



EFEITO DO ARRASTE DE MATÉRIA INORGÂNICA EM PROCESSO DE FLOTAÇÃO DE CARVÃO MINERAL DE MOATIZE, EM MOÇAMBIQUE

ZANCAN, P.M.¹, CASTRO, A.F.², BRUM, I.A.S.³, JOHAN, D.F.³, ZANETTI, E.⁴

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). e-mail: pedro.zancan@ufrgs.br

² Instituto Superior Politécnico de Tete (ISPT).

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

⁴ Instituto Tecnológico Vale (ITV).

RESUMO

Este estudo foi feito a partir de uma amostra de carvão mineral do distrito de Moatize, Província de Tete, no noroeste de Moçambique. O presente trabalho propôs-se a analisar o arraste de matéria inorgânica frente ao sistema de flotação de finos de carvão mineral pertencente à camada superior da referida jazida. O sistema analisado apresenta alimentação total de 8000 t/h de minério na planta de beneficiamento, sendo 10% correspondentes à fração fina que alimenta o circuito de flotação. O material utilizado neste estudo apresentou granulometria 96% menor do que 250 µm. Os reagentes utilizados nos ensaios de flotação foram Betacol (agente hidrofobizante e espumante), óleo diesel (agente hidrofobizante) e MIBC (agente espumante). O intervalo de concentrações de Betacol na primeira fase de ensaios foi de 200 g/t a 500 g/t. Na segunda fase foi utilizado óleo diesel com concentrações variando de 200 g/t à 500 g/t e manteve-se constante o MIBC. Com base na recuperação de água, foi observado que para as concentrações de Betacol as recuperações variaram de 2 a 9%, e para óleo diesel mais MIBC foram de 0,5 a 8%.

PALAVRAS-CHAVE: Flotação, Carvão Mineral, Moçambique, Moatize.

ABSTRACT

This study was made from a sample of coal from Moatize district, Tete Province, in northwestern Mozambique. The present work proposed to analyze the drag of inorganic matter in front of the flotation system of coal fines belonging to the upper layer of said deposit. The analyzed system presents total feed of 8000 t / h of ore in the beneficiation plant, being 10% corresponding to the fine fraction that feeds the flotation circuit. The material used in this study had a particle size of 96% smaller than 250 µm. The reagents used in the flotation tests were Betacol (hydrophobizing and foaming agent), diesel oil (hydrophobizing agent) and MIBC (foaming agent). The range of Betacol concentrations in the first test phase was 200 g / t at 500 g / t. In the second phase diesel oil was used with concentrations varying from 200 g / t to 500 g / t and keeping the MIBC constant. Based on the recovery of water, it was observed that for Betacol concentrations recoveries ranged from 2 to 9%, and for diesel oil plus MIBC were 0.5 to 8%.

KEYWORDS: Flotation, Coal, Mozambique, Moatize.

1. INTRODUÇÃO

Moçambique é considerado um dos países com maiores reservas de carvão mineral a nível mundial. “Existem diversas bacias carboníferas identificadas em diferentes áreas do país, nas províncias de Tete, Niassa, Cabo Delgado e Manica”; algumas delas presentemente a serem avaliadas através de trabalhos de pesquisa no âmbito de mais de 100 títulos mineiros atribuídos a vários interessados (pessoas singulares e coletivas) (MEDIAFAX, 2010).

Moçambique se localiza na costa sudeste do continente africano, tendo como limites o oceano Índico, a Tanzânia, o Malawi, a Zâmbia, o Zimbábue, a África do Sul e a Suazilândia. O território moçambicano está dividido em onze províncias, das quais uma é a de Tete, na fronteira noroeste do país, onde se localiza o distrito de Moatize, a 20 km do Município de Tete (capital da província) e local da maior reserva de carvão mineral de Moçambique.

De acordo com a Vale- Moçambique (2016), o beneficiamento do carvão mineral na mina da Vale-Moçambique engloba, basicamente, as etapas de fragmentação composta de três etapas de britagem, separação e desaguamento, gravimetria e flotação. A etapa de flotação, processo físico-químico que visa a separação de partículas apolares (matéria orgânica) das partículas polares (matéria inorgânica), é responsável pelo beneficiamento do material com granulometria inferior a 250 µm (0,25 mm).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo, uma amostra do carvão mineral de Moatize, com granulometria de até 250 µm, foi submetida à sequência de ensaios de flotação em bancada com concentrações variadas de reagentes. O tempo e a vazão de ar utilizada nos ensaios foram padronizados de forma a restringir a correlação entre a concentração de reagentes e os resultados obtidos.

Durante o processo de flotação, foram medidas as massas de água utilizadas no processo, de polpa flotada e, após a secagem, a massa de partículas sólidas efetivamente flotada. Tanto as partículas sólidas flotadas quanto as deprimidas foram, posteriormente, analisadas quanto às respectivas concentrações de cinzas (matéria inorgânica) e de matéria orgânica.

Todos os ensaios foram realizados em 5 min, sendo os dois primeiros denominados de "etapa rougher" e os três minutos subsequentes de "etapa scavenger". A etapa rougher se caracteriza por uniformidade na vazão de ar (1 L/min) enquanto que a vazão de ar da etapa scavenger era variada com o tempo (2, 3 e 4 L/min). Os reagentes foram adicionados ao processo antes de cada etapa e as amostras foram colhidas minuto a minuto.

Os reagentes utilizados nos ensaios de flotação foram: betacol, como agentes coletor e espumante ao mesmo tempo; óleo diesel (OD), como agente coletor; e Metil isobutil carbinol (MIBC), como agente espumante. O Betacol é um composto químico orgânico com 70% de querosene, é um líquido miscível de cor castanho claro, de odor forte, densidade igual a 0,8g/cm³ a temperatura de 30°C (BETACHEM, 2012); o OD é um composto formado principalmente por átomos de carbono e hidrogênio e, em baixas concentrações, por enxofre, nitrogênio e oxigênio. É um combustível derivado do petróleo, inflamável, medianamente tóxico, volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico (PETROBRAS, 2018); e o MIBC é um composto químico orgânico, álcool alifático de cadeia ramificada com 6 carbonos com um odor pungente de álcool. Ele tem

uma solubilidade limitada em água, mas é miscível com a maior parte dos solventes orgânicos. As principais utilizações de MIBC como um espumante são em flotação de minerais e na produção de aditivos de óleo lubrificante (CELANESE, 2018). De forma a realizar uma comparação adequada, os ensaios foram divididos em dois grupos, sendo um formado pelas flotações utilizando unicamente o Betacol como agente coletor e espumante e outro formado pelas flotações utilizando OD como agente coletor e MIBC como agente espumante.

O processo de flotação verdadeira ocorre quando uma partícula colide com as bolhas de ar, permitindo sua adesão à sua superfície da mesma. A partícula selecionada é então removida da célula como parte da espuma. Por outro lado, o arraste de partículas ocorre quando as partículas são arrastadas a partir da polpa para a espuma no líquido intersticial. Enquanto a flotação verdadeira é um processo seletivo, a captura de partículas no líquido intersticial é não seletiva. Para um sistema, de espécies mistas, um elevado nível de arraste de partículas resultará em produtos de baixa qualidade. (CASTRO, 2016)

De forma a minimizar o efeito do arraste de partículas pela água presente na espuma, optou-se por considerar a flotação verdadeira de cada ensaio como forma de mensurar a eficiência de uma concentração de reagente frente às demais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De todos os ensaios realizados, oito deles se destacaram, sendo quatro utilizando Betacol e quatro utilizando a combinação de OD e MIBC. Nos quatro ensaios utilizando-se Betacol, foram acrescentados 400 g/t na etapa rougher e quantidades variadas de Betacol na etapa scavenger (200, 300, 400 e 500 g/t). Nos quatro ensaios utilizando-se a combinação de OD e MIBC, 80% dos reagentes foram acrescentados à polpa na etapa Rougher e 20% na etapa scavenger, sendo que a quantidade total de OD foi variada entre os ensaios (200, 300, 400 e 500 g/t) enquanto a quantidade total de MIBC foi mantida em 300 g/t.

Os resultados envolvendo uso de Betacol (Tabela 1) resultaram em recuperações na ordem de 4% de cinzas e de 16% de matéria carbonosa na etapa rougher e na ordem de 22% de cinzas e 61% de matéria carbonosa na etapa scavenger (Figura 1). Dentre esses resultados, destacam-se os da flotação obtida com 400 g/t de Betacol na etapa rougher e 400 g/t na etapa scavenger. Os resultados envolvendo uso de OD e MIBC (Tabela 2) resultaram em recuperações inferiores a 3% de cinzas e superiores a 4% de matéria carbonosa na etapa rougher e na ordem de 10% de cinzas e 38% de matéria carbonosa na etapa scavenger (Figura 2). Dentre esses resultados, destacam-se os da flotação obtida com 300 g/t de OD e 300 g/t de MIBC.

Tabela 1 Recuperação utilizando Betacol

Concentração de Reagentes por Etapa (g/t)		Recuperação na Etapa Rougher (%)			Recuperação na Etapa Scavenger (%)		
Rougher	Scavenger	Massa	Cinzas	Matéria Carbonosa	Massa	Cinzas	Matéria Carbonosa
400	200	11,00	3,87	13,13	52,19	24,53	60,63
400	300	14,47	5,08	17,52	46,48	19,73	56,56
400	400	12,59	3,97	15,40	49,95	19,74	61,99
400	500	13,65	4,53	16,72	53,51	23,01	65,76

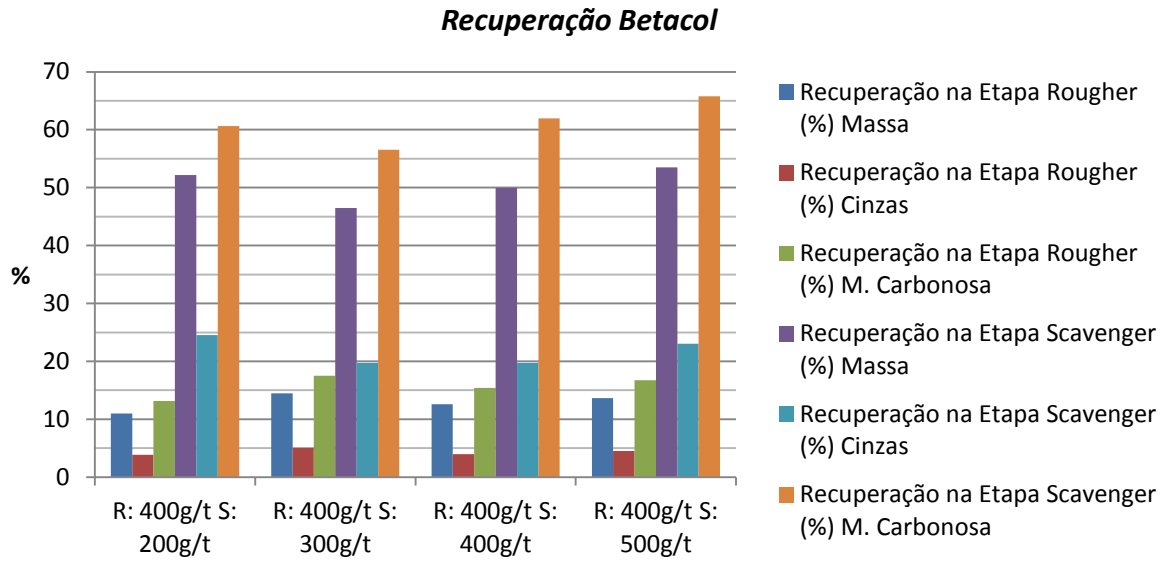


Figura 1 Recuperação utilizando Betacol

Tabela 2 Recuperação utilizando Óleo Diesel e MIBC

Concentração Total de Reagentes (g/t)		Recuperação na Etapa Rougher (%)			Recuperação na Etapa Scavenger (%)		
OD	MIBC	Matéria Massa	Matéria Cinzas	Matéria Carbonosa	Matéria Massa	Matéria Cinzas	Matéria Carbonosa
200	300	16,04	5,08	19,55	39,42	12,74	49,29
300	300	3,95	1,64	4,69	26,50	8,80	32,89
400	300	5,08	1,69	6,09	24,86	8,29	30,44
500	300	9,79	2,97	12,01	33,21	11,14	41,06

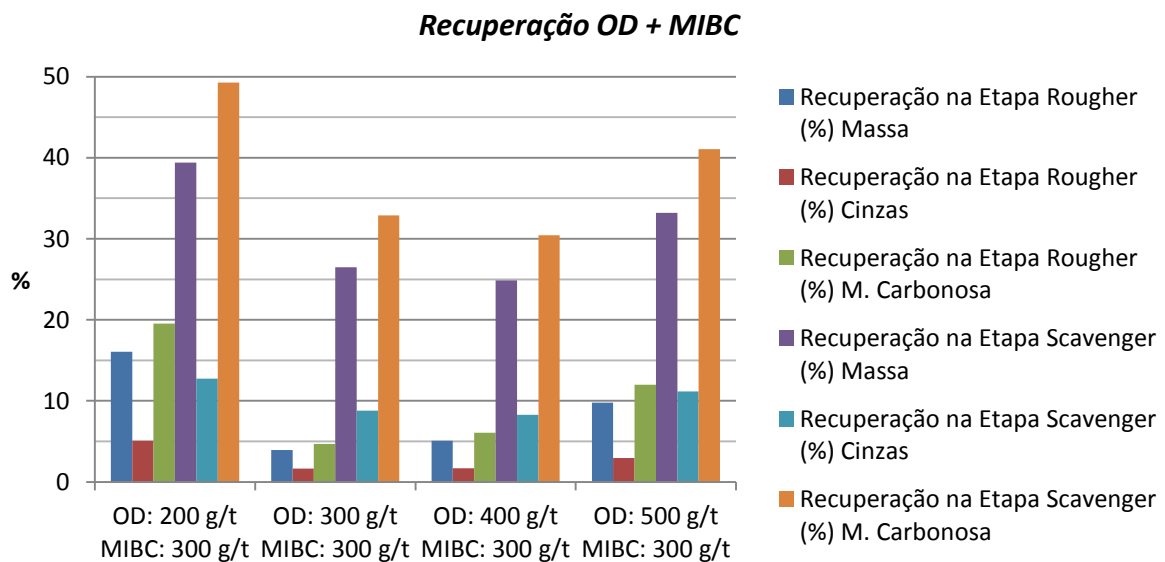


Figura 2 Recuperação utilizando Óleo Diesel e MIBC

Após a realização de cada ensaio, foram medidas as massas de minério flotado e as massas de água que acompanhou esse minério junto com a espuma. A recuperação mássica

de cada minuto foi correlacionada à respectiva recuperação de água de forma a estimar a função linear correspondente. A função linear de cada etapa permite estimar o quanto seria possível recuperar de massa se a recuperação de água fosse nula, sendo esse o valor da flotação verdadeira. Os mesmos procedimentos, correlacionando a recuperação de massa com a recuperação de água, foram realizados para os teores de cinzas (matéria inorgânica) e de matéria orgânica (da Figura 3 à Figura 10).

Betacol: 400 g/t Rougher + 200 g/t Scavenger

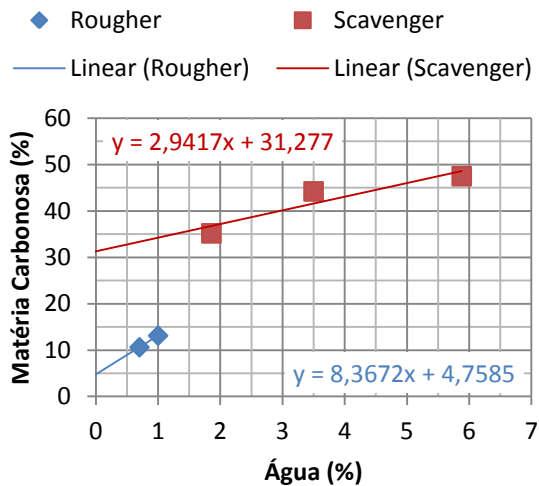


Figura 3 Ensaio com 400g/t de Betacol na etapa rougher e 200g/t na etapa scavenger

Betacol: 400 g/t Rougher + 300 g/t Scavenger

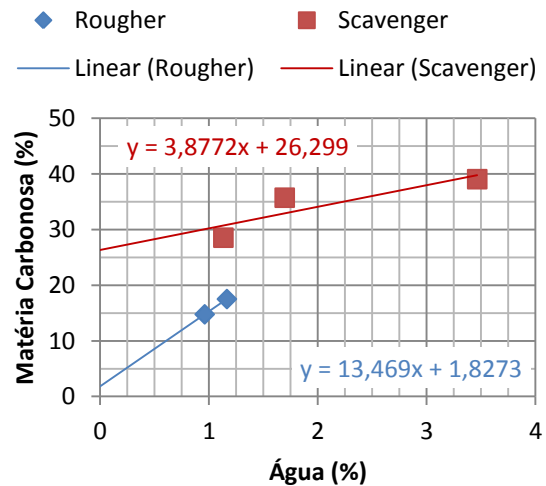


Figura 4 Ensaio com 400g/t de Betacol na etapa rougher e 300g/t na etapa scavenger

Betacol: 400 g/t Rougher + 400 g/t Scavenger

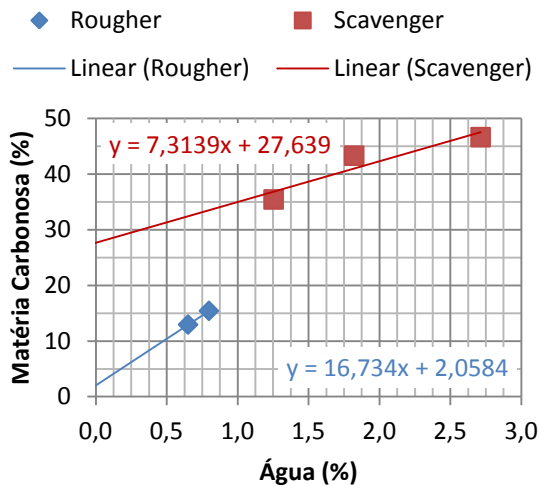


Figura 5 Ensaio com 400g/t de Betacol na etapa rougher e 400g/t na etapa scavenger

Betacol: 400 g/t Rougher + 500 g/t Scavenger

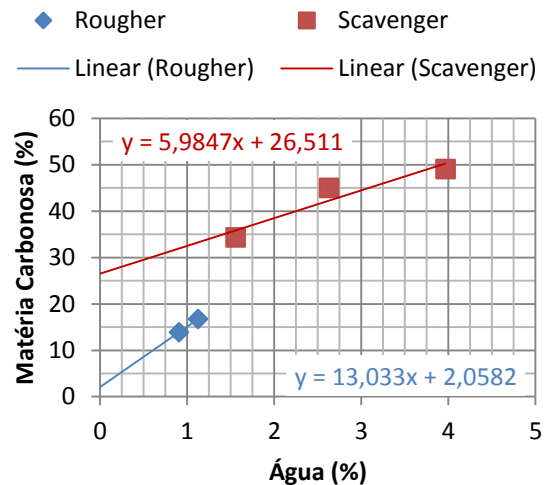


Figura 6 Ensaio com 400g/t de Betacol na etapa rougher e 500g/t na etapa scavenger

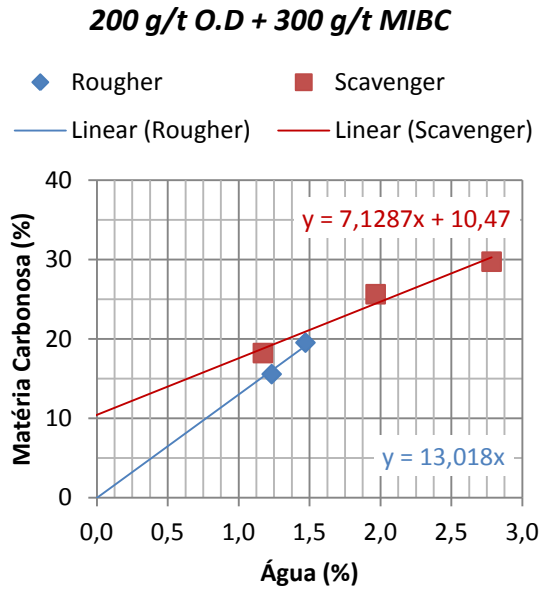


Figura 7 Ensaio com 200g/t de OD e 300g/t de MIBC

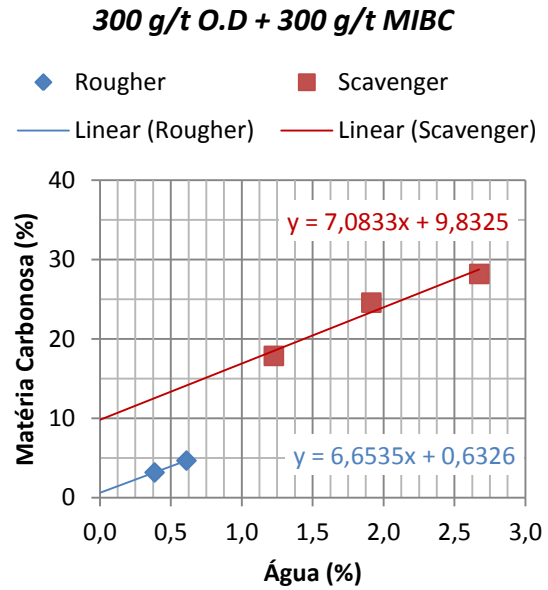


Figura 8 Ensaio com 300g/t de OD e 300g/t de MIBC

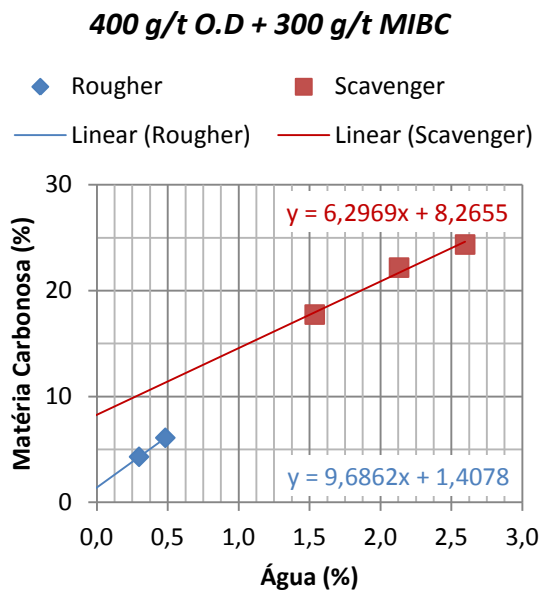


Figura 9 Ensaio com 400g/t de OD e 300g/t de MIBC

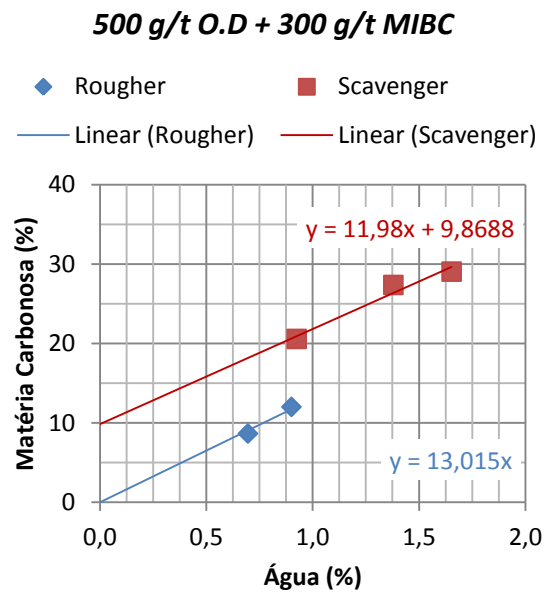


Figura 10 Ensaio com 500g/t de OD e 300g/t de MIBC

Os resultados envolvendo uso de Betacol (Tabela 3) resultaram em recuperações na ordem de 1% de cinzas e de 2% de matéria carbonosa na etapa rougher e na ordem de 10% de cinzas e 27% de matéria carbonosa na etapa scavenger (Figura 11). Dentre esses resultados, destacam-se os da flotação obtida com 400 g/t de Betacol na etapa rougher e 400 g/t na etapa scavenger. Os resultados envolvendo uso de OD e MIBC (Tabela 4) resultaram em recuperações inferiores a 1% de cinzas e inferiores a 2% de matéria carbonosa na etapa rougher e na ordem de 2% de cinzas e 9% de matéria carbonosa na etapa scavenger (Figura 12). Dentre esses resultados, destacam-se os da flotação obtida com 300 g/t de OD e 300 g/t de MIBC.

Tabela 3 Recuperação Verdadeira utilizando Betacol

Concentração de Reagentes por Etapa (g/t)		Recuperação Verdadeira na Etapa Rougher (%)			Recuperação Verdadeira na Etapa Scavenger (%)		
Rougher	Scavenger	Matéria Massa	Matéria Cinzas	Matéria Carbonosa	Matéria Massa	Matéria Cinzas	Matéria Carbonosa
400	200	3,98	1,22	4,76	26,81	12,32	31,28
400	300	1,97	1,26	1,83	21,30	9,04	26,30
400	400	2,34	1,23	2,06	22,15	9,28	27,64
400	500	2,37	1,29	2,06	21,45	9,58	26,51

Recuperação Verdadeira Betacol

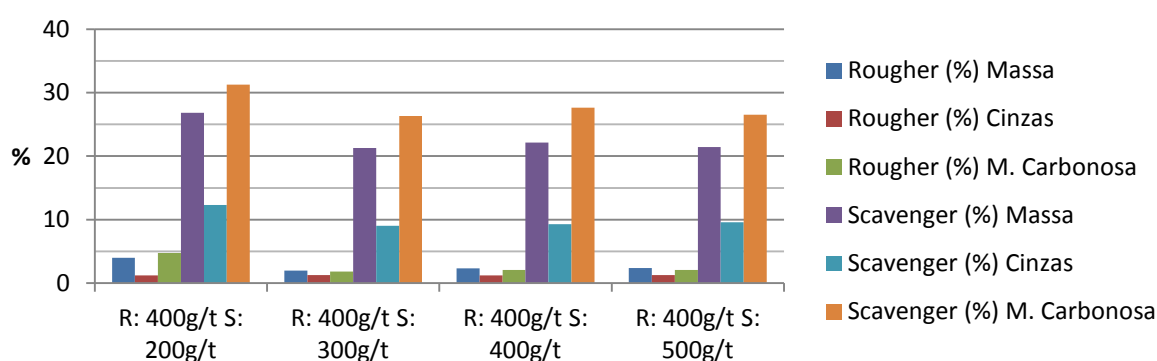


Figura 11 Recuperação de massa, cinzas e matéria carbonosa envolvendo Betacol

Tabela 4 Recuperação Verdadeira utilizando Óleo Diesel e MIBC

Concentração de Reagentes (g/t)		Recuperação Verdadeira na Etapa Rougher (%)			Recuperação Verdadeira na Etapa Scavenger (%)		
Óleo Diesel	MIBC	Matéria Massa	Matéria Cinzas	Matéria Carbonosa	Matéria Massa	Matéria Cinzas	Matéria Carbonosa
200	300	0,00	0,23	0,00	8,19	2,07	10,47
300	300	0,66	0,37	0,63	7,67	1,57	9,83
400	300	1,27	0,47	1,41	6,63	1,56	8,27
500	300	0,00	0,00	0,00	7,79	2,22	9,87

Recuperação Verdadeira OD + MIBC

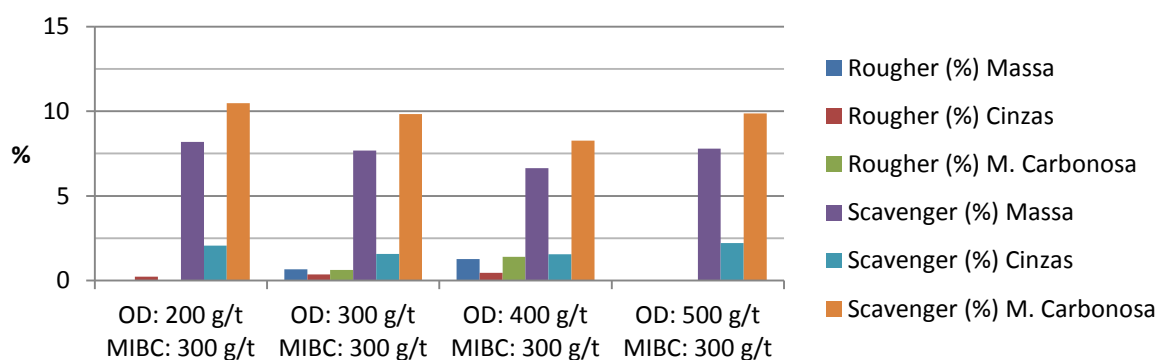


Figura 12 Recuperação de massa, cinzas e matéria carbonosa envolvendo OD e MIBC

4. CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos, foi possível avaliar o arraste de matéria inorgânica bem como a recuperação mássica, a recuperação da matéria carbonosa e o teor de cinzas frente às diferentes concentrações dos reagentes utilizados. Os concentrados acumulados foram obtidos no quinto minuto de cada flotação, tempo máximo para cada flotação em bancada com cada combinação já mencionada de reagentes. Escolheu-se o melhor resultado, conforme os ensaios preliminares com base nos parâmetros de recuperação mássica, recuperação da matéria carbonosa e teor de cinzas, atendendo e considerando que as dosagens de reagentes desempenharam significativa importância quanto à eficiência de processamento.

Conforme os resultados neste trabalho, foi possível definir as melhores combinações de reagentes, considerando a recuperação verdadeira:

- Betacol: Concentração de 400 g/t (rougher) – 400 g/t (scavenger), com uma recuperação mássica verdadeira de 22,15% e teores de cinzas de 2,06% e 9,28%.
- Óleo Diesel 300 g/t – 300 g/t MIBC, com uma recuperação mássica verdadeira de 1,57% e teor de cinzas de 0,37% e 1,57%.

De uma forma geral, o uso do betacol permitiu melhores resultados porque as suas recuperações mássicas e matéria carbonosa foram mais altas em comparação com o uso a combinação de óleo diesel e MIBC. Entretanto o sistema OD/MIBC apresentou melhor seletividade, permitindo baixo teor de cinzas no produto concentrado, mesmo que com a menor recuperação mássica em todo estudo.

5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - **Carvão Mineral - Determinação do teor de cinza**. NBR 8289. Rio de Janeiro, 1983.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - **Carvão Mineral - Determinação de umidade**. NBR 8293. Rio de Janeiro, 1983.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - **Carvão Mineral - Determinação do teor de materiais voláteis**. NBR 8290. Rio de Janeiro, 1983.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - **Carvão Mineral - Determinação do Carbono fixo**. NBR 8299. Rio de Janeiro, 1983.

BETACHEM - **Design development and production of mining chemicals and mineral processes. Ficha de informação de segurança de material**, África do Sul, Outubro de 2012, 1-9p.

CASTRO, A. F. **Análise do sistema de reagentes na flotação de finos de carvão mineral de Moatize/Moçambique**. 2016. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

CELANESE CORPORATION- **The Chemistry in side innovation- Methyl Isobutyl Carbinol**. Disponível em: <https://www.celanese.com/intermediate-chemistry/products/MIBC.aspx> - Acessado em 31 de agosto de 2018.

MEDIAFAX. **Recursos minerais em Moçambique. “Temos ainda por explorar”**. Quinta feira, 22 de Julho de 2010, Maputo, Moçambique.

DISTRIBUIDORA PETROBRAS. **Óleo diesel**. Disponível em: <http://www.br.com.br/pc/produtos-e-servicos/para-seu-veiculo/oleo-diesel> - Acessado em 17 de maio de 2019.

VALE-MOÇAMBIQUE - **Coal handling and preparation plant - Process management training presentation**, 2016.