

## **Sistema de transporte por bandas transportadoras desde as frentes de trabalho até as plantas de processamento Mina Catoca**

***Transport system by conveyor bands from work fronts to Catoca mine processing plants***

**António Francisco Mateus João<sup>1\*</sup>, Manuel Fidel Sonhi Manassa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Escola Superior Politécnica da Lunda Sul. antofrancio@hotmail.com

<sup>2</sup> PhD. Professor Auxiliar, Decano da Escola Superior Politécnica de Lunda Sul. fidelmanassa@hotmail.com

\*Autor para correspondência: antofrancio@hotmail.com

### **RESUMO**

Este trabalho se realizou nas áreas de exploração de diamantes, basicamente em Mina Catoca, Província da Lunda Sul, Angola, com o objetivo fundamental de propor uma metodologia de cálculo para implementar um sistema de transporte por bandas transportadoras das frontes de trabalho até as plantas de tratamento. A investigação realizada demonstrou que o sistema de transporte actual utilizada na mina é por caminhões de 100 e 40 toneladas não é o mais eficiente de acordo às condições técnico mineiras de exploração actuais e às exigências e a dinâmica atual dos processos de extração, carga e transporte de mineral que requer uma mina, para o cumprimento eficiente do seu programa produtivo e económico, daí importância da necessidade de realizar a proposta inicial de uma metodologia de cálculo que permitirá o passo ao estudo posterior de outros fatores para decidir a implementação futura do então sistema de transporte. A proposta de cálculo exposta permite a implementação de um sistema de transporte combinado (caminhões - bandas transportadoras), das frontes de trabalho para as plantas de benefícios, o emprego do BT podendo reduzir o custo de transportação da massa mineira em 30-40%, e incrementar a produção em 1,5-2 vezes. A implementação de Banda Transportadora de Tecnologia de Fluxo Cíclico pode permitir o aumento do volume de extração mineira em 25 milhões de toneladas por ano, reduzir os custos operacionais e o aumento da produtividade da mina.

**Palavras clave:** Sistema de transporte, planta de tratamento mineiro, banda transportadora.

### **ABSTRACT**

*This work took place in the areas of exploration of diamonds, basically in Mine Catoca, Province of Lunda Sul, Angola, with the fundamental objective of proposing a calculation methodology to implement a transport system for bands carriers of the work foreheads to the treatment yarn. In the investigation the geology of the area was characterized and of the area of the works, the main mining operations are described, the system of current transport of the mine is characterized and their main weaknesses are valued. they come different types of transport systems for bands carriers and their specific technical characteristics main. The accomplished investigation demonstrated that the system of current transport that it uses the mine that is for trucks of 100 and 40 tons is not the most efficient of agreement to the conditions technician current exploration inhabitants of Minas Gerais and the demands and the current dynamics of the extraction processes, load and mineral transport that it requests the mine for the efficient execution of his/her productive program and economical financier, then the need to accomplish the initial proposal of a calculation methodology that allows the step to the subsequent study of other factors to decide the future implementation of said transport system. The exposed calculation proposal allows the implementation of a system of combined transport (trucks - bands carriers), of the work foreheads for the plants of benefits, the job of BT can reduce the cost of transportation of the mining mass in 30-40%, and to increase the production in 1,5-2 times.*

**Keywords:** *Transport system, mining treatment plant, conveyor band.*

## **INTRODUÇÃO**

O dinamismo do meio produtivo faz com que seja cada vez mais necessário um transporte interno de cargas nas linhas de produção eficaz e ágil, para que se tenham resultados significativos do ponto de vista econômico e produtivo em que de forma sincronizada une o termo custo benefício. Essa movimentação envolve deslocamentos horizontais e verticais de produtos e matéria-prima. Para realizar esta tarefa, máquinas de elevação e transporte são utilizadas nos seus mais diferentes tipos e aplicações.

Na busca de alternativas para maximizar operações, com sistema mais contínuo possível, a mineração passou a aplicar britagem primária mais próxima à frente de exploração. Com aumento relativo da exploração subterrânea, tem se tornado comum essa operação em subsolo, seguida de transporte parcial ou total em correia até a superfície. Projetos e expansões de minas existentes são exemplos em todo o mundo.

A eficácia da implementação dos transportadores de bandas foi demonstrada por vários projectos científicos e em parte por sua implementação na actividade minera de diamantes de Angola. Da ali a Necessidade de implementar um sistema para o transporte de matéria prima mineral das frentes de trabalho até as plantas de processamento na Mina Catoca. Este artigo tem como objetivo reflexionar em torno a um sistema de transporte por bandas transportadoras em nas plantas de processamento em Mina Catoca.

## **DESENVOLVIMENTO**

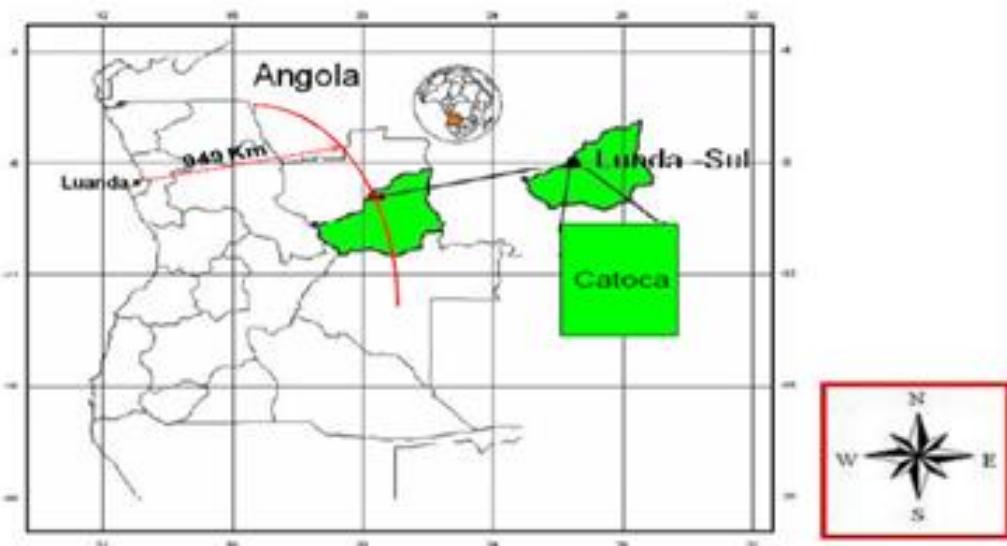
### **Características geologica e mineira da Catoca.**

Em termos administrativo-geográficos, a chaminé kimberlítica de Catoca situa-se no Nordeste da República de Angola, na parte Noroeste da Província da Lunda- Sul. Regionalmente, a Lunda Sul avizinha no Norte com a Província da Lunda Norte, no Sul com a Província de Moxico, no Oeste com a Província de Malanje, e no Leste confina com a República Democrática do Congo ex. (Zaire).

O território da área de concessão da SMC encontra-se dentro da folha topográfica 121-SG34 (escala 1:1.000.000) do Cadastro Topográfico do Estado, numa região situada nos limites entre as Lendas Norte e Sul, e ocupa uma área de 340 km<sup>2</sup>, delimitada por coordenadas de 20°15'00" 20°24'15" de longitudes Este e 9°18'00" 9°29'20" de latitudes Sul. As coordenadas geográficas da chaminé de Catoca são: 20°18' de longitude Leste e 9°25' de latitude Sul.

Orograficamente, a região da área de concessão representa uma planície monótona, que é a parte Leste do planalto da Lunda, com a inclinação geral da superfície na direcção do Sul ao Norte, e com as cotas absolutas de 1078 a 1036 m nos interflúvios e de 1000 a 900 m nos vales dos rios.

A rede hidrográfica da região também está orientada na direcção Norte e faz parte da bacia duma grande artéria fluvial – rio Congo. São rios Luembe, Chicapa, Luachimo, Chiumbe, Luxico e outros, que correm subparalelamente do Sul ao Norte. Os vales dos mesmos são abertos e têm formas de U e V. São rios de médio comprimento, frequentemente com pedregais, são impróprios para navegação, possuem recursos hídricos potenciais. Neste aspecto, o mais atractivo é o rio Chicapa que corre ao longo do limite Leste da área de concessão de Catoca.



**Fig.1** Mapa de localização do Kimberlito de Cotoca

#### Descrição das principais operações mineiras em mina catoca

Os trabalhos de mineração na chaminé «Catoca» foram iniciados em 1997. Segundo a Fundamentação Técnico-Económica (FTE) elaborada por Instituto «Yakutniproalmaz», em 2001, tinha sido aceite o diagrama etapa por etapa de aproveitamento da jazida por meio de formação do contorno intermediário da mina aberta, da profundidade de 100 m (cota abs. +860 m), sendo a profundidade de projecto igual a 400 m.

Em 2008, foi efectuada a correcção da FTE conforme a qual a profundidade final da mina aberta aumenta-se de 400 até 600 m, se previa um acréscimo por etapas da produtividade de mina aberta quanto à extração de minério até 13 milhões de Ton., tiveram em consideração a aplicação de linhas de esteiras transportadoras no transporte de minério e de rochas vazias.

A saída do noroeste serve para transportar minério ao CT (módulo 1 e módulo 2), ao Depósito de minério e ao Módulo de britagem e recarregamento da linha de esteira transportadora, bem como – para transportar estéreis por meio de autotransporte às Escombeiras Norte e Sul de estéreis.

A saída do nordeste serve para transportar rocha vazia por meio de autotransporte à Escombeira Oriente de aterros e ao módulo de carregamento da linha transportadora de estéreis. A abertura da zona de trabalho da mina aberta, hoje em dia, é realizada com ajuda de rampas provisórias de automóveis, orientadas, no fundamental à saída ocidental.



**Fig. 2** Vista geral da mina aberta «Catoca»

Actualmente, as plataformas estão transformadas em bermas horizontais. A ligação entre andares é efectuada por estas bermas que dão para a estrada tecnológica principal.

Hoje dia, são realizados trabalhos activos para a abertura da acumulação de minério na faixa de operação, com objectivo da redução de altura do bordo que está provisoriamente fora de trabalho e a colocação de um bordo na posição provisoriamente fora de trabalho no segundo contorno intermediário na parte do nordeste de mina aberta. A partir de 1997 e até agora, os trabalhos de abertura têm-se efectuados em 17 andares – desde 1020 até 860 m – inclusivamente, os de extracção – em 15 andares – desde 1000 até 860 m – incluindo.

Entretanto, como mostrou a experiência de operação das linhas transportadoras, sua produtividade real está um pouco mais abaixo da calculada, o que é condicionado por muitos factores: pequena experiência no trabalho com sistemas afins, grande número de paradas imprevistas ligadas a avarias como da própria linha, tanto da britadeira (na linha de minério), etc. Na perspectiva, o dispor dos transportadores de minério e estéreis deve assegurar redução na quantidade de autotransporte bem caro, diminuição de despesas operacionais ao transporte de massa mineira e liquidação de atraso na escavação de estéreis que tem lugar até agora.

### **Condições técnico-mineiras de operação y sistema de exploração**

Já que as rochas de estéreis no contorno da mina aberta, no fundamental, se compõem de sedimentos arenosos e arenoso-argilosos com grande volume de areias saturadas de água, pois em caso de dispor de precipitações atmosféricas abundantes e na ausência de quantidade suficiente de brita (todas as estradas no projecto e na mina aberta estão cobertas com o material de saibro), a empresa está forçada de utilizar camiões basculantes de viabilidade aumentada, de firmas «Caterpillar» e «Volvo», marcas D400, Cat-740, Volvo-A-40.

Os equipamentos de carregamento mineiro estão representados por carregadores Volvo 330, escavadeiras Cat-375 LME, Liebherr 984 (4 unidades), em serviços auxiliares – Cat-330 (1 unidade), Cat-5080 (2 unidades) – no depósito de minério, perto de búnkeres funcionam carregadores Cat-980 (2 unidades), Cat-988 (1 unidade). As máquinas de buldózer estão representadas por buldózeres de lagarta Cat D7R, D9T, D10R, D11R e com os de roda Cat 824.

O diagrama tecnológico inclui o desmonte directo da massa de estéril na possança sobreposta (areias do Kalahari) a escavadeiras que têm capacidade de colher 5–7 m<sup>3</sup> e o carregamento por camiões basculantes, da capacidade de carga igual a 36 toneladas. A escarificação de rochas sólidas (gnaisses) é efectuada por meio de perfuração e por explosão: são perfurados por máquina de sondagem «Ingersoll Rand – Atlas Copco» com aplicação de materiais explosivos (ME) orgânicos produzidos em Angola. O desmonte do kimberlito é realizado sem usar modo de escarificação da massa por meio de perfuração e por explosão; sectores contendo espécies sólidas de kimberlito são submetidos à escarificação com ajuda de buldózeres Cat D10 e Cat D11R. A escarificação de perfuração e por explosão de massa mineira é executada só em casos excepcionais com consumo específico reduzido do ME, quando não há possibilidade de efectuar a escarificação mecânica de massa, (Ver fig 3).

A exploração do jazimento kimberlítico se realiza com o arranque directo e carga da massa mineira com escavadoras de 5-18 m<sup>3</sup> de capacidades e o transporte dos escombros e do mineral em camiões de 40-100 t e correias transportadoras de até 2,5 km, (Ver fig 4).

Os parâmetros de exploração são os seguintes: (Zvonarev, 1999)

1. Altura dos bancos de trabalho ----- 5 – 10 m
2. Altura dos bancos provisionais não operacionais ----- 10 – 30 m
3. Angulo de inclinação dos bancos: duplos ----- 35°
4. Triples ----- 30°
5. Largura de frentes de trabalho ----- 30 – 60 m
6. Comprimento das plaças de transporte e de segurança ----- 20 – 30 m



**Fig. 3** Condições técnico-mineiras de operação



**Fig.4** Parâmetros do sistema de exploração

#### Caracterização do sistema de transporte actual em mina Catoca

A rapidez do processo de arranque – carga – carregamento e transporte, depende do quanto acessível está o material. Durante a etapa da pesquisa, verificou-se que tem sido um dos processos mais delicados, tanto no cumprimento do plano de remoção de rochas estéreis, como no abastecimento do minério às centrais de tratamento; uma vez que se requer a disponibilidade ótima das máquinas auxiliares no caso de minério e boa fragmentação do material de cobertura (gneisses), uma vez que qualquer imprevisto com um dos casos, já obriga um atraso, (perda de tempo e afectação do ciclo de trabalho) primeiro da escavadeira em agarrar o material da pilha e segundo no carregamento deste ao camião, por isso, a disponibilidade dos equipamentos auxiliares (Buldozeres), joga um papel fundamental. Ver figura 10a e b.



**Fig 5. a).**- Importância da escarificação do minério. **b).** Fácil carregamento quando o material está previamente desmiuçado.

#### Sistema de transporte por bandas transportadoras

As correias transportadoras são um dos sistemas mais versáteis para o transporte e manejo de materiais sólidos a granel. Estas equipes permitem dirigir uma ampla gama de materiais em uma ampla fila de capacidades. Neste tópico se estabelecerão os parâmetros de desenho mais relevantes das correias transportadoras e se avaliarão as condições que favorecem sua utilização.

A eficiência ou a efetividade de uma correia transportadora dependerá da escolha adequada dos elementos básicos que as configuram, em combinação com a integração apropriada da unidade ao sistema. Estes elementos são:

- ⊕ Aplicabilidade das correias transportadoras
- ⊕ Determinação do largo das correias transportadoras
- ⊕ Determinação da velocidade das correias transportadoras

- Determinação da potência das correias transportadoras
- Acertos do rolo trator
- Tensão das correias transportadoras
- Selecção das correias transportadoras
- Diâmetro do rolo trator
- Diâmetro do eixo
- Dimensionamento dos rolos livres
- Sistemas tensores
- Sistemas de impulsão

## **Considerações sobre o sistema**

### **Limpeza das correias e rolos**

A ampla diversidade de materiais e suas características dirigidos por meio de correias transportadoras fomentou o desenvolvimento de uma grande quantidade de sistemas de limpeza para ser utilizados naqueles casos em que o material tende a aderir-se. As lâminas de metal ou de borracha se localizadas sobre ou perto do rolo trator permitem uma limpeza adequada e econômica para muitas aplicações.

Geralmente, estas lâminas estão suportadas por um marco pivô e mantidas em contato por meio de molas, moles ou contrapesos. No caso que os sistemas antes descritos não sejam adequados para obter uma limpeza efetiva, será necessário considerar o uso de roçadores de água, ar comprimido ou escovas fixas ou móveis. Em alguns casos é necessário usar mais de um destes sistemas em combinação.

Naquelas aplicações em que se conhece que o material mostrará tendência a depositar-se sobre a superfície do pau de macarrão trator, é recomendável utilizar paus de macarrão recobertos com borracha. Nos casos mais severos se deverá considerar o uso de raspadores de rolos.

### **Pesado**

Quando se requerer pesar materiais em trânsito e registrar as quantidades entregues em diversos pontos do processo, usar-se-ão balanças registradoras automáticas. Estas balanças podem ser mecânicas, elétricas ou operadas por ar.

### **Separação magnética**

As peças de ferro transportadas junto ao material em uma correia transportadora podem ser extraídas por meio de paus de rolos magnéticos permanentes ou eletromagnéticos. Os detectores de metais podem identificar a presença de objetos metálicos magnéticos e não-magnéticos.

### **Amostragem**

Existem comercialmente uma grande quantidade de sistemas de amostragem que permitam recolher amostras representativas do material em trânsito. Estas amostras se podem aprovisionar de maneira contínua ou intermitente. Alguns sistemas de amostragem especiais permitem moer a amostra para análise química.

### **Controle sobre as emissões de pó**

O controle das emissões de pó e amparo ao pessoal se pode efetuar encerrando a correia transportadora. Quando se requerer, podem-se instalar sistemas de sucção de pós e de coleta de partículas. Muitas aplicações só requerem cerramentos nos pontos de transferência, os quais podem ou não incluir sistemas de coleta de pó.

### **Suportes e galerias**

Os suportes e galerias são usados para encerrar correias transportadoras onde estas atravessem espaços abertos. Uma ampla gama de materiais de construção modernos permitem desenhar galerias tal como se requeiram.

### **Elementos de segurança**

Uma ampla seleção de elementos de segurança está disponível no mercado para diversos tipos de acertos de correias transportadoras e suas equipes vizinhas.

Elementos tais como cordas de parada de emergência se localizadas ao longo da cinta, resguardos para motores e zonas terminais, freios de retrocesso em correias inclinadas ascendentes, resguardos para sistemas tensores gravitacionais, assim como alarmes sonoros devem se ter em conta na hora de instalar um sistema de correia transportadora.

### **CONCLUSÕES**

O meio de transporte, dentro da mina deve ser transformado, para obter um maior impacto Econômico – Produtivo e obter uma adequada relação Custo/Benefício, a exploração efetiva da mina é possível com o uso de uma Tecnologia de Fluxo Cíclico (TFC).

Para o processo de exploração a céu aberto, utilizam-se cada vez mais as TFC, que inclui o uso do BT; inclinadas de 16-18° e muito inclinadas, com 30-60°; podendo chegar até 90° em alguns casos.

Analizando o atual mecanismo do transporte da massa mineira, na Catoca determinou-se uma possível via que permita definir os Métodos e as Metodologias de Estabilização da Produção, conforme avancem as frontes e o tipo de minado do complexo geomínero.

A implementação de Banda Transportadora de Tecnologia de Fluxo Cíclico pode permitir o aumento do volume de extração mineira em 25 milhões de toneladas por ano, reduzir os custos operacionais e o aumento da produtividade da mina.

A proposta de cálculo exposta permite a implementação de um sistema de transporte combinado (caminhões - bandas transportadoras), das frontes de trabalho para as plantas de benefícios, o emprego do BT pode reduzir o custo de transporte da massa mineira em 30-40%, e incrementar a produção em 1,5-2 vezes.

Perfil da Banda Transportadora proposta depende das condições geográficas e de inclinação do talude em que será realizada sua instalação, as características do perfil vão definir o critério de cálculos da Banda Transportadora.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alcántara Alaya I. (2000). ¿Deslizamientos o movimientos de terrenos? Definiciones, clasificaciones, terminología e investigaciones. Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM 41, 7-21.
- ANSI – B20.1 (2018). Safety Standards for Conveyors and Related Equipment.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (1979). “Belt Conveyors for Bulk Materials”. CEMA Book. 2nd Edition. Van Nostrand Reinhold Company.
- ANSI/CEMA 102 (2012). Conveyors Terms and Definitions.
- CEMA 550 (2015). Classification and Definition of Bulk Materials.
- CEMA 502 (2015). Trougling and Return Idlers.
- Coletivo de Autores (2001). Abertura da Mina Catoca.
- Colijn H. (1986). “Specifying and Maintaining Conveyors for Bulk Solids”. Beaumont Birch Co., New Jersey.
- DIN – 22101 (2011). Belt Conveyors for Bulk Materials.
- Proyecto Catoca (2002). Informe final. Minero Técnico. APPC “IAKUTALMAZ”. ENDIAMA/IAKUTALMAZ, Odebrechet Mining Service Inc. República Popular de Angola. (Tomo I). 423 PP.
- UNIPROMED (1989). Instruções metodológicas provisórias referentes ao controle da estabilidade das paredes de minas de metalurgia não - ferrosa. Moscovo, 128 páginas
- Kulwiec R. (1985). “Materials Handling Handbook”. 2nd Edition. Wiley–Interscience Publication. New York.

- Lemos, Cláudia, Santos Victor (2008). Estudo da 3<sup>a</sup> Estabilidade dos Taludes da Mina de Catoca.
- Margarida Domingos Neves (2012). Avaliação Geotécnica de Taludes na mina Catoca, Tese Doutoral.
- Mucase Rómulo (2011). Relatório Analítico sobre Mineração em Catoca.
- Mucase Rómulo (2012). Relatório Analítico sobre Mineração em Catoca.
- Zvonarev (1999). “Relatório sobre a pesquisa científica “Estudo das propriedades físico-mecânicas das rochas e do minério, da chaminé de Catoca, e fundamentação dos parâmetros da Mina com as cotas de fundo de 910 e 860 m”. Arquivos técnicos da Sociedade Mineira de Catoca, Lda.

### Síntese curricular dos autores

**Eng. António Francisco Mateus João.** Engenheiro de Minas pela Escola Superior Politécnica da Lunda Sul; Mestrando em Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental pela Escola Superior Politécnica da Lunda Sul; Chefe do Patrimônio e Logística da Escola Superior Politécnica da Lunda Sul (ESPLS). Id ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3732-2233>

**Manuel Fidel Sonhi Manassa** Doutor em Ciência Técnicas, pelo Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez” facultad de geología e minas, na categoria de Professor Auxiliar, Decano da Escola Superior Politécnica de Lunda Sul da Universidade Lueji A’Nkonde, Angola. Email: [fidelmanassa@hotmail.com](mailto:fidelmanassa@hotmail.com); [fidelmanassa@gmail.com](mailto:fidelmanassa@gmail.com)