

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA HP-DS (*HIGH PRECISION DRILL SYSTEM*) PARA ALOCAÇÃO DE MALHA DE PERFURAÇÃO NAS MINAS DE FERRO DE CARAJÁS*

Elton de Sousa Veras¹
Taníria Thais Lourenço Ferreira²

Resumo

Entendendo-se a complexidade e o impacto da etapa de Perfuração e Desmonte de Rochas nos processos unitários subsequentes, foi iniciado um projeto para otimização do planejamento e execução desse processo. Dessa forma, foi desenvolvido um projeto para auxiliar no planejamento e execução das malhas de perfuração utilizando o sistema *High Precision Drill System* (HP-DS). Foi realizado um levantamento em campo para comprovação dos ganhos potenciais de redução de custo e aumento de produtividade, sendo resultados expressivos do ponto de vista financeiro, operacional e de segurança, possibilitando uma redução potencial de 15,8% (percentual de metragem que não agrega valor) de metros perfurados sem comprometer o grau de fragmentação especificado para as operações unitárias de lavra. A eliminação dessas perdas representaria uma redução potencial de custos na ordem de 20 milhões de reais.

Palavras-chave: Sistema HP-DS; Sistema GNSS; Melhoria de fragmentação de rochas; Redução de Custos.

USE OF THE HP-DS (*HIGH PRECISION DRILL SYSTEM*) FOR ALLOCATION OF DRILLING PATTERN IN CARAJÁS IRON MINES

Abstract

Understanding the complexity and impact of Drilling and Blasting step in subsequent unit processes, a project was started to optimize the planning and execution of this process. In that way, a project was developed to assist in the planning and execution of drilling pattern using the High Precision Drill System (HP-DS). A field survey was carried out to prove the potential gains of cost reduction and productivity increase, with significant results from the financial, operational and safety point of view, allowing a potential reduction of 15.8% (percentage of footage that does not add Value) of drilled meters without compromising the degree of fragmentation specified for unitary mining operations. The elimination of these losses would represent a potential cost reduction of around R\$ 20 million.

Keywords: HP-DS System; GNSS System; Improvement of rock fragmentation; Cost reduction.

¹ Engenharia de Minas, Pós-Graduado, Engenheiro de Perfuração e Desmonte de Rochas, Infraestrutura de Mina, Vale, Parauapebas, Pará, Brasil.

² Engenharia de Minas, Graduanda, Universitária, Infraestrutura de Mina, Unifesspa, Marabá, Pará, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O processo de Perfurar e Desmontar Rochas nas Minas de Ferro Carajás é uma etapa integrante e necessária das atividades da operação de Mina, portanto, a otimização desta operação é muito importante já que a fragmentação obtida afeta assim o custo de toda a gama de atividades inter-relacionadas, como carregamento, transporte, britagem e, até certo ponto, moagem.

Entendendo-se a complexidade e o impacto dessa etapa nos processos subsequentes, foi iniciado um projeto de otimização dos custos efetivos de perfuração e desmonte de rochas.

Para elevação do patamar das operações de carregamento e transporte, concluiu-se que as malhas de perfuração das litologias competentes necessitavam de redução para aumentar o grau de fragmentação dessas rochas, redução da perfuração específica (t/m), ou seja, aumento da necessidade de metros perfurados para os anos subsequentes.

A decisão de reduzir a perfuração específica implicou em um aumento da necessidade de perfuração em 18%. Como consequência dessa necessidade, foi desenvolvido um projeto para auxiliar no planejamento e execução das malhas de perfuração, utilizando o sistema *High Precision Drill System* (HP-DS), em português, Sistema de Perfuração de Alta Precisão, baseado no sistema *Global Navigation Satellite System* (GNSS), em português Sistema Global de Navegação por Satélite.

1.1 Perfuração Georreferenciada

A introdução do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), no processo de extração mineral pode ser entendida como um marco na trajetória de controle de processos desta área. Este tornou-se a solução técnica predominante para alocação de furos (posicionamento e alinhamento) em minas a céu aberto, substituindo a marcação física (marcação com trena) dos furos nas bancadas, eliminando a falta de simetria da malha, resultando em problemas de fragmentação, além dos erros provenientes da dificuldade de visão da marcação pelo operador dentro da cabine, a possibilidade da danificação da mesma pela circulação de veículos auxiliares, equipe, entre outros.



Figura 1. Marcação física com trena.

Fonte. Projeto de perfuração autônoma Vale.

O sistema atualmente utilizado em Carajás para otimização da operação das perfuratrizes é denominado *High Precision Drill System* (HP-DS), adquirido da *Modular Mining System*.

Em tal configuração, o operador é assistido por um sistema que compreende um receptor de posicionamento por satélite e sensores de precisão. O sistema mede e compara a posição e cotas atuais com aqueles pré-definidos por um projeto de perfuração armazenado no sistema. Esta abordagem usa duas antenas de satélite, uma para a informação de posição e a segunda para obtenção do azimute da perfuratriz, item de vital importância na perfuração inclinada.

Para alcançar os resultados desejados no desmonte, os furos precisam ser posicionados e alinhados com precisão segundo o projeto de perfuração, por isso, além da instrumentação do GNSS, a plataforma de perfuração é equipada com sensores de precisão, já mencionados anteriormente, necessários para calcular a posição da ferramenta de perfuração e o alinhamento do mastro no sistema de coordenadas selecionado. A precisão é alcançada com o posicionamento dinâmico em tempo real e é de responsabilidade do operador, que controla a plataforma de perfuração.

O download do projeto de perfuração para o sistema de navegação é realizado de forma automática através do DESPACHO. O projeto é um arquivo contendo o posicionamento x, y e a cota objetivo, z, dos furos em um formato compreendido pelo sistema.

Ao combinar os dados do posicionamento e realizar um cálculo comparando com as informações do projeto de perfuração, o sistema indica para o operador, através do Console Gráfico, em inglês, *Color Graphics Console (CGC)*, para o posicionamento correto e inclinação, nos casos em que houver. O CGC é a interface do operador com o DESPACHO.

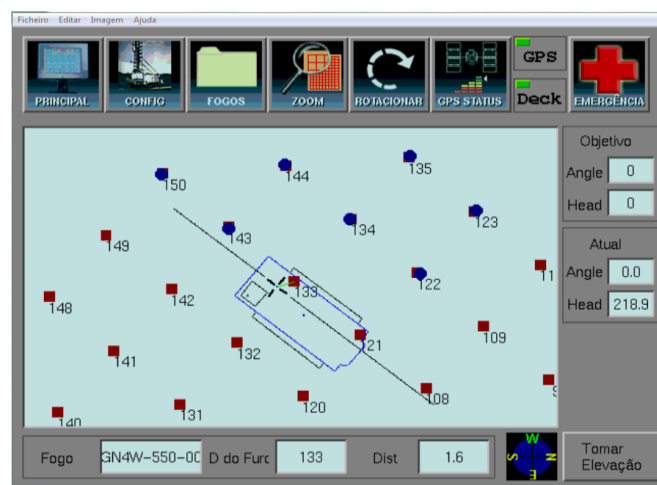


Figura 2. CGC – Cabine de operação.

Para o uso do sistema HP-DS é necessário a integração de várias áreas da mina, iniciando com o fornecimento de arquivos por parte do planejamento (planos mensais, modelagem geológica e mapeamento de superfície, *grid* de drenagem), da topografia com o fornecimento do arquivo de topografia atualizada da mina e polígono da praça a ser desmontada levantado em campo e da equipe do DESPACHO, para disponibilização do projeto para download nas perfuratrizes.

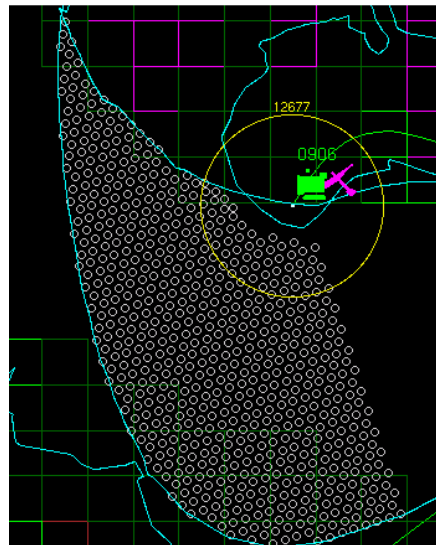


Figura 3. Exemplo de projeto de perfuração carregado no DESPACHO.

O software utilizado atualmente para criação do projeto de perfuração é a plataforma HxM Blast do MineSight®. A plataforma permite a criação de projetos de perfuração com a possibilidade de visualização de características litológicas e geomecânicas da mina, fornecidos pelo planejamento, para alocação de malha de perfuração. Além disso, pode-se criar projetos de desmonte, com temporização, sequência de iniciação, perfil de carregamento do furo e consumo total de insumos.

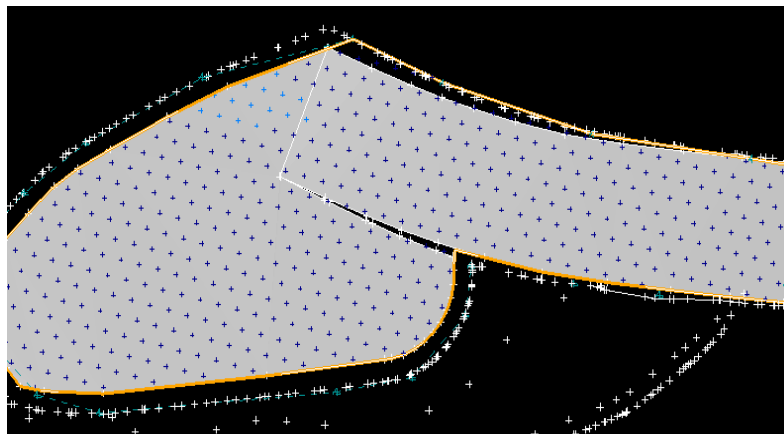


Figura 4. Projeto de perfuração – MineSight.

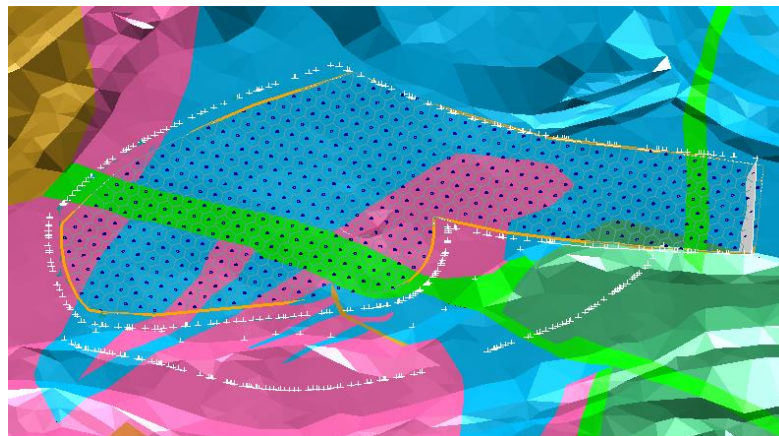


Figura 5. Visualização de litologias – MineSight.

1.2 Monitoramento dos parâmetros de perfuração

O monitoramento dos parâmetros de perfuração nas minas de ferro de Carajás é realizado atualmente pelo Drill Management System (DMS), em português, Sistema de gerenciamento de perfuração, desenvolvido pela Modular Mining Systems.

A atual tecnologia utiliza a transmissão dos dados por frequência de rádio, permitindo o monitoramento em tempo real. Este monitoramento permite uma caracterização em tempo real da rocha, dando rápido suporte para tomada de decisão. Outro ponto importante é o intervalo de coleta dos dados. A tecnologia atual permite uma coleta de dados a curtos intervalos do furo (6 a 30 cm), tornando possível a elaboração de perfis detalhados dos furos com as características geomecânicas do maciço rochoso. [0]

Os principais parâmetros disponibilizados pelo sistema são: pressão de avanço (psi); pressão de rotação (psi); taxa de penetração (m/h); pressão de ar da broca (psi) e profundidade do furo (m).

Hole: FGN4EN-580-2006-6//PO			Drill: 0702		
Bit psi	Air Pr psi	Pressao Ro psi	Pull Down psi	Taxa Penet m/hr	Profundida m
296.69		217.32	-326.13	576.00	0.30
296.69		217.32	-326.13	0.00	0.60
296.69		181.09	-326.13	648.00	0.90
296.69		217.32	-326.13	984.00	1.20
296.69		362.24	-326.13	0.00	1.50
296.69		217.32	-326.13	774.00	1.80
296.69		217.32	-326.13	0.00	2.10
173.61		797.00	-326.13	126.00	2.40
274.97		833.23	-326.13	42.00	2.70
289.45		978.15	-326.13	114.00	3.00
293.07		905.69	-326.13	0.00	3.30
224.29		869.46	-326.13	78.00	3.60
282.21		869.46	-326.13	84.00	3.90
256.87		869.46	-326.13	102.00	4.20

Figura 6. Exemplos de dados de um furo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A etapa experimental do presente trabalho consistiu em três partes. A primeira consistiu no levantamento, com auxílio da topografia, de uma população de furos para identificação dos desvios nos eixos x,y e z. Para realização do levantamento, a equipe de topografia referenciou (x,y e z) 943 furos realizados em 3 (três) praças de perfuração com auxílio de estação total de alta precisão.

O objetivo principal desse levantamento foi constatar as perdas inerentes à não-utilização da perfuração georreferenciada com o uso do sistema HP-DS.

Para quantificação dessa perda, foram utilizados recursos do software Minesight - HxM Blast. Todos os furos foram inseridos no software para verificação da distribuição geométrica, ou seja, verificar a geometria da malha executada em campo apenas com utilização de trenas métricas.

A segunda consistiu na realização de observações de campo para analisar o sequenciamento de perfuração, e a terceira, a utilização dos parâmetros do furo disponibilizados pelo sistema HP-DS, para traçar o perfil do furo, adequar a malha de perfuração e carregamento segundo as características encontradas e retroalimentar o modelo geológico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Redução de Custos

3.1.1 ANÁLISE DO PLANO X, Y

Após processamento dos dados e análise dos levantamentos realizados observou-se uma distribuição assimétrica dos furos alocados por marcação física. Esse fato contribui para alocação de recursos de forma insuficiente em alguns pontos, e de forma excessiva em outros, favorecendo para zonas sem abrangência da energia dos explosivos, e em outras, concentração excessiva da mesma. Essas variações, além de aumentarem os custos de perfuração e desmonte reduzem a qualidade desse processo.

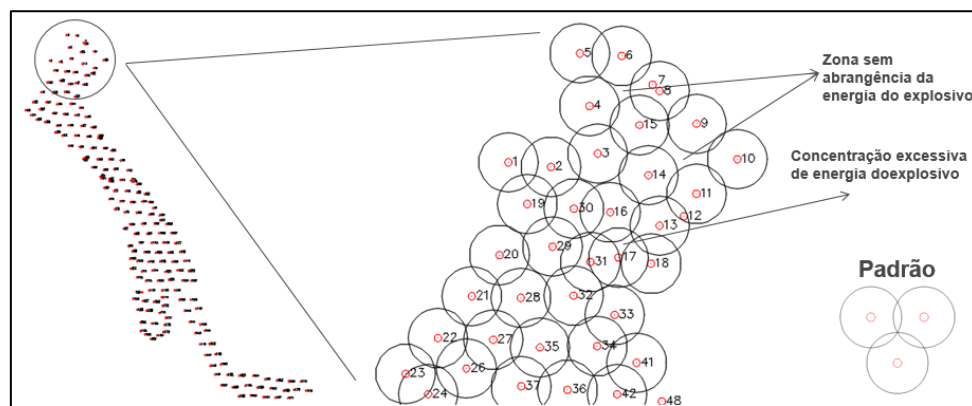


Figura 7. Ilustração prática dos efeitos da assimetria da malha de perfuração.

Na praça abaixo, a perfuração foi realizada sem auxílio de GPS de alta precisão, total de 234 furos. A assimetria dos furos foi verificada com a utilização do software mencionado anteriormente, que oferece um recurso de cálculo de área de influência dos furos.

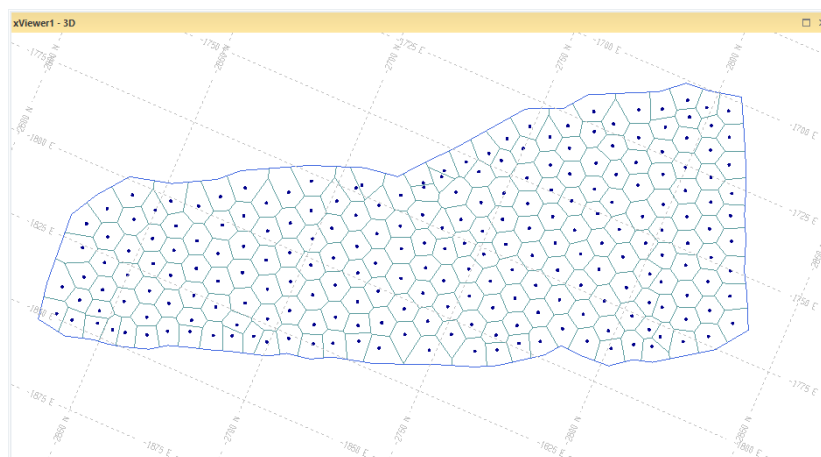


Figura 8. Furos levantados em campo – Área de influência dos furos.

Observando no software o modelo de blocos contidos nos intervalos do polígono para aplicação de uma malha ideal, constatou-se a presença de litologias classificadas como competentes e friáveis, ou seja, existia a necessidade de

diferenciação de malhas para essas litologias antes do início da operação de perfuração. Essa diferenciação fica comprometida sem o auxílio de ferramentas computacionais como softwares e o sistema HP-DS.

Para efeito de quantificação das perdas inerentes, foi desenhado no software uma nova configuração de malha, levando em consideração o modelo de blocos para designação das malhas de perfuração. Com auxílio do sistema georreferenciado seria necessário um menor número de furos (6,8% menor).

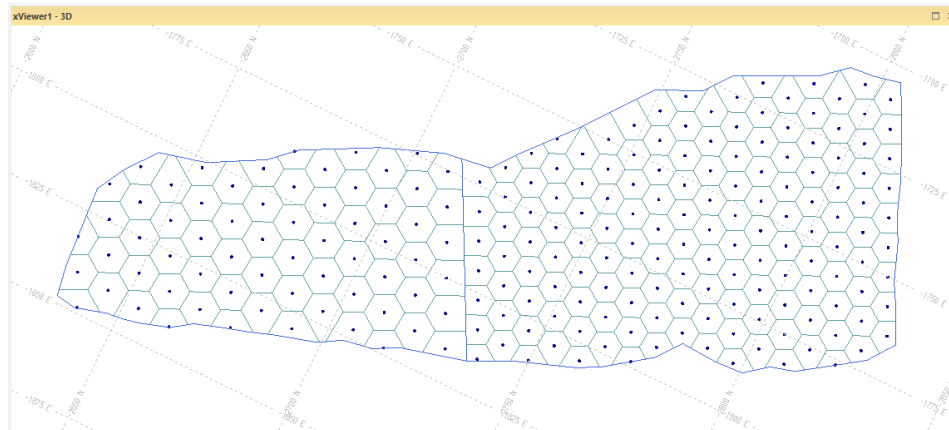


Figura 9. Área de influência para cada litologia.

Resultado da análise do plano X,Y:

- Redução potencial de 6,8% (percentual de metragem que não agrega valor) na metragem perfurada quando se utiliza HP-DS – Análise de todos os furos levantados;
- Geometria de malha comprometida quando se utiliza o método de marcação física (trenas métricas);
- Redução da qualidade do desmonte por não apropriação correta de malha.
- Riscos não conhecidos como ultra lançamento de fragmentos oriundos do desmonte de rochas.

3.1.2 ANÁLISE DO PLANO Z

Durante o levantamento, foram medidas as profundidades de todos os furos cadastrados. O objetivo foi verificar o percentual de metros perfurados de forma desnecessária. Isso ocorre pois, sem o auxílio do sistema de alta precisão, não é possível quantificar as metragens necessárias para atingimento da cota objetivo em função da variação topográfica da praça de perfuração. Esse fato contribui para o aumento dos custos de perfuração e desmonte além de interferir na qualidade do piso operacional da mina.

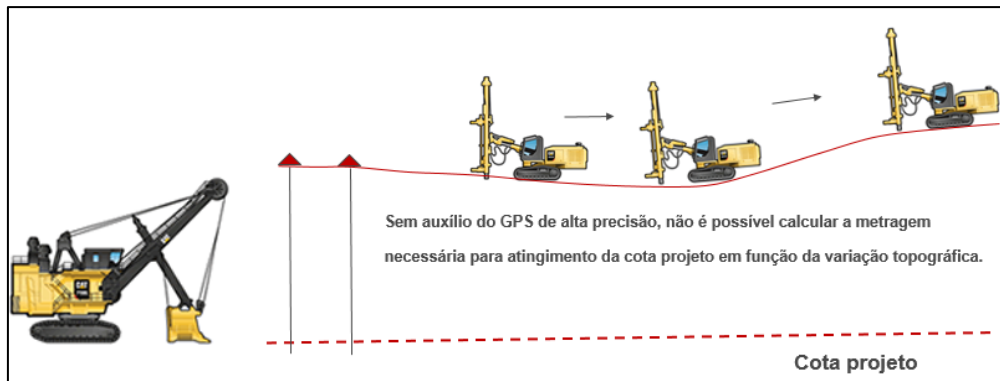


Figura 10. Ilustração das perdas de metragem em função da não utilização do uso de GNSS de alta precisão.

Sem o conhecimento dessa variação, o operador sempre executa a mesma metragem para todos os furos, observando apenas os desníveis informados nas estacas topográfica.

Abaixo segue esquema gráfico de um levantamento para observação do efeito ilustrado acima. O esquema ilustra a variação das profundidades perfuradas (triângulos verdes) em torno do alvo de perfuração (Cota Projeto).

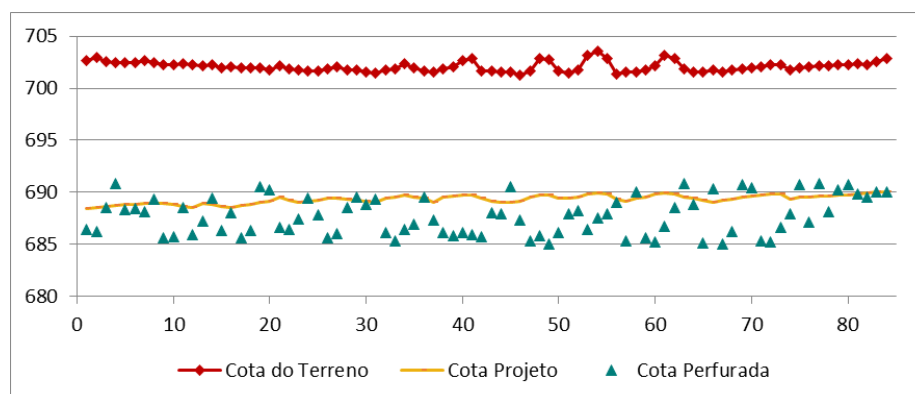


Figura 11. Quantificação de metragem desnecessária na perfuração de rochas.

Resultado da análise do plano Z:

- Acréscimo de 9,0% (percentual de metragem que não agrega valor) - Análise de todos os furos levantados;
- Comprometimento do piso operacional de mina quando se utiliza o método convencional de perfuração.

3.1.3 PERDAS TOTAIS QUANTIFICADAS

- Plano x,y – 6,8%
- Plano z – 9,0%
- Total de 15,8% de perdas.

A eliminação dessas perdas representaria uma redução potencial de custos na ordem de 20 milhões de reais quando observados todos os ganhos do projeto.

3.2 Produtividade

A produtividade global de perfuratriz é composta de duas parcelas: taxa de penetração (m/h) e tempo de ciclo (minutos). O tempo de ciclo é composto pelos tempos fixos necessários para a execução de um furo. O tempo de locomoção entre furos é um dos constituintes deste tempo de ciclo e representa o tempo necessário para locomoção entre dois furos consecutivos.

Por meio de observações de campo foi constatada uma falta de disciplina no sequenciamento de perfuração.

Observou-se que não existia um sequenciamento preferencial de perfuração, furos eram realizados de forma aleatória, ilustrados pela seta vermelha e pelos polígonos verdes na imagem abaixo. Esse não sequenciamento impactava diretamente no tempo de locomoção entre furos, além de influenciar no “entupimento” dos furos durante a locomoção da perfuratriz (perda de furos).



Figura 12. Análise de causas em campo.

Como resolução dessa causa, foi elaborado um padrão de sequenciamento de perfuração de rochas, com vistas a eliminar as perdas de furo por “entupimento” e reduzir o tempo de locomoção entre furos. Além do mais, com esse novo padrão, reduziu-se as perdas devido a “entupimento” pelos comboios de abastecimento de diesel e água nas praças de perfuração.

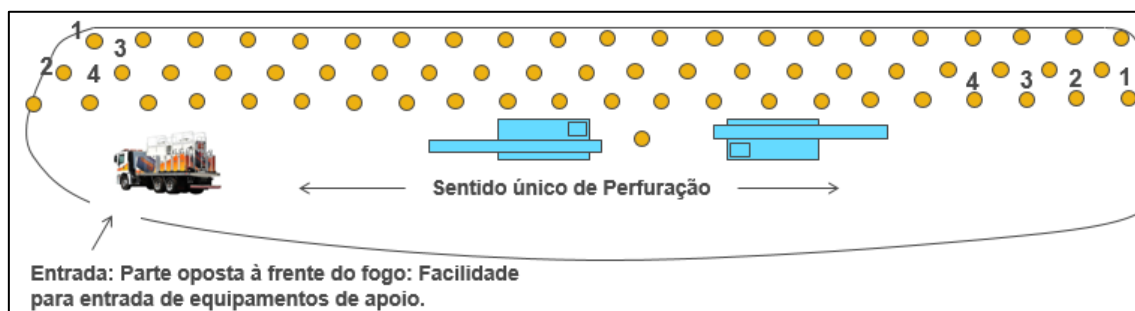


Figura 13. Padrão de sequenciamento de perfuração.

As premissas utilizadas para determinação da sequência padrão foram:

- Seguir padrões de segurança;
- Manter distância de segurança entre perfuratrizes, eliminar abalroamento entre equipamentos;
- Início da perfuração na face livre;
- Reduzir o “stress” nas esteiras das perfuratrizes.

O processo de sequenciamento de perfuração é facilmente implementado com a utilização dos projetos de perfuração georreferenciada, facilitando a

visualização da sequência pelo operador. A partir do projeto foi possível reduzir em 27% o tempo de locomoção entre furos.

3.3 Reconciliação modelagem geológica

Além dos ganhos já citados anteriormente, pode-se citar como grande vantagem desse sistema a possibilidade de atualização do modelo de blocos através das informações oriundas da perfuração.

Em um dos testes realizados, foi constatada essa possibilidade. A figura 14 a esquerda ilustra o plano de perfuração gerado com base nas informações do modelo de blocos, cada cor representa o tipo de litologia carimbado no modelo. Durante a perfuração georreferenciada, foram aferidos todos os furos através de observações visuais e das variáveis de perfuração. Após conclusão do plano de perfuração foram plotados todos os furos, no mesmo posicionamento planejado, porém com as informações litológicas observadas durante a perfuração, esquema da direita da figura 14.

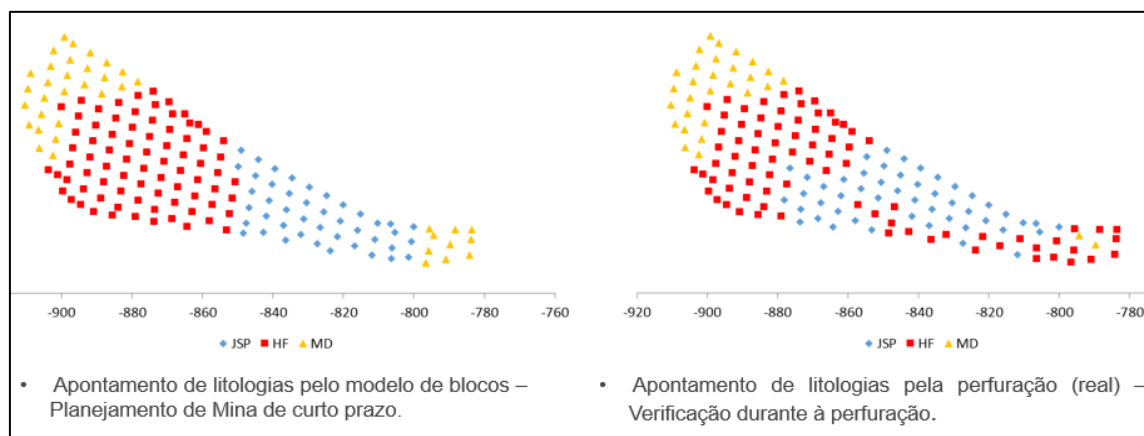


Figura 14. Possibilidade de atualização do modelo de blocos com informações da perfuração georreferenciada.

Outro ganho notório é a possibilidade de traçar o perfil do furo e adequar a malha e o carregamento de explosivos para cada situação. As minas de ferro de Carajás possuem uma variação extensa de litologias, apresentando 10 litologias principais. Transições de rocha friável para competente ou vice e versa, são muito comuns, e nem sempre detectadas pela equipe de geologia.

Um exemplo prático foi verificado em um projeto de perfuração, onde após a análise das variáveis de perfuração foi possível identificar a presença de rocha competente, que anteriormente havia sido mapeada pela geologia de mina como rocha friável, portanto a alocação de uma malha condizente à esta litologia acarretaria problemas ao processo de escavação. A partir dos parâmetros plotou-se gráficos para verificação do perfil dos furos e a possibilidade do mapeamento exato do contato da rocha competente com a rocha friável.

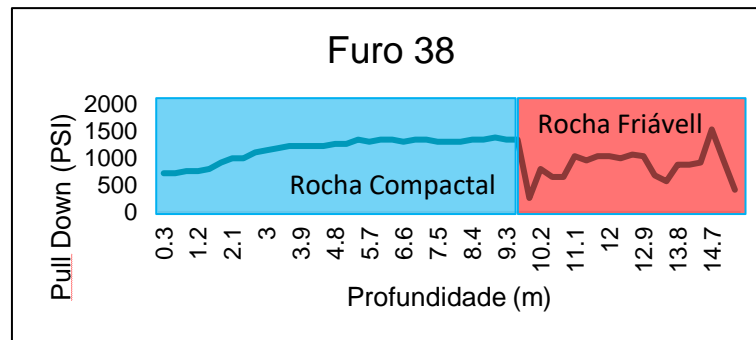


Figura 15. Exemplo de furo analisado - Variação do parâmetro de avanço com a profundidade.

A partir da comprovação da existência de bancada com configuração compacto/friável, foi possível adequar o plano de fogo, evitando granulometria acima do especificado, comum nessas regiões em função da fuga da energia do explosivo para a parte inferior da bancada (região de rocha friável).

4 CONCLUSÃO

A busca pela competitividade na mineração começa com o aumento da produtividade. Esse aumento se dá pela abordagem estruturada dos processos unitários de lavra de mina visando à melhoria sistêmica dessas fases. Uma visão generalizada proporciona a integração dos processos unitários, facilitando as análises necessárias para a melhoria contínua.

A utilização do sistema HP-DS traz diversos ganhos para o processo de perfurar e desmontar rochas, influenciando, também diretamente nos processos subsequentes. Os principais ganhos verificados no processo foram: ganhos em segurança operacional (redução de riscos desconhecidos como ultra lançamento); Perspectiva de redução de 15,8% (percentual de metragem que não agrega valor) dos metros perfurados; Melhoria na geometria e alocação das malhas; Melhoria da qualidade do desmonte em função da apropriação correta da malha de perfuração; Extensão dos ganhos para outras áreas como planejamento, geologia e operação de Mina; Melhoria no piso operacional de Mina e disponibilização de tempo para os técnicos de perfuração, por não ser necessário marcar fisicamente a malha de perfuração na bancada.

Com o apoio total da liderança, esse projeto deixa um legado evolutivo para desenvolvimento de trabalhos futuros nos diversos âmbitos da operação de Mina.

REFERÊNCIAS

- 1 Morais JL. Novas tecnologias de perfuração e detonação utilizadas nas minas de Carajás [tese de doutorado]. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais; 2004.