, assim como nas áreas para o minerador, é feita pelos tratores de esteira em conjunto com escavadeiras de grande porte.

Após exposta, a bauxita é submetida ao processo de escarificação que é executada com a adaptação de escarificadores nos tratores de esteiras CAT D11R. Depois da escarificação, a superfície é regularizada com motoniveladora CAT 16H para facilitar o trabalho da escavadeira e possibilitar o tráfego de caminhões que transportam a bauxita até a britagem primária.

Uma vez escarificada, a bauxita é escavada e carregada em caminhões basculantes por meio de escavadeiras hidráulicas CAT 365CL, com caçambas de 5 e 5,2m³, e equipadas com implemento retro, trabalhando na parte superior da camada a ser escavada. Dessa forma, mesmo em períodos de chuvas intensas (dezembro a abril), a plataforma de operação permanece em condições seguras de trabalho. Diante da pequena espessura 1,5m da camada de bauxita, o alcance da lança é suficiente, permitindo um bom controle do operador para a seletividade na escavação.

O transporte da bauxita é efetuado por caminhões basculantes Scania P420 25m³, até a britagem primária. O caminhão carregado nas frentes de lavra transita sobre a camada de bauxita até um dos acessos perpendiculares às faixas, por onde faz o restante do percurso até o britador primário. Esses acessos foram projetados com um espaçamento máximo de 400 m, um dos outros. Os acessos são revestidos com laterita e a manutenção constante garante uma condição segura de tráfego dos caminhões durante todo o ano.

A figura 13 mostra o fluxograma do processo desde a escarificação com CAT D11R até o rastelo no método de lavra convencional.

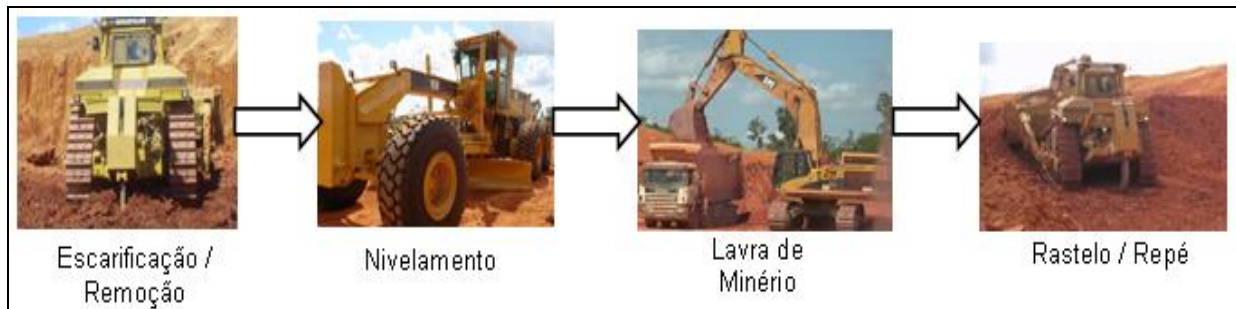


Figura 13 – Fluxograma de processos de lavra no método convencional

O gráfico da figura 14 mostra o tempo médio gasto em cada atividade do método de lavra convencional.

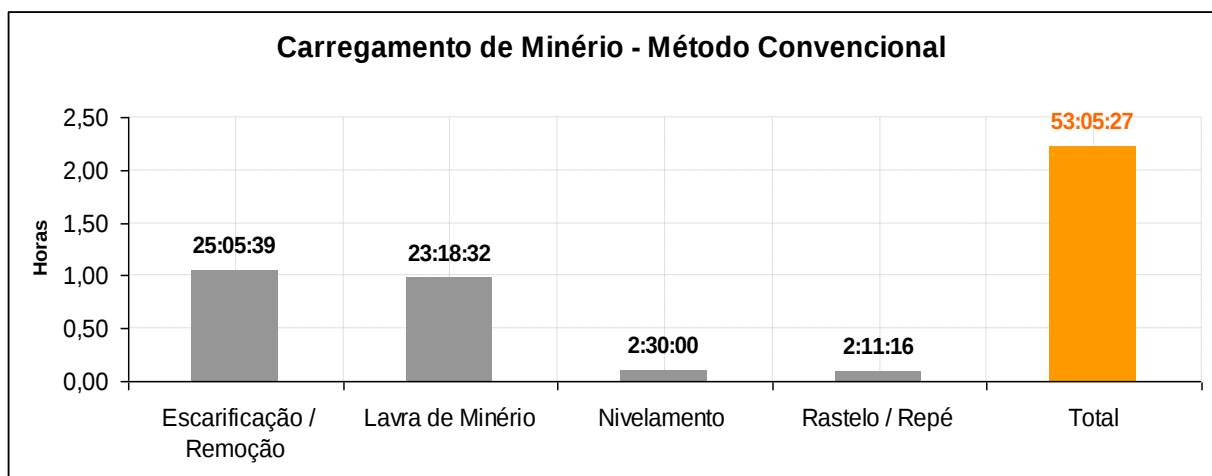


Figura 14 – Média de tempo gasto com as atividades de lavra no método convencional

3.2 – Método de Lavra com Minerador de Superfície

As áreas de operação do Minerador de Superfície (MS) têm, atualmente, as dimensões de 25m x 400m como mostra a figura 15. A exposição da bauxita (remoção da camada de estéril) segue o mesmo padrão referente ao método de decapeamento do sistema de lavra convencional.

As dimensões das faixas, 5 metros maior, estão diretamente relacionadas a dois fatores:

- Entrada e saída dos caminhões – dessa forma, eliminam-se as operações de manobra para o carregamento;
- Área livre para manobra do MS - ao final da faixa e início de um novo corte tem-se o espaço referente ao avanço do acesso para esta operação.

É de extrema importância que, durante a abertura da faixa, sejam respeitados os alinhamentos topográficos nos taludes de corte e de aterro e que as escavadeiras avancem no sentido do depósito além do contato do minério, pois assim, minimizam-se as perdas de minério durante o carregamento dos caminhões e as relacionadas ao contato lateral.

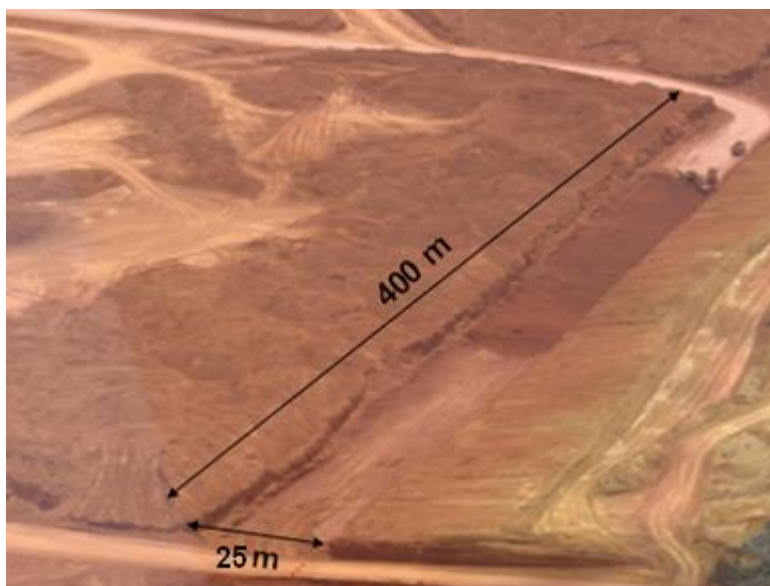


Figura 15 - Faixa de operação do minerados de superfície

O sistema de corte do equipamento vem sendo baseado em premissas de máxima produção, critérios de segurança e com menor percentual de atrasos operacionais.

3.2.1 – Características Operacionais

Os estudos iniciais mostraram que a produtividade do SM 2500 tem relação direta com algumas características do depósito e restrições operacionais encontradas. Dentre elas, destacam-se:

- 1 – Dureza e irregularidade da camada de minério;
- 2 – Manobra do equipamento;
- 3 – Tempo que a máquina aguarda a troca de caminhões;
- 4 – Ângulo de posicionamento da correia (lança);
- 5 – Granulometria.

Conforme figura 16, ao iniciar o corte, foram registrados tempos de ciclos de até 130 segundos, já que as primeiras camadas de minério, bauxita cristalizada (BC), apresentam maior resistência. Além disso, este tempo de ciclo é diretamente

influenciado pelas irregularidades do corpo de minério. À medida que se finaliza o primeiro corte e se obtém uma praça nivelada, os tempos de ciclo de carregamento variam entre 90 e 100 segundos.



Figura 16 – Superfície irregular da camada de bauxita

Outro ponto de influência é o ângulo de posicionamento da correia, podendo atuar com 90° ou 45°. A operação em perpendicular ao caminhão proporciona maiores condições de visibilidade ao operador do SM 2500 e, durante o carregamento, há um menor derramamento de minério. A operação em 45° é necessária quando o equipamento está próximo dos taludes do box. Nela, há um maior derramamento de minério no carregamento nas partes traseiras e laterais do caminhão, devido às más condições de visibilidade do operador. As situações descritas podem ser observadas nas figuras 17 e 18.



Figura 17 – Carregamento a 45° com derramamento de material



Figura 18 – Carregamento a 90° sem derramamento de material

Um dos atrasos operacionais que também tem impactos sobre a produtividade do minerador é o tempo gasto com a troca de caminhões após o carregamento. Atualmente são gastos em média de 18 a 20 segundos.

Outro ponto relevante é o sistema de manobra do SM 2500, sendo executada ao final de cada corte de acordo com o diagrama mostrado na figura 19 e gastando-se em média 7,5 minutos, contados a partir do término do carregamento do último caminhão e início do próximo corte, localizado ao lado do anterior. Nessa metodologia, não há carregamento de caminhões durante a manobra.

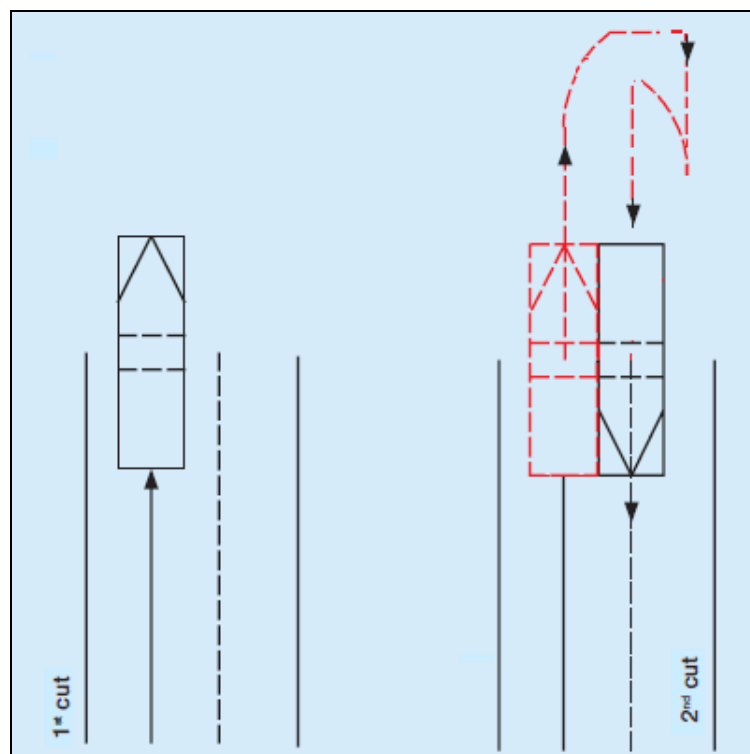


Figura 19 – Metodologia de manobra e seqüenciamento de corte 1
(*Surface Mining - Wirtgen Surface Mining Manual. Edição 2008*)

É válido ressaltar que a utilização desse sistema está diretamente relacionado ao tamanho da atual área de operação do SM 2500 (30m x 400m), onde nas duas extremidades da faixa são reservados 15m x 30m para realização da manobra.

O sistema da figura 20 apresenta características diferenciadas e, com a utilização deste método, espera-se inicialmente, uma redução de 25% nos tempos de manobra do equipamento. Além disso, dependendo da resistência da camada de minério, há a possibilidade de realizar a manobra e, ao mesmo tempo, carregar o caminhão. Entretanto, para aplicação desta metodologia, é necessário que o SM 2500 opere em áreas mais largas que as atuais ($\geq 50m$) que, para serem preparadas com a atual metodologia de decapeamento, inviabilizam o processo (A realização de pré corte com os tratores de esteira CAT D11 para alturas maiores que 8m e com faixas maiores que 30m provocam quedas exponenciais na produtividade dos mesmos).

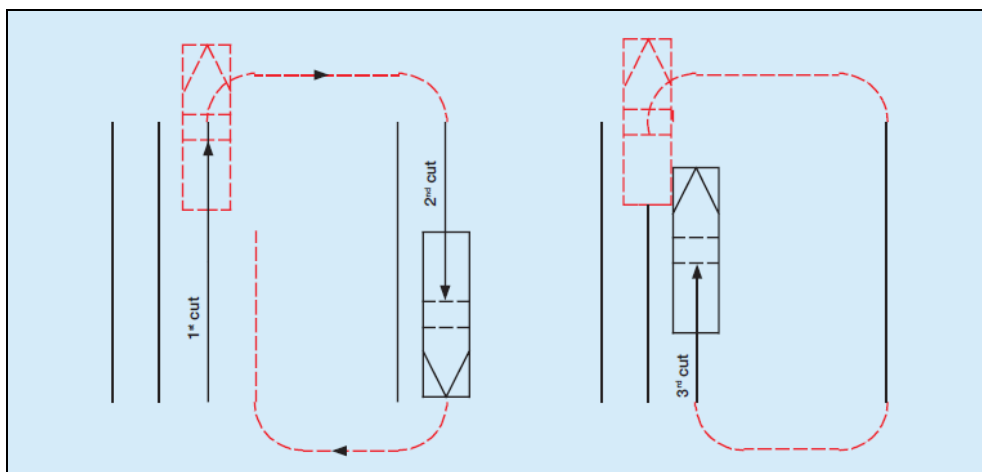


Figura 20 – Metodologia de manobra e seqüenciamento de corte 2
(Surface Mining - Wirtgen Surface Mining Manual. Edição 2008)

Dessa forma, a combinação ótima, tanto para ganhos com o sistema de manobra do SM 2500, quanto para o melhor seqüenciamento/alinhamento, possibilitando a operação do minerador em áreas mais extensas ($\geq 400\text{m}$) é a implantação do Bucket Wheel Excavator.

A faixa granulométrica esperada para o minério lavrado com o minerador de superfície deve atender as especificações operacionais de alimentação da moagem SAG (180 x 150 x 120 mm). Para isso, a configuração do tambor (figura 21 mostra dois tipos de tambores: maior e menor quantidade de bits), levando em consideração à resistência da camada de bauxita, deve apresentar uma maior quantidade de bits com uma geometria caracterizada por um pequeno afastamento entre eles. Entretanto, além da configuração do tambor fresador, no que tange à granulometria do material, outras variáveis devem ser consideradas: velocidade de rotação do tambor, velocidade de avanço da máquina e espessura de corte.

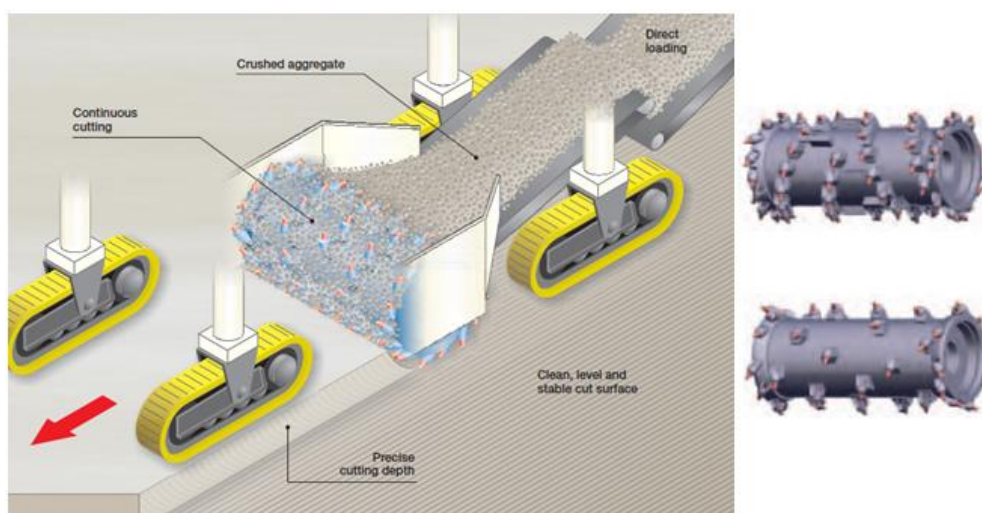


Figura 21 – Tambor fresador e sistema de corte e carregamento
(Surface Mining - Wirtgen Surface Mining Manual. Edição 2008)

O controle destas variáveis influenciará diretamente, além da granulometria, a produtividade e o custo operacional de lavra do equipamento.

O gráfico da figura 22 mostra os pontos operacionais ideais de corte, bem como os menores custos de extração.

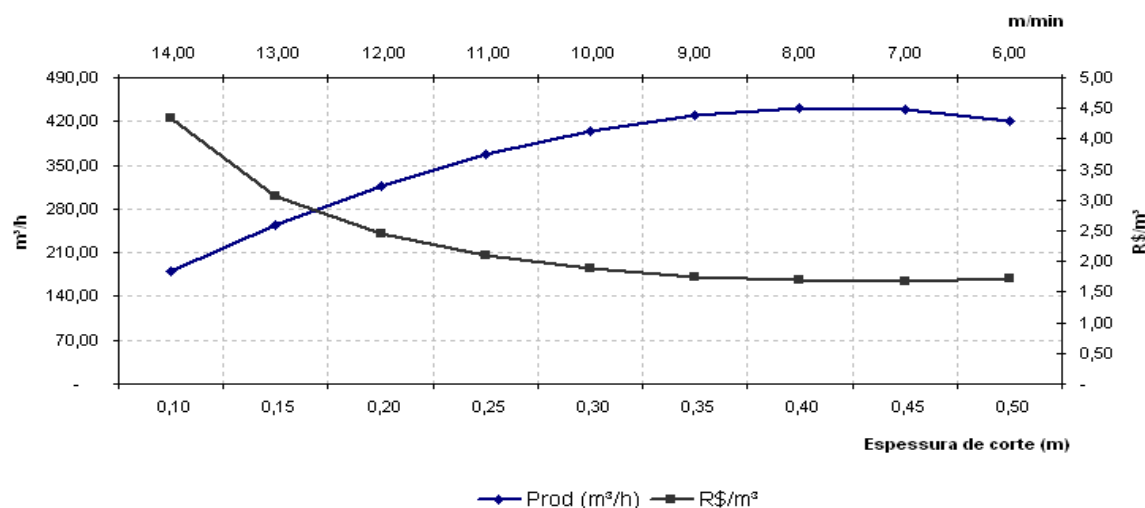


Figura 22 – Espessura de corte x produtividade

A metodologia de lavra do minerador faz com que cortes de menores espessuras gerem uma elevada quantidade material nas laterais da faixa de lavra e grandes quantidades de manobras, apesar de proporcionarem ao equipamento altas velocidades de deslocamento. Quanto maior for esta quantidade, maior será o retrabalho para retirada do mesmo.

Contudo, amostragens iniciais do material gerado pelo minerador mostram que para os cortes entre 0,40m e 0,45m há uma elevada degradação do material, não atendendo assim, em 100%, as condições ideais de granulometria para alimentação da moagem SAG. Isso ocorre devido à baixa velocidade de avanço da máquina, fazendo com que haja constante fragmentação em locais próximos uns aos outros.

Não se sabe ainda se modificações no tambor de corte ou em suas velocidades de rotação e espessuras de corte menores com maiores velocidades de avanço podem melhorar a distribuição granulométrica do material. Também não foram determinadas quais as possibilidades de adequação da moagem para a granulometria atual. Dessa forma, estudos mais detalhados, mostrando a distribuição granulométrica para cada espessura de corte, com diferentes rotações de tambor, suas respectivas produtividades e custos operacionais.

Na figura 23, pode-se observar que o fluxograma das atividades no sistema de lavra com a utilização do minerador de superfície contempla apenas duas etapas e de lavra e a de rastelo/ re-pé.

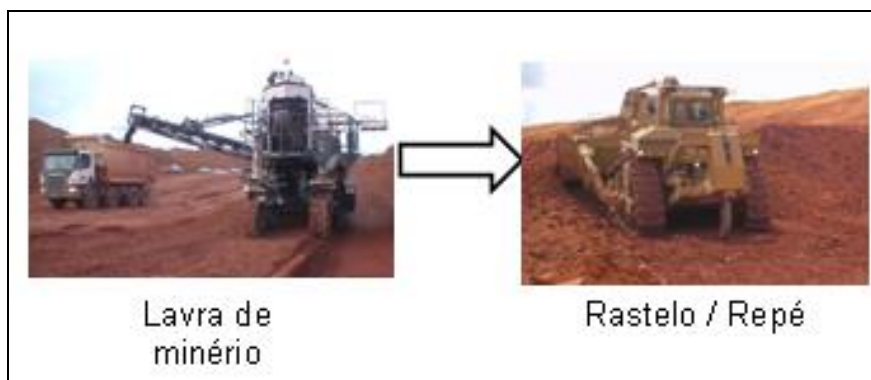


Figura 23 – Fluxograma de processos de lavra com SM2500

O tempo total de lavra do SM 2500 elimina as fases de escarificação / remoção e nivelamento e a faixa de lavra possui largura 10m maior. A figura 24 apresenta os tempos de carregamento de minério para o método do sistema de lavra com SM 2500.

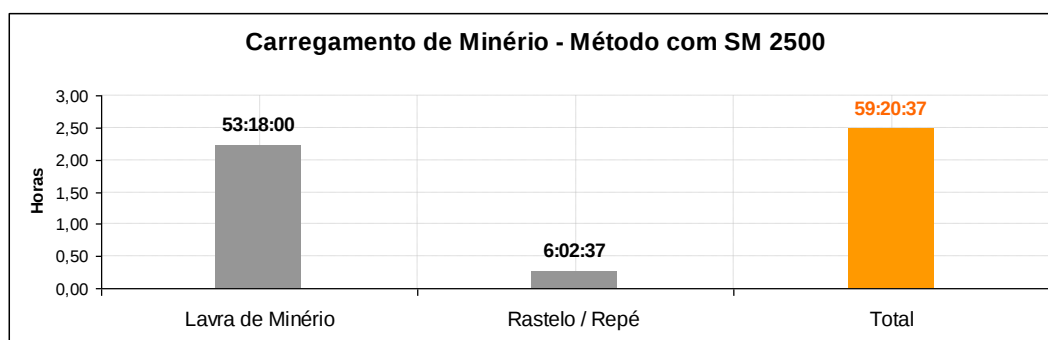


Figura 24 – Média de tempo gasto na atividade de lavra com o sistema SM 2500

Obs: Os tempos totais e de atividades unitárias, mostrados em ambas as metodologias, referem-se à operação (início ao fim) das suas respectivas faixas de trabalho.

Tanto para o método convencional, quanto para o sistema com a utilização do minerador de superfície, o transporte de minério de bauxita é o mesmo. As principais diferenças entre as metodologias são a eliminação das etapas de escarificação / remoção e nivelamento com o método do SM 2500, entretanto, faz-se ainda necessário a realização de rastelo/ re-pé com mais frequência que nas faixas com o método convencional.

4. CAPITULO IV – COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS

As tabelas 1 e 2 mostram os tempos gastos com a atividade de lavra nos dois métodos. O tempo de carregamento dos caminhões no método com o SM 2500 é menor do que o método convencional como pode ser visto na tabela 3.

Para o sistema de lavra com o minerador as variáveis de observadas foram a espessura do corte, mantendo a velocidade de avanço a maior possível e rotação do tambor em 60rpm. Já o método convencional, foram observados os tempos relacionados à cada etapa deste sistema.

Carregamento de Minério - Método Convencional					
Amostra	Escarificação/ Remoção	Lavra de Minério	Nivelamento	Rastelo / Repé	Total
1	25:09:28	23:18:32	2:35:00	2:16:43	53:19:43
2	26:32:10	21:31:05	1:56:32	1:54:13	51:54:00
3	25:44:23	19:55:18	3:12:45	2:18:09	51:10:35
4	27:03:15	19:37:02	2:55:14	2:13:24	51:48:55
5	29:17:03	29:31:04	3:01:01	1:23:47	63:12:55
6	21:02:19	22:32:13	1:58:00	2:32:12	48:04:44
7	20:50:54	26:44:30	1:51:28	2:40:23	52:07:15
Média	25:05:39	23:18:32	2:30:00	2:11:16	53:05:27

Tabela 1 – Tempo médio de lavra de minério no método convencional

Carregamento de Minério - Método com Surface Mining 2500			
Amostra	Lavra de Minério	Rastelo / Repé	Total
1	50:10:13	06:12:32	56:22:45
2	60:12:35	05:00:21	65:12:56
3	51:25:53	05:46:31	57:12:24
4	51:49:03	06:16:50	58:05:53
5	53:31:00	06:00:10	59:31:10
6	52:43:12	07:03:48	59:47:00
7	53:14:04	05:58:09	59:12:13
Média	53:18:00	6:02:37	59:20:37

Tabela 2 – Tempo médio de lavra de minério no método com o SM 2500

Tempo de carregamento de Scânia P420				
Surface Mining 2500			EH CAT 365CL	
Nº	Tempo Carregamento	Espessura Corte (cm)	Tempo Carregamento	Nº Conchadas
1	00:02:15	45	00:02:23	6
2	00:02:45	42	00:02:23	5
3	00:01:55	52	00:02:05	5
4	00:02:06	53	00:03:04	7
5	00:02:15	52	00:03:04	6
6	00:02:23	53	00:02:56	6

7	00:02:20	52	00:02:40	7
8	00:02:19	52	00:02:50	6
9	00:02:30	52	00:02:42	5
10	00:01:33	40	00:02:17	5
11	00:01:44	42	00:03:06	7
12	00:02:18	50	00:03:10	7
13	00:02:08	50	00:02:45	6
14	00:02:07	50	00:02:57	6
15	00:01:32	48	00:03:00	6
16	00:01:25	46	00:03:11	6
17	00:02:01	50	00:03:02	7
18	00:01:59	51	00:03:11	6
19	00:02:12	50	00:03:11	7
20	00:02:25	51	00:03:10	7
21	00:02:01	51	00:02:25	7
22	00:02:35	53	00:03:15	6
23	00:02:07	53	00:03:00	7
24	00:02:18	52	00:03:01	7
25	00:02:35	53	00:03:04	7
26	00:02:13	51	00:02:56	6
27	00:03:01	55	00:03:18	7
28	00:02:04	52	00:02:34	6
29	00:01:39	45	00:03:01	6
30	00:01:37	45	00:02:43	6
Média	00:02:09	50	00:02:53	6

Tabela 3 – Tempo de carregamento de Scânia P420

4.1 – Consumo de Diesel

A análise dos dados, considerando a diferente geometria das faixas de operação do método convencional (20m x 200m) e com o SM2500 (30m x 400m), permiti gerar a relação l/t, mostrada na figura 25 e a espessura de minério foi de 1,55m para os dois sistemas. O índice l/t para o sistema de operação com o SM é 1,5 vezes menor que o sistema convencional. Além de um menor consumo de diesel e maior produtividade no processo de lavra, com a utilização do minerador de superfície, pode-se optar futuramente, pelo uso de caminhões com maiores capacidade, obtendo-se menores custos com transporte de minério e também, operando com DMT reduzidas (distância média de transporte), através da implantação do sistema de correia transportadora.

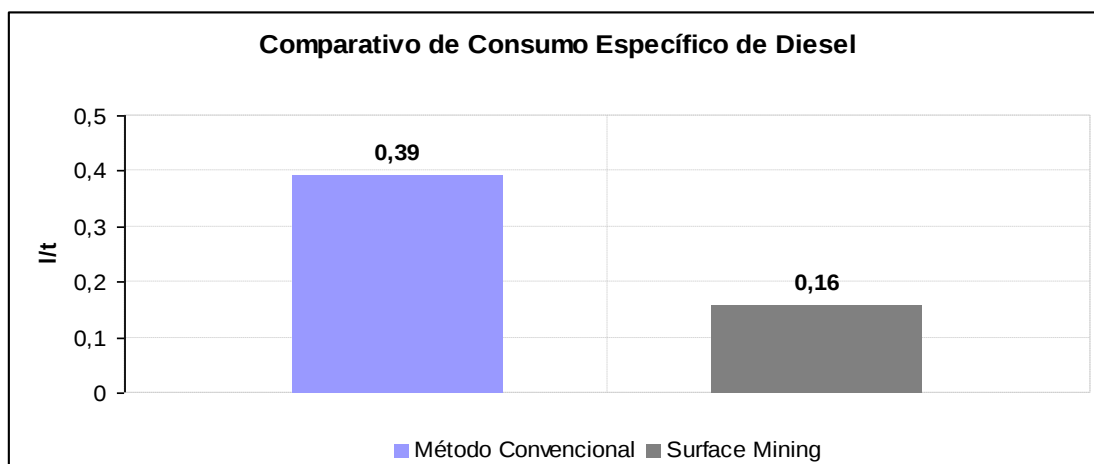


Figura 25 – Comparativo de consumo de diesel entre os sistemas de lavra

Equipamentos Usados na Lavra - Método Convencional	Consumo l/h	Litros
Trator de Esteira CAT D11R	122,23	3.334,66
Escavadeira Hidráulica CAT 365CL	44,19	1.030,02
Motoniveladora CAT 16H	21,82	54,55
Total		4.419,23
Consumo Específico l/t - Método Convencional		0,39

Tabela 4 – Consumo específico de diesel do método convencional

Equipamentos Usados na Lavra - Surface Mining	Consumo l/h	Litros
Surface Mining 2500	100,00	5.330,00
Trator de Esteira CAT D11R	122,23	738,72
Total		6.068,72
Consumo Específico l/t - Surface Mining		0,16

Tabela 5 – Consumo específico de diesel do método com o SM 2500

4.2 – Produtividades

O sistema de lavra com o minerador de superfície, conforme mencionado substitui um conjunto de operações unitárias. Dentre elas, tem-se o carregamento de minério pelas escavadeiras CAT 365CL, cuja produtividade, comparada com a do SM 2500, pode ser observada a seguir na figura 26.

Um ponto importante, com relação à análise das produtividades destes equipamentos, é com relação à densidade, já que para a escavadeira CAT 365CL o material encontra-se empolado, pois já foi “desmontado” durante a escarificação e, para o minerador de superfície, a operação é diretamente no minério *in situ*

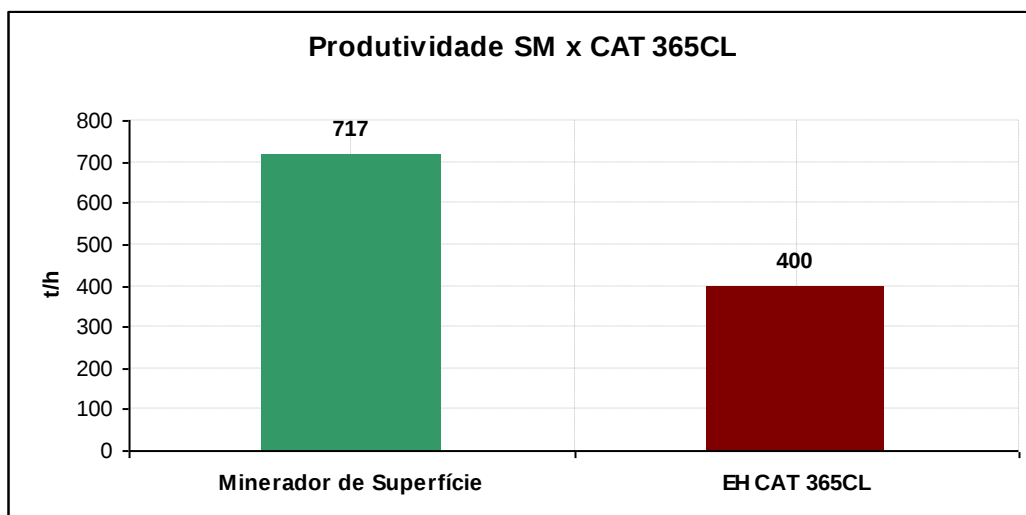


Figura 26 – Comparativo de produtividade entre SM e CAT 365CL

Atualmente, o foco principal das operações do minerador de superfície é o treinamento dos operadores, o conhecimento das características mecânicas e das limitações da máquina. Com isso, sabe-se que para se obter boa performance, é necessário otimizar, por exemplo, as condições de manobra e angulação dos pisos da praça.

4.3 – Utilização e Headcount

Após o término de início do programa de treinamento dos operadores, o SM 2500 passou a operar em regime de turnos, nos horários de 00:00 às 06:00, 06:00 às 15:00 e 15:00 às 00:00, apresentando uma utilização média de 79%.

Com a utilização do minerador de superfície ocorreu eliminação das etapas de rastelo/ remoção e nivelamento, o que possibilita a utilização do efetivo destinado para essas atividades em outras atividades, como por exemplo, o rastelo após a lavra com o SM 2500 e na otimização de outros equipamentos.

4.4 – Sistema de Drenagem

A operação do minerador de superfície em períodos de elevada pluviometria (janeiro a maio) requer condições de drenagem mais específicas que as utilizadas nas demais frentes de lavra da mina, devido às restrições do equipamento ao trabalhar em áreas alagadas (o nível de água dentro da faixa não pode atingir a caixa de correias do tambor de corte). Com isso, nas áreas disponibilizadas para o SM, é de extrema importância que se realize o nivelamento da camada de minério, sendo esta ação feita

durante a realização do primeiro corte e ao término do decapeamento. Além disso, devem-se confeccionar curvas de nível nos pontos de segundo piso, leiras de contenção nos depósitos e direcionamento da água dos acessos para os sumps de captação, minimizando assim, a entrada de água para cava de minério.

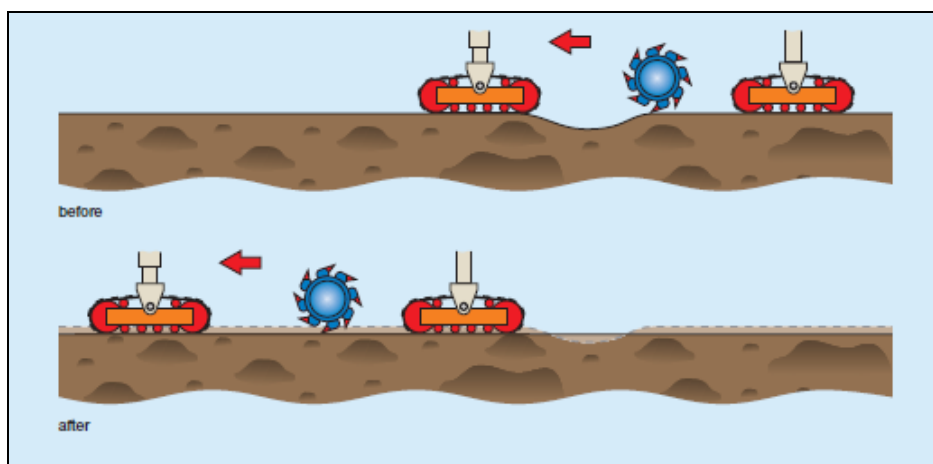


Figura 27 - Nivelamento da camada de minério no 1º corte do SM 2500
(*Surface Mining - Wirtgen Surface Mining Manual. Edição 2008*)

4.5 – Segurança

As principais preocupações durante a operação do minerador de superfície são referentes ao tráfego de entrada e saída dos caminhões na praça de carregamento e a realização da pré manobra, quando necessária, já que o SM 2500 proporciona uma operação dinâmica, fazendo com que o sentido de tráfego seja alterado a cada início/término dos cortes.

Além disso, outro ponto de grande importância é o correto posicionamento da lança e dos caminhões no momento do carregamento, pois a existência de erros nessa operação pode proporcionar o toque da lança com a balança. As ações de prevenção adotadas foram a sinalização do SM 2500 e a colocação de cordas nas extremidades da lança, fazendo com que os operadores dos caminhões tenham uma referência para o posicionamento e alinhamento dos caminhões basculantes durante o carregamento.



Figura 28 – Cordas de segurança/ referência na lança do SM 2500

5. CAPITULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período de testes do SM 2500 realizado na mina de Bauxita Paragominas o foco foi o treinamento dos operadores, entretanto, foi possível medir alguns ganhos introduzindo o minerador de superfície na lavra de bauxita comparado com o método atual. Os ganhos detectados foram menor consumo de combustível (SM 2500=0,16 l/t CAT 365CL=0,39 l/t), menor tempo de carregamento de caminhão Scania P420 (SM 2500=02' 09", CAT 365CL= 02'53"), maior produtividade (79% maior) que as CAT 365CL e eliminação das etapas de escarificação e nivelamento.

Existem ainda outras possibilidade de ganhos com a introdução do SM 2500 na MPSA, que devem ser mensuradas com a continuação dos testes, como carregamento de minério em caminhões CAT 777F, possível impacto no decapeamento devido a largura da faixa de lavra, redução de frota de caminhões, aumento da produtividade carregamento minério, redução custo de carregamento, eliminação do britador primário, possibilidade de uso de TCLD, eliminação/mitigação dos riscos operacionais e alocação do efetivo atual de CAT 365CL para outras atividades, em função do porte/produtividade dos equipamentos.

Ainda deve ser elaborado um plano de drenagem no fundo de cava para a operação do SM 2500 contemplando as características operacionais do mesmo. Os planos de drenagem de fundo devem minimizar o acumulo de água, que poderá acarretar em impedimento do tráfico de caminhões.

Em função dos ganhos observados e medidos neste período, ressaltando que o objetivo não foi a busca de alta performance do equipamento, a introdução do SM 2500 é hoje a melhor opção para se obter a redução dos custos operacionais e investimentos, através da substituição dos tratores de esteira D11 e motoniveladora, no processo de escarificação e nivelamento, substituição da escavadeira CAT 365CL possibilitando maior seletividade na lavra e proporcionando a possibilidade de operação com caminhões de maiores capacidade (CAT777F) e, com o obtenção da curva granulométrica e blendagens adequadas, substituição do britador. Além disso, a evolução na curva de produtividade do SM será cada vez maior à medida que se opere com áreas mais extensas (faixas maiores que 30m x 400m) e alinhadas, podendo ser obtidas com a implantação do *Bucket Wheel Excavator*.

6. BIBLIOGRAFIA

- 1 -Surface Mining - Wirtgen Surface Mining Manual. Edição 2008.
- 2 - Manual de Produção Caterpillar. Edição 38. Janeiro 2008.
- 3 - Stoeterau, Rodrigo, Manual Prático de Fresagem. Edição única 2007.
- 4 – Manual de Produção Sandvick / Dormer. Edição 03 2001.