

## COKING COAL: DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DE ALTO VALOR A PARTIR DO REPROCESSAMENTO DE REJEITOS\*

Evandro Costa e Silva<sup>1</sup>  
Silvio Pereira Diniz Maranhá<sup>2</sup>

### Resumo

A disposição de rejeitos finos de carvão, de forma econômica e ambientalmente sustentável, pode ser considerada um dos maiores desafios dos produtores de carvão em função de suas características físicas, químicas e mineralógicas e, também, pelos expressivos volumes anualmente gerados. O processamento e aproveitamento de finos de carvão é, por si só, reconhecido como um dos grandes desafios técnicos dessa indústria. Estes desafios tornam-se ainda maiores quando se trata do aproveitamento de rejeitos de carvões coqueificáveis. Isto decorre das potenciais alterações de suas diversas propriedades metalúrgicas, da variabilidade destas características ao longo dos depósitos, dos aspectos de manuseio e desaguamento dos produtos e das restrições granulométricas impostas, pelas coquearias, para os carvões a serem manuseados e coqueificados. O trabalho apresenta o estágio atual de desenvolvimento do projeto para o aproveitamento de uma barragem de finos de carvão metalúrgico, abordando o conceito geral do projeto, o programa exploratório de amostragem e a caracterização dos rejeitos para fins de desenvolvimento de processos e dos produtos após processamento. Visa a caracterização e os ensaios de carbonização para o desenvolvimento de produtos, o método de lavra considerado, alternativas de produtos, adequados ao mercado, a serem gerados e as principais atividades das etapas seguintes de desenvolvimento.

**Palavras-chave:** coking coal, barragem de rejeitos, reprocessamento, produtos.

## COKING COAL: CHALLENGES OF DEVELOPING HIGH VALUE PRODUCTS FROM TAILINGS

### Abstract

The disposal of coal tailings in an economically and environmentally sustainable way can be considered one of the biggest challenges for coal producers due to their physical, chemical and mineralogical characteristics and the significant annual volumes generated. The processing and utilization of coal fines is recognized as one of the great technical challenges of this industry. These challenges become even greater when it comes to the use of tailings from coking coals. This is due to the potential changes in their various properties, variability of these characteristics along the deposits, the handling and dewatering aspects of the products and the granulometric restrictions imposed by the coking plants for the coals to be handling and coking. This work presents the current stage of project development for the use of a metallurgical coal fines dam, addressing the general concept of the project, the exploratory sampling program and the characterization of the tailings for process and product development purposes after processing. It aims at the characterization and the carbonization tests for product development, the mining method considered, product alternatives, suitable to the market, to be generated and the next steps.

**Keywords:** coking coal, tailings, reprocessing, products.

<sup>1</sup> Engenheiro de Minas, MsC., Engenheiro Especialista, Departamento Exploração e Projetos Minerais, Vale, Santa Luzia, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Metalurgista, Pós-graduado em Siderurgia, Engenheiro Master, Centro de Tecnologia de Ferrosos e Carvão - CTF, Vale SA, Nova Lima, Minas Gerais, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2009, a produção mundial de carvão era da ordem de 4,050 bilhões de toneladas/ano, o que representava um aumento da ordem de 38% ao longo dos últimos 20 anos. A maior parte deste volume produzido é destinado a geração de energia elétrica e aquecimento (carvões térmicos) sendo apenas cerca de 10% para uso na indústria siderúrgica (carvões metalúrgicos - coking coal e PCI) (WORLD COAL INSTITUTE, 2009).

Por ser a *commoditie* mineral de maior volume de produção no mundo, estima-se que os estoques de finos de carvão (material abaixo de 0,5 mm) e rejeitos finos de beneficiamento dos 10 maiores países produtores de carvão totalizem cerca de 30 bilhões de toneladas conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** (MANGENA, 2005).



Figura 1-1 - Estimativa de estoques de finos de carvão dos 10 maiores produtores de carvão

Neste cenário de produção e face as crescentes pressões da sociedade sobre a indústria do carvão, a disposição de rejeitos finos de carvão, de forma econômica e ambientalmente sustentável, pode ser considerada um dos maiores desafios dos produtores de carvão, de forma quase que independente de sua escala de produção, em função de suas características físicas, químicas e mineralógicas e pelos expressivos volumes anualmente gerados.

Os impactos ambientais da disposição de finos de carvão podem variar de região para região em função de condições climáticas, modelo de ocupação do terreno e, principalmente, pelas características tanto do carvão a ser lavrado e processado quanto dos rejeitos finais gerados. Apesar destas diferenças, pode-se dizer que os impactos ambientais mais comuns, caso esta disposição não seja realizada de forma planejada e ambientalmente sustentável são: ocupação e esterilização de grandes áreas que, eventualmente, poderiam ter outras destinações, degradação de cursos e reservatórios de água decorrentes do carreamento de finos e, talvez o mais grave de todos, a geração de drenagem ácida que leva à contaminação não apenas das águas superficiais mas também do solo e águas subterrâneas.

Estes impactos também se observam no Brasil, apesar das pequenas dimensões de sua produção e concentração nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

A dimensão destes impactos pode ser observada na região de Criciúma, Santa Catarina, onde na década de 1990 estimava-se em cerca de 6.700 ha impactados pela disposição de estéril e rejeitos. (WEILER; AMARAL; SCHNEIDER, 2014)(CAMPOS et al., 2010)

Uma das possíveis alternativas para a minimização dos impactos negativos da disposição de finos e rejeitos de carvão passa, portanto, pelo reprocessamento dos depósitos destes materiais, sejam eles depósitos ainda ativos, ou seja, em operação ou depósitos já desativados e em fase de reabilitação ambiental ou não. Este reprocessamento visa tanto a redução do volume destes depósitos, o tratamento das fontes geradoras de contaminação (tratamento de fontes de geração de drenagem ácida, por exemplo) quanto a geração de produtos de valor comercial que poderão tanto agregar valor ao negócio, permitindo o aumento da sua vida útil, quanto gerar parte ou a totalidade dos recursos financeiros necessários para o tratamento e eliminação dos passivos ambientais.

A adoção de novas tecnologias e métodos para a disposição dos novos rejeitos a serem gerados a partir do reprocessamento dos materiais contidos nestes depósitos, deverá ser uma das prioridades da indústria, destacando-se aquelas voltadas para a disposição desaguada em depósitos próprios ou co-dispostos em pilhas com outros materiais da mina (estéril ou capeamento) ou ainda em forma de pasta em áreas já lavradas, quer a céu aberto, quer subterrânea (*paste fill*).

Apesar dos grandes volumes de finos estocados e a existência, na grande maioria dos casos, de alguma infraestrutura, seja de logística, água e energia, seja para o seu beneficiamento, a lavra e reprocessamento destes materiais, entretanto, não é algo que se possa classificar como “trivial”. O processamento e aproveitamento de finos de carvão é, por si só, reconhecido como um dos grandes desafios técnicos dessa indústria, tanto em termos de redução dos teores de cinzas e enxofre, quanto para o seu desaguamento. Estes desafios são tanto de ordem técnica, ou seja, disponibilidade de equipamentos, rotas de processo e instalações que, simultaneamente, permitam a geração de produtos de baixos teores de cinza e umidade em volumes significativos, quanto econômica especialmente quando se torna necessário a utilização de processos térmicos de secagem e/ou aglomeração destes finos.

Este cenário é ainda mais complexo quando se trata do aproveitamento de rejeitos de carvões metalúrgicos (coking coal) em função das alterações de suas propriedades aglutinantes, devido a oxidação, com o passar do tempo, da variabilidade características petrográficas, especialmente o *rank*, e químicas ao longo dos depósitos, decorrente da própria variabilidade das frentes de lavra, dos aspectos de manuseio e desaguamento dos produtos e das restrições granulométricas impostas pelas coqueiras.

No caso dos carvões metalúrgicos produzidos a partir de rejeitos e finos de carvão, dada sua distribuição granulométrica mais fina, torna-se necessária, para seu uso *in natura*, a sua incorporação a produtos com distribuição de tamanhos mais grossa, para não comprometer sua manuseabilidade principalmente. Este fato, leva a restrições de sua participação de modo a não comprometer a curva granulométrica do produto, ou na necessidade de sua aglomeração e, então, posterior incorporação

a um produto padrão ou a venda como um novo produto. A aglomeração de finos de carvão preservando suas características metalúrgicas, sua resistência mecânica e baixa capacidade de absorção de água, pode ser considerada como outro grande desafio da indústria. (PELT et al., 2011)

## 2 DESENVOLVIMENTO

Os estudos, em desenvolvimento, visam a lavra e reprocessamento de uma barragem de rejeitos gerados a partir do processamento de carvões metalúrgicos. A barragem em estudo encontra-se próximo do seu limite de capacidade de estocagem estimada em cerca de 23,5 milhões de m<sup>3</sup> e um volume atual de 17,25 milhões de m<sup>3</sup>. Considerando-se uma densidade in situ de 0,85 t/m<sup>3</sup> e uma recuperação na lavra de 80% do volume total estima-se o processamento de 16 Mt ao longo de 5 anos a uma taxa de 500 tph/base seca. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, abaixo, apresenta a visão superior da barragem e uma seção transversal típica.



Figura 2-1 - Vista superior da barragem e seção típica

O lançamento dos rejeitos, após espessamento, é feito através de um conjunto de linhas de rejeitos dotadas de válvulas e “spigots” instalada ao longo do barramento norte de forma a permitir um melhor controle da disposição resultando em um melhor aproveitamento do volume disponível, formação de praia para assegurar que a água livre fique afastada do barramento da linha de rejeitos **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



Figura 2-2 - Vista das linhas de lançamento de rejeitos e localização dos spigots

A partir da experiência adquirida com a lavra mecanizada (retro-escavadeiras e caminhões articulados de 25 t), conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, realizada durante o período de seca na região, fazendo a incorporação deste material em um carvão térmico destinado à exportação, decidiu-se pela lavra através da utilização de um conjunto de dragas e escavadeiras montadas em flutuadores **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

As vantagens desta alternativa à lavra mecanizada convencional são várias, dentre elas: menores custos (Capex e Opex), maior capacidade horária e maior rendimento operacional, menor demanda de mão-de-obra (possibilidade de operação remota das dragas sem a necessidade de operadores embarcados), maior recuperação na lavra, menores riscos de danos à estrutura, operação ao longo de todas as estações do ano, menores restrições operacionais e, por fim, o material lavrado pode ser diretamente transportado para as instalações de beneficiamento via bombeamento evitando-se assim, etapas de descarga, retomada e repolpagem do material.



Figura 2-3 - Operação de lavra mecanizada da barragem de rejeitos visando incorporação do material ao produto térmico de exportação após secagem ao sol

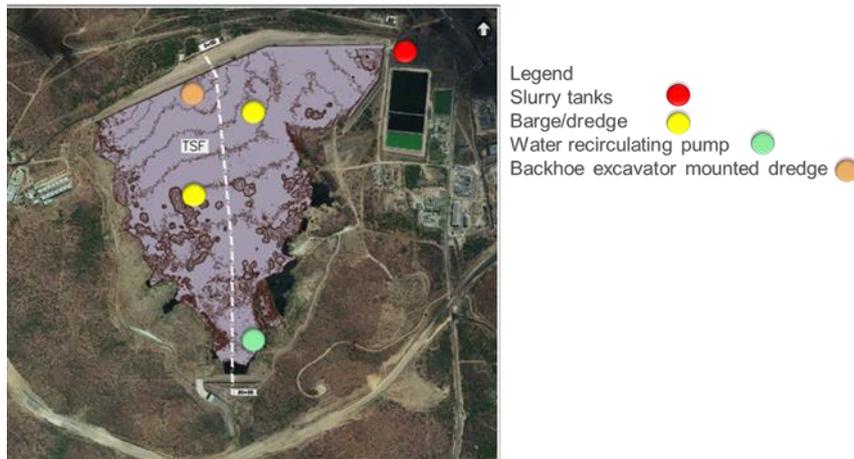


Figura 2-4 - Configuração proposta para o sistema de dragagem

A lavra por desmonte hidráulico através de monitores, apesar de muito competitiva em várias situações (RELLER, 2007) não foi considerada atrativa nesta etapa do estudo em função, basicamente, de potenciais riscos de danos ao barramento da estrutura. A questão da análise da estabilidade e segurança das estruturas é um ponto crítico no desenvolvimento de projetos desta natureza (YANG; SUN; LI, 2011).

## 2.1 Materiais e Métodos

Para suportar o desenvolvimento desta fase do estudo, foram realizadas diferentes campanhas de amostragem do material da barragem sendo duas de amostragem no período de 2016-2017 através de abertura de poços rasos (2,5-3 m) em diferentes pontos da barragem totalizando 25 amostras de ~100 kg/amostra e uma em 2018 de retirada de amostras cerca de 100-150 pilhas (2.500 t/cada) de material retomado da barragem através da lavra mecanizada.

Além da caracterização de rotina destas pilhas (em torno de 3-5 amostras/pilha) foram retiradas 30 amostras “especiais” para os estudos de caracterização detalhada, desenvolvimento de processo e caracterização de produtos (“clean coal characterization”).

Apesar destas amostragens não cobrirem a totalidade da área de rejeitos expostos assim como em profundidade, considerou-se que a distribuição espacial e o número de amostras caracterizadas e processadas, como adequada para esta fase do estudo, sendo previstas novas campanhas de amostragens nas fases seguintes.

De forma simplificada, para as amostras especiais foram realizadas análise granulométrica com caracterização por fração (análise elementar, CSN/FSI, S, P, fluidez e dilatação), ensaios de afundamento e flutuação por fração granulométrica (+1 mm, -1+0,25mm e -0,25mm) com respectiva caracterização dos produtos de cada faixa granulométrica e densidade (5 densidades), estudos cinéticos de flotação da fração -0,25 mm com caracterização por etapa do ensaio.

O circuito industrial, a partir do qual foram gerados esses rejeitos, conta com uma etapa de deslamagem da alimentação da flotação para a remoção da fração -0,045 mm, com os objetivos tanto de assegurar a meta de cinzas no produto, quanto de reduzir os impactos de argilo-minerais na etapa de desaguamento/filtragem. Porém, os efeitos da deslamagem na flotação não foram avaliados nesta etapa estando previstos ensaios específicos nas etapas seguintes (KOHMUENCH et al., 2018).

## 2.2 Resultados

Apresentam-se, a seguir, resultados parciais das campanhas de amostragem. Apesar das campanhas terem ocorrido em momentos diferentes e com formas de retirada e suportes amostrais diferentes, nota-se uma boa semelhança de características e desempenho entre estas, o que pode inferir em uma razoável homogeneidade do universo amostral.

Os resultados típicos da caracterização inicial das amostras podem ser observados no gráfico da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Nota-se uma maior variabilidade nos teores de cinzas globais, porém, uma boa estabilidade em termos da matéria volátil e nos valores de CSN/FSI com, praticamente, todos acima de 4. Estas 2 últimas características são extremamente relevantes na análise da viabilidade do aproveitamento do material para a produção de produtos metalúrgicos, pois, indicam a preservação das características de aglutinação do material (presença de CSN/FSI “elevados” mesmo com altos teores de cinzas) e a possibilidade de produção de um único tipo de carvão (médio volátil).

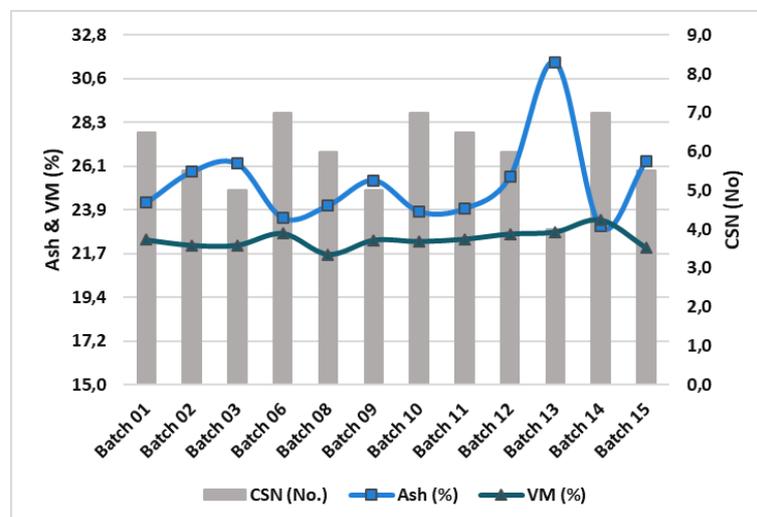


Figura 2-5 - Caracterização inicial das amostras - campanha de 2018

O gráfico da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as curvas de distribuição granulométrica de um lote de 15 amostras da campanha de 2018, onde, pode-se observar uma partição média de 65% passante em 0,25mm, material que comporá a alimentação do circuito de flotação e 35% maior do que 0,25mm que alimentará o circuito gravítico de espirais, possivelmente espirais compostas com água de lavagem para se obter uma melhor eficiência de separação, ou hidroclassificadores como o Reflux Classifiers (atualmente instalados e em operação

no circuito industrial) ou ainda, equipamento como o CrossFlow, por exemplo (GALVIN; CALLEN; SPEAR, 2010),(KOHMUENCH et al., 2006).

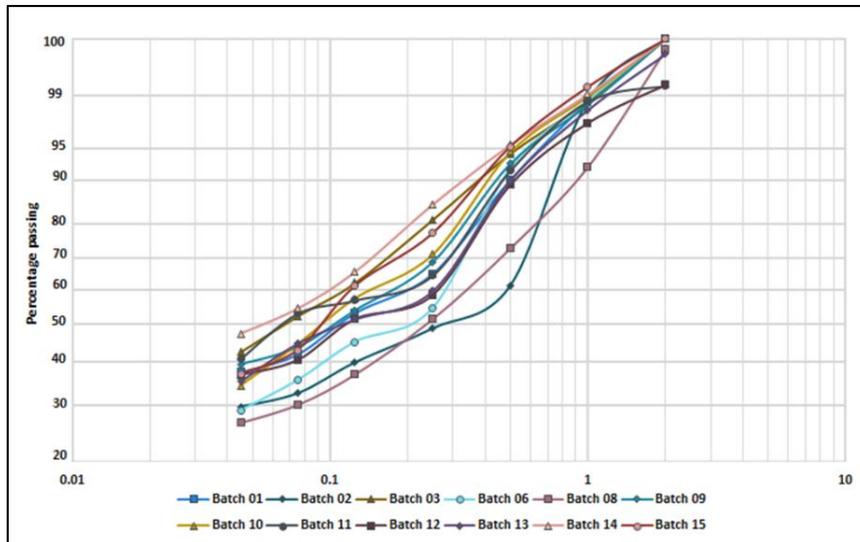


Figura 2-6 - Distribuição granulométrica das amostras

A análise dos teores de cinzas da porção <0,25mm por fração granulométrica, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, indica que os maiores teores se encontram na fração -0,045 mm (lamas). Apesar de representar cerca de 35% do que será a alimentação da flotação, a inclusão de uma etapa de deslamagem poderá trazer resultados positivos, tanto em termos da qualidade do produto, quanto em uma maior eficiência nas etapas de desaguamento. Este aspecto deverá ser melhor explorado nas etapas seguintes do programa.

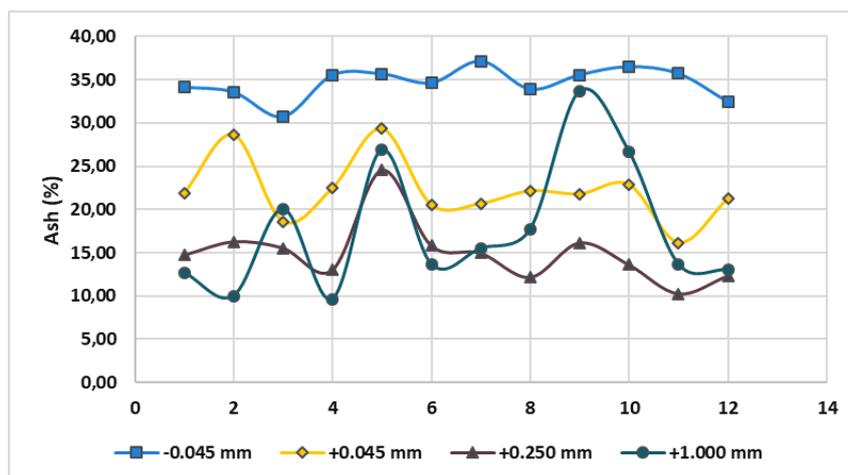


Figura 2-7 - Análise do teor de cinzas por fração granulométrica para o material <0,25mm

Os ensaios de afunda&flutua para a fração -1,0+0,25 mm conforme Tabela 2-1, a seguir, indica que o potencial de um produto com um baixo teor de cinzas (entre 7 e 8% na média do conjunto de amostras), com um elevado rendimento em massa (yield) médio de 84% e um CSN entre 6-7, o que indica a preservação de

propriedades aglutinantes do carvão, provavelmente em função da menor oxidação ocorrida devido a imersão em água das partículas de carvão, ricas em Vitrinitas, desde sua deposição na barragem.

Tabela 2-1 - Estudos de afunda&flutua da fração -1,0+0,25 mm

Sample ID	Cumulative Float 1.55		
	Yield (%)	Ash (%)	CSN (No)
Batch 01	81,79	7,36	7,6
Batch 02	85,45	7,76	7,1
Batch 03	79,19	7,32	7,6
Batch 06	88,00	7,00	6,6
Batch 08	68,02	8,24	7,3
Batch 09	79,57	8,58	7,7
Batch 10	84,81	8,05	7,2
Batch 11	80,27	6,46	8,3
Batch 12	87,35	7,02	8,7
Batch 13	85,81	7,48	7,6
Batch 14	86,77	7,45	7,7
Batch 15	84,19	7,27	5,7

Os ensaios cinéticos de flotação utilizaram como condições iniciais a densidade da polpa: 4% sólidos; coletor: diesel (320 µL); espumante: MIBC: (800 µL); vazão de ar:4 l/min. Os resultados dos ensaios cinéticos de flotação obtidos com as amostras da campanha de amostragem por poços são apresentados no gráfico da **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Apesar da maioria das amostras apresentarem rendimentos em massa superiores a 60-70% para um produto com cinzas entre 10-12% algumas amostras, possivelmente, em função do grau de oxidação não geraram produtos dentro da meta de 10-11% de cinzas. Avaliações tanto do grau de oxidação das amostras como a análise petrográfica das mesmas se fazem necessários para um melhor entendimento deste comportamento, para suportar estudos de otimização de processo, assim como para a avaliação destas características nas propriedades metalúrgicas do produto.

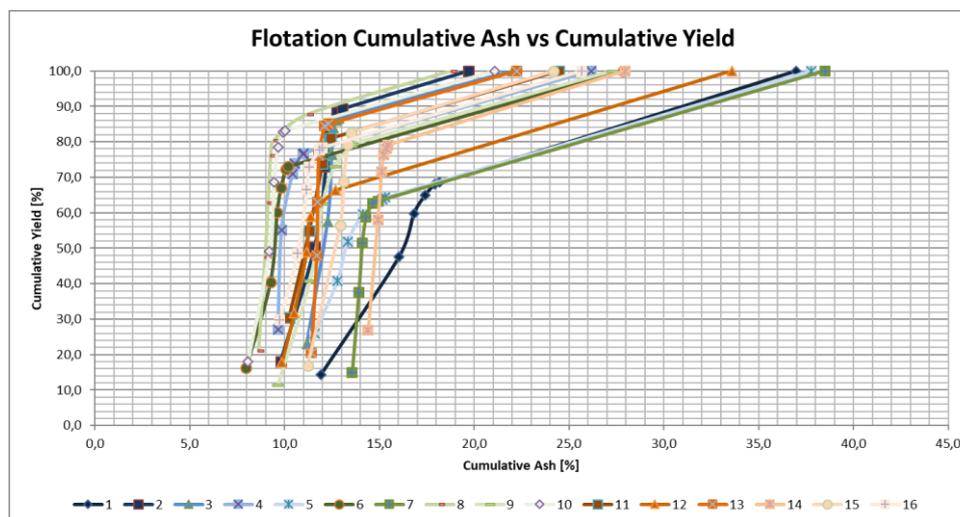


Figura 2-7 - Estudos cinéticos de flotação da campanha de amostragem de poços

## 2.3 Discussão

Os resultados obtidos nesta etapa do programa, tanto de caracterização dos rejeitos quanto dos produtos (“clean coal”), do rendimento em massa para os produtos, dos volumes potencialmente lavráveis, das análises de riscos realizadas e das primeiras avaliações econômicas indicam uma provável viabilidade técnica e econômica a ser comprovada com a continuidade dos estudos de processo e de desenvolvimento de produtos assim como os trabalhos de engenharia.

O conceito operacional proposto para a retomada dos rejeitos utilizando duas ou três dragas em operação simultânea e conjuntos de tanques agitados, tanto na descarga das dragas quanto na alimentação do novo circuito de beneficiamento, deverá permitir um bom grau de homogeneização e regularização da alimentação.

Uma vez que os teores de matéria volátil, um dos principais parâmetros para a classificação de *rank* de tipos produtos metalúrgicos, se mantém dentro de uma faixa de variação de 20-22%, o que significa, possivelmente, que não será necessária a segregação de parte da produção por diferenças de qualidade, apesar dos mesmos teores de cinzas.

Dada a distribuição granulométrica dos produtos ser bastante fina, será necessária a avaliação da sua incorporação nos produtos atuais, tanto em termos dos limites de alteração dos perfis granulométricos, afetando parâmetros como TML, quanto de variação de propriedades metalúrgicas com impacto na qualidade do coque e produtividade, devido a densidade de carga, nas baterias de coque. Este desenvolvimento de produtos será suportado por estudos de coqueificação em escala de bancada (fornos de 7 kg), em um primeiro momento, e em escala semi-industrial piloto (fornos de 250 kg) quando for definido uma gama menor de possibilidades de formulações de produtos por adição *in Natura* do material beneficiado.

O excedente de finos, que não puder ser incorporado *in Natura* aos produtos atuais ou produtos novos, deverá ser aglomerado a frio, através de processos como pelletização, briquetagem ou extrusão. A avaliação do processo mais adequado será realizada em laboratório especializado e terá como *drivers*: o menor CAPEX/OPEX, mantendo as premissas de preservação das propriedades reológicas, químicas e para o adequado manuseio do material na cadeia de suprimentos até o enforamento nas coqueiras dos clientes.

Para o circuito de flotação, considerou-se nesta etapa a utilização de células de flotação tipo StackCell tanto em função de desempenho e flexibilidade de processo reportado em várias operações quanto em termos de investimentos e facilidades de arranjo (DAVIS; STANLEY, 2011)(KOHMUENCH; MANKOSA; YAN, 2010).

## 3 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesta fase do estudo indicam a viabilidade técnica da lavra e reprocessamento dos rejeitos visando a geração de um produto metalúrgico de alto valor agregado e competitivo do ponto de vista técnico de sua aplicação. Ou seja, um produto de alto desempenho, tanto para coqueria, produzindo um carvão com boas propriedades de manuseio, produtividade e de segurança operacional (pressão e contração), quanto no alto-forno, através da geração de um coque com elevada resistência mecânica e química adequada das cinzas. Os indicadores econômicos desta etapa, tanto de estimativa de investimentos e custos operacionais e precificação do produto, também apontam para a viabilidade econômica do empreendimento.

Em função destes resultados prevê-se a continuidade dos trabalhos de desenvolvimento para suportar o processo de tomada de decisão pela implantação do projeto. As atividades previstas para as próximas etapas incluem: complementação da campanha de amostragem e caracterização tanto do material a ser lavrado quanto do produto a ser gerado e dos novos rejeitos; caracterização geotécnica dos rejeitos para suportar a seleção e dimensionamento dos equipamentos de dragagem; estudos complementares de processo com especial foco nas etapas de desaguamento; estudos de aglomeração a frio (briquetagem, pelletização e extrusão); estudos de coqueificação em escala de bancada (fornos de 7 kg) e piloto (fornos de 250 kg) com misturas com diferentes níveis de incorporação dos finos *in Natura* e do material aglomerado; desenvolvimento dos estudos de engenharia das instalações; refinamento das estimativas, premissas e análises econômicas; análise de riscos e estudos de disposição dos rejeitos finais.

Estas atividades deverão ser conduzidas de forma planejada, coordenada e integrando as várias disciplinas/"frentes de desenvolvimento" de modo a assegurar a confiabilidade dos resultados, minimizar "gaps" e riscos de projeto e viabilizar o início de operação ao longo de 2021.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, M. L. et al. Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 198–205, 2010.

DAVIS, V.; STANLEY, F. Industrial Evaluation of the Stackcell Flotation Technology. 2011.

GALVIN, K. P.; CALLEN, A. M.; SPEAR, S. Gravity separation of coarse particles using the Reflux Classifier. **Minerals Engineering**, v. 23, n. 4, p. 339–349, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2009.09.014>>.

KOHMUENCH, J. N. et al. Applications of the CrossFlow teeter-bed separator in the U.S. coal industry. **Mining, Metallurgy & Exploration**, v. 23, n. 4, p. 187–195, 2006.

KOHMUENCH, J. N. et al. **An Alternative Fine Coal Circuit for Maximising the Profitability of Australian Coal Processing Plants**. [s.l: s.n.].

KOHMUENCH, J. N.; MANKOSA, M. J.; YAN, E. S. Evaluation of the StackCell

technology for coal applications. **International Journal of Coal Preparation and Utilization**, v. 30, n. 2–5, p. 189–203, 2010.

MANGENA, S. J. Development of a Process for Producing Low Smoke Fuels from Coal Discards. **Report**, 2005. Disponível em: <[http://www.coaltech.co.za/chamber/Databases%5Ccoaltech%5CCOM\\_DocMan.nsf/0/02001AA05372C6434225741800317FFB/\\$File/Task\\_4.1.1\\_Low\\_smoke\\_fuels.pdf%5Cpapers2://publication/uuid/959463BA-21FA-4636-BE8E-EFCEE2113F85](http://www.coaltech.co.za/chamber/Databases%5Ccoaltech%5CCOM_DocMan.nsf/0/02001AA05372C6434225741800317FFB/$File/Task_4.1.1_Low_smoke_fuels.pdf%5Cpapers2://publication/uuid/959463BA-21FA-4636-BE8E-EFCEE2113F85)>.

PELT, B. K. Van et al. Greenfields Coal develops process to turn waste into clean-burning fuel. p. 2010–2011, 2011.

RELLER, G. J. **FINAL ENGINEERING EVALUATION/COST ANALYSIS RELIEF HILL HYDRAULIC MINE NEVADA COUNTY, CALIFORNIA Prepared For TAHOE NATIONAL FOREST NEVADA CITY, CALIFORNIA U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREST SERVICE REGION 5.** [s.l: s.n.].

WEILER, J.; AMARAL, J. R. do; SCHNEIDER, I. A. H. Processamento de Rejeitos de Carvão e Redução do Impacto Ambiental. **Augmdomus**, v. 6, n. 51, p. 80–94, 2014.

WORLD COAL INSTITUTE. the Coal Resource a Comprehensive Overview of Coal the Coal Resource Where Does Coal Come From? What Is It. **World Coal Institute**, p. 1–44, 2009.

YANG, Y.; SUN, W.; LI, S. Tailings dam stability analysis of the process of recovery. In: *Procedia Engineering*, **Anais...**2011.