



DETERMINAÇÃO DE FATOR DE RECONCILIAÇÃO DE TEORES PARA TEMPOS DE SECAGEM DIVERGENTES EM UMA MINERAÇÃO DE BAUXITA

GALVÃO, R.O.¹, BARROS, J.L.², BRAGA, A.L. C.³, BARROS, F.B.M.⁴

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharias de Várzea Grande.

E-mail: engraulim@gmail.com

^{2,3} Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

⁴ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), PPG em Tecnologias Energéticas e Nucleares.

RESUMO

A variação dos teores observada ao longo da cadeia produtiva de um empreendimento mineiro acarreta custos de milhares de dólares para as empresas. Uma das formas de minimizar essa problemática é a criação de fatores de reconciliação, que visam aproximar os teores programados com os reais. Sabe-se que, um dos fatores que pode gerar a variação na concentração final é a redução da quantidade de água no produto. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar o impacto que a diferença entre tempos de secagem apresenta na análise de teores de alumina e sílica de uma mina de bauxita e propor um fator de reconciliação para essa diferença. Foram utilizadas duas faixas granulométricas para as análises: ~1,5 e ~76,0 mm. Em cada faixa foram realizadas 120 coletas, utilizando três amostradores automáticos. Após a coleta, as alíquotas foram divididas em dois conjuntos, os quais foram secos separadamente por 6 e 12 horas. Pode-se concluir que devido à variação dos teores das partículas de grossas não foi possível determinar um fator de reconciliação neste caso. No entanto, para as partículas finas foi determinado o fator máximo de reconciliação de 0,37 para a alumina e de 0,17 para a sílica.

PALAVRAS-CHAVE: Bauxita, Controle de Qualidade, ISO 9033, Amostragem, Reconciliação.

ABSTRACT

The variation of the observed levels along the productive chain of a mining enterprise entails costs of thousands of dollars for the companies. One of the ways to minimize this problem is the creation of reconciliation factors, which aim to reconcile the programmed and actual levels. It is known that one of the factors that can generate this variation in the final concentration is the reduction of the amount of water in the product. In this context, this work aims to evaluate the impact of the difference between drying times on the analysis of alumina and silica contents of a bauxite mine and to propose a reconciliation factor for this difference. Two particle size ranges were used for analyzes: ~ 1.5 and ~ 76.0 mm. In each lane 120 samples were collected, using three automatic samplers. After collection, the aliquots were divided into two sets, which were dried separately for 6 and 12 hours. It can be concluded that due to the variation of the contents in the coarse particles it was not possible to determine a reconciliation factor. For the fine particles it was possible to determine a maximum reconciliation factor of 0.37 for the alumina and 0.17 for the silica.

KEYWORDS: Bauxite, Quality control, ISO 9033, Sampling, Reconciliation.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios de um empreendimento mineiro é promover a assertividade de teores de seus produtos. Anualmente, empresas mineradoras gastam milhões com processos que envolvem a análise de teores a fim de obter um produto que, de fato, corresponda àquilo proposto em contrato. Diversas são as atividades ao longo da cadeia extrativa mineral que estão ligadas a essas análises, desde a prospecção mineral, passando pela checagem do produto do beneficiamento, até chegar à análise do produto final de embarque.

Em muitos casos, há uma divergência entre as características do minério programado ao longo da cadeia e aquele embarcado nos navios. Essa divergência pode estar relacionada a diversos erros ao longo do processo de amostragem e a possíveis diferenças no tratamento do material amostrado, como por exemplo, o tempo de secagem. Segundo Chieriegatti (2007), devido à falta de conhecimento dos fundamentos da teoria da amostragem, muitas mineradoras perdem bilhões por ano, traduzidos na precária otimização das operações de lavra e beneficiamento, balanços metalúrgicos viesados, concentrados subestimados etc. Para se conhecer a dimensão do impacto das diferenças de teor e umidade nesses empreendimentos, em termos monetários, a variação de 1% nos teores de alumina (para menos) e sílica reativa (para mais) em relação ao programado, de um único embarque de 55 mil toneladas, pode representar uma multa contratual que ultrapassa 100 mil dólares.

Diante da incapacidade das minas em alterar ou modificar a estrutura dos processos e os procedimentos utilizados para o tratamento de amostras é que são determinados fatores de reconciliação. Estes fatores têm por objetivo ajustar o valor programado em relação ao realizado, considerando uma divergência processual. De acordo com Fouet *et al* (2009), reconciliação é a medição da variância entre dois pontos localizados ao longo da sequência da cadeia de mineração. Pode ser analisada através de modelos, planejamentos e medidas de performance. Cálculos são utilizados para obter uma variação entre duas seções dentro de uma sequência de mineração, com os resultados sendo comumente conhecidos na indústria como fator. O resultado geralmente é um grupo de fatores, que são aplicados a estimativas futuras, na tentativa de melhor prever como a operação pode ser executada (MORLEY, 2003).

A fim de aumentar a assertividade do teor programado em relação ao realizado, foi determinado, em uma mina de bauxita, um fator de reconciliação de teor relacionado à diferença no tempo de secagem em estufa do produto da usina de lavagem (seco por 6 horas) com o teor do produto final embarcado (seco por 12 horas). Essa diferença nos teores pode estar relacionada ao decréscimo da quantidade de água no produto avaliado (umidade), que acarreta a diminuição da massa total, e, portanto, o aumento do teor das substâncias analisadas. Neste contexto, esse trabalho tem como objetivo principal avaliar o impacto que essa diferença no tempo de secagem tem na análise de teor de alumina e sílica reativa e analisar os procedimentos a serem adotados para o cálculo do fator de reconciliação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas na usina de lavagem de uma mina de Bauxita no Oeste do Pará. A partir de operações de peneiramento, rebitagem e hidrociclonagem são formados dois distintos produtos: finos e granulados. Os finos, abaixo de 1,41 mm e os granulados, menores que 76,2 mm, são enviados de forma separada para as correias transportadoras, TP 0008 e TP 0007, até que sejam empilhados em pilhas de lavado no pátio e estocagem.

Foram conduzidas 120 coletas, em dias e horários diferentes em três amostradores automáticos designados por AM U-01, AM U-02 e AM B-01. Estes amostradores são desviadores de fluxo lineares com deslocamento transversal e perpendicular ao do material, sendo acionados a partir da sala de controle. Após a coleta, alíquotas do material homogeneizado e quarteado por pilhas cônicas foram levados para secagem em tempos de 6 horas e de 12 horas.

Após a secagem alíquotas foram enviadas ao laboratório para a análise de teor de alumina e sílica reativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar se há variação no teor de sílica e alumina devido ao incremento no tempo de secagem, calculou-se a diferença entre os resultados de teor obtidos no procedimento de (12 horas) e o rotineiro (6 horas) de cada amostra coletada. Foi calculada a média e o desvio padrão dessas diferenças de cada grupo de produto da usina de lavagem, resultando nos dados apresentados na Tabela 01.

Tabela 01: Média e desvio de diferenças de teores (%).

Alumina/ (Sílica)*			
Produto	Granulado (AM B-01)	Finos (AM U-01)	Finos (AM U-02)
Média	0.41 (-0.04)	0.32 (0.17)	0.32 (0.15)
Desvio	1.16 (0.368)	0.33 (0.19)	0.31 (0.18)

* Representam dados para a Sílica

Observou-se que o granulado obteve um valor de desvio padrão superior aos demais, e que em todos os casos (exceto a sílica do produto granulado) obtiveram uma variação positiva de teor com o aumento no tempo de secagem. Essa diferença pode estar relacionada a um erro sistemático ou a uma característica específica do produto, por isso, a necessidade de checar o arranjo dos dados graficamente.

De modo a monitorar possíveis resultados relacionados a erros sistemáticos ou aleatórios elaborou-se gráficos de dispersão de cada produto para cada teor, sob forma de carta de controle. Notou-se que o produto granulado não mostrou um padrão de variação positiva ou negativa para alumina (Figura 01) e sílica (Figura 02) em relação ao incremento de secagem. Decorre tal conclusão pela variabilidade exibida mostrando hora um crescimento e hora um decréscimo nos teores em relação ao tempo de secagem.

Uma vez que alguns dados para alumina estão contidos fora dos limites de controle, é possível que essa inconstância esteja relacionada a algum erro ao longo do processo, como por exemplo, preparo inadequado das amostras pelo operador. No entanto, como um

conjunto de dados considerável está contido fora dos limites de controle, é provável que essa inconstância esteja relacionada a uma fonte de erro sistemática.

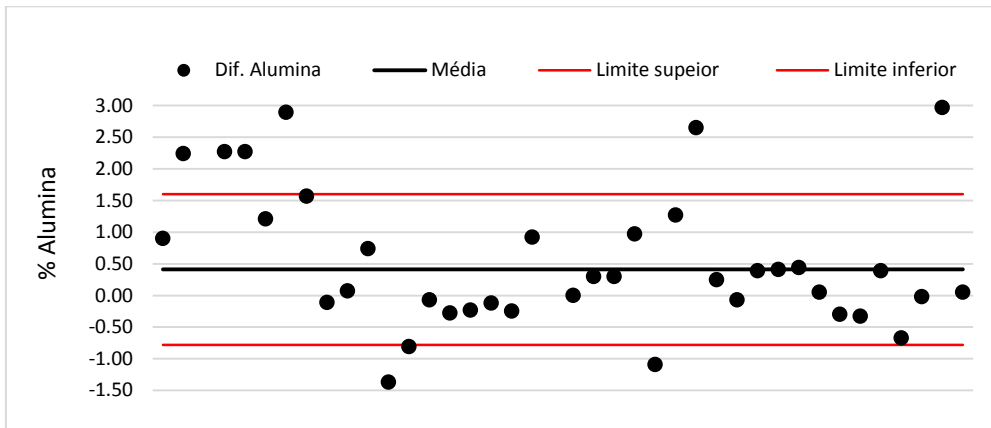


Figura 01: Diferenças nos teores de alumina entre secagens de 12 e 6 horas para granulados (AM B-01)

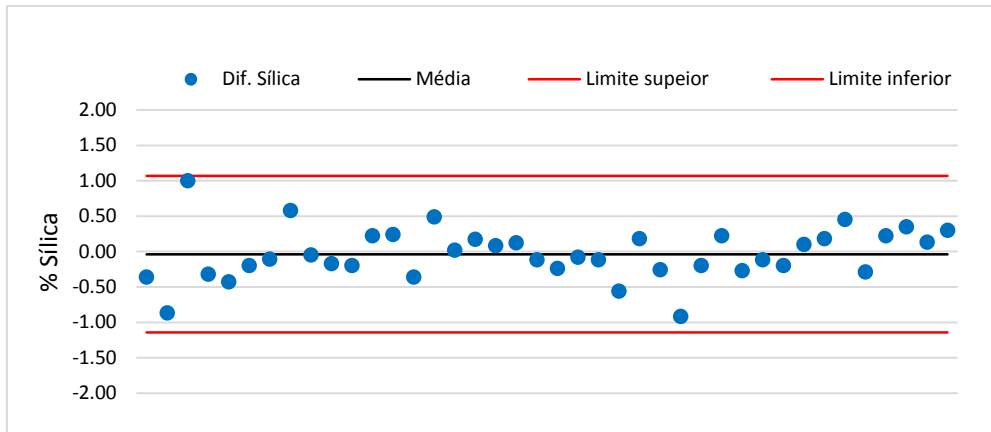


Figura 02: Diferenças nos teores de sílica entre secagens de 12 e 6 horas para granulados (AM B-01).

Como os resultados obtidos mostraram-se sem padrão no que se refere ao sentido de crescimento de teor para o produto, não se recomenda a utilização dos fatores 0,41 e -0,04 (média das diferenças) para alumina e sílica no cálculo dos produtos da usina de lavagem. Para analisar a causa de tal inconstância é necessário avaliar o arranjo das diferenças para os finos da linha de lavagem AM U-01, AM U-02, para alumina (Figuras 03 e 05) e sílica (Figuras 04 e 06).

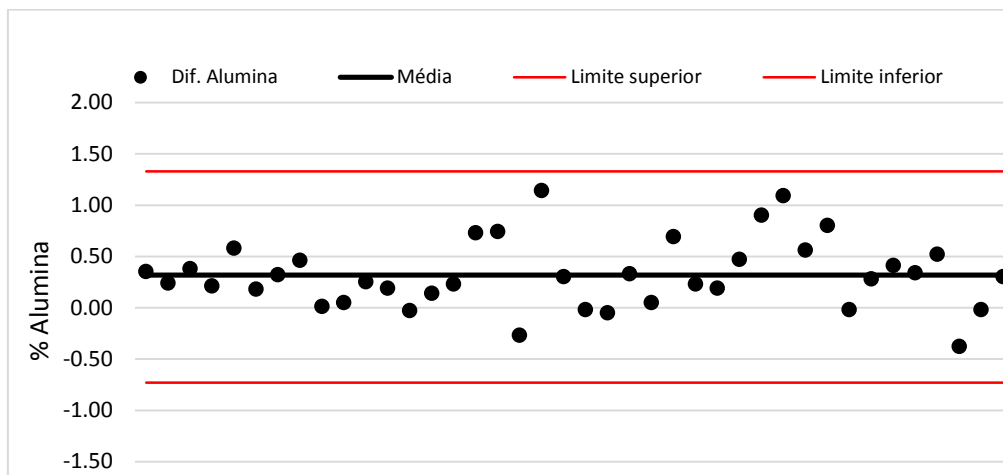


Figura 03: Diferenças nos teores de alumina entre secagens de 12 e 6 horas para AM U-01.

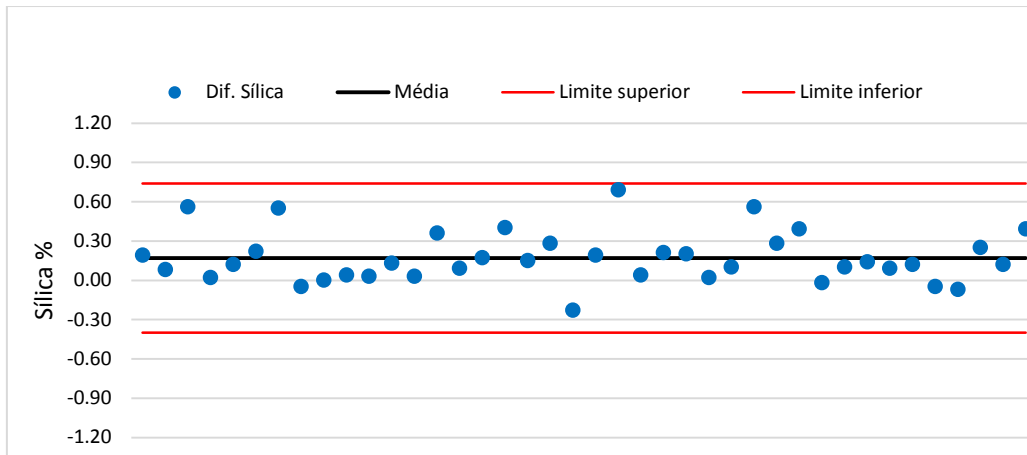


Figura 04: Diferenças nos teores de sílica entre secagens de 12 e 6 horas para AM U-01.

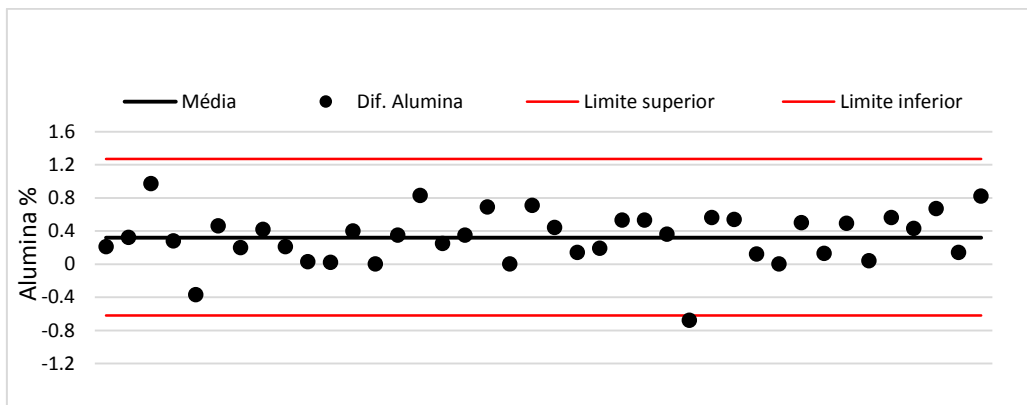


Figura 05: Diferenças nos teores de alumina entre secagens de 12 e 6 horas para AM U-02.

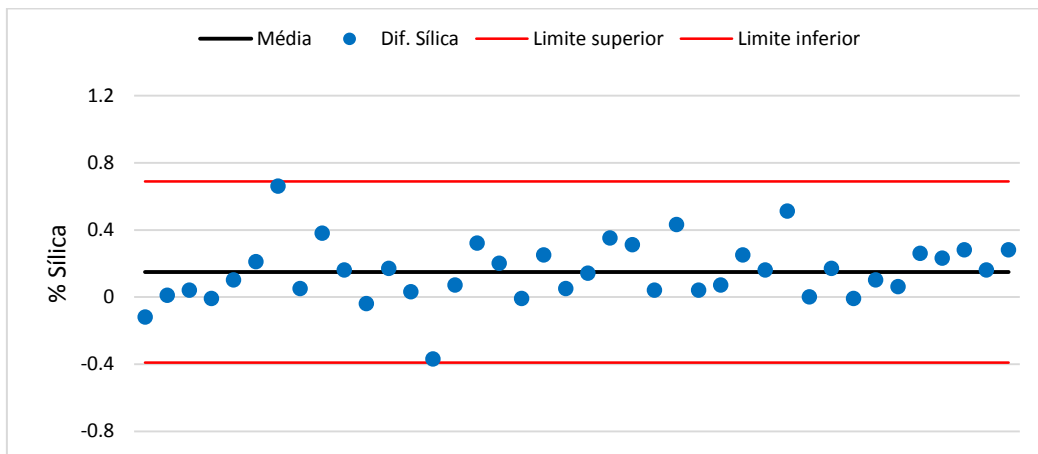


Figura 06: Diferenças nos teores de sílica entre secagens de 12 e 6 horas para AM U-02.

Uma vez que não houve pontos que ultrapassaram os limites de controle para os finos da linha AM U-01 e da M U-02, tanto para sílica quanto para a alumina, e os procedimentos de amostragem em análises para ambos os grupos foram realizados pela mesma equipe de operadores, ignorou-se a hipótese de erro processual na análise de granulados.

No produto de finos observou-se uma forte tendência para crescimento positivo de teor em relação ao tempo de secagem, mostrando, portanto, que a aplicação de teores (média das diferenças) mostra-se eficaz no tratamento de resultado de teores para finos. Nesse caso, aplica-se um fator de 0,37 para a alumina em ambas as linhas e de 0,17 e 0,15 para sílica na linha AM U-01 e da AM U-02, respectivamente.

No intuito de verificar de que forma os dados reagiriam aos fatores calculados, simulou-se a média das diferenças entre o tempo de 12 horas e os de 6 horas (com a aplicação do fator). Como o fator é uma constante, o desvio padrão apresentou os mesmos resultados do anterior. Os resultados são mostrados na Tabela 02, onde se percebe uma melhoria expressiva na precisão da análise, alcançando níveis próximos de zero para as diferenças.

Tabela 02: Simulação da média das diferenças após a aplicação do fator.

Alumina			Sílica		
Produto	Finos (AM U-01)	Finos (AM U-02)	Produto	Finos (AM U-01)	Finos (AM U-02)
Média	-0.002	0.001	Média	0.002	-0.001
Desvio	0.33	0.31	Desvio	0.19	0.18

Considera-se que, como o produto granulado tem granulometria que varia entre 1,41mm e 76,2 mm, o tamanho dos grãos e a variabilidade nas frações granulométricas quarteadas podem ter interferido no tempo de secagem ou no próprio teor do material. Como os finos são formados por grão menores que 1,41 mm, os efeitos da heterogeneidade constitucional são menores, sendo possível a realização do processo de homogeneização de modo mais eficiente. Além disso, a superfície de contato de materiais finos é maior, o que pode ter favorecido a secagem em 12 horas, e conseqüentemente a eliminação de água e aumento no teor. Para essa análise, deve-se avaliar a curva de secagem de material fino.

Para que fosse minimizado o erro devido à heterogeneidade constitucional relacionado à variação granulométrica de granulados, seria necessário analisar separadamente em diferentes frações a influência dessa divergência no tempo de secagem e calcular fatores múltiplos para a utilização de valores a serem ponderados, de acordo com as classes granulométricas de produto granulado.

A fim de avaliar a influência da criação do fator dessa divergência processual para finos no teor global, calculou-se a média da participação de cada produto da usina de lavagem (Figura 07), considerando-se os resultados obtidos nos 4 primeiros meses de 2018.

Embora a participação de finos no processo seja inferior a de granulados, ao considerar as perdas e ganhos de valores monetários através de bônus e *penalties* a serem pagos devido à divergência em teores de contrato, observa-se que a utilização do fator de finos deve ser apreciada na análise de teores, dado o aumento da assertividade que esse fator pode acarretar ao processo. Ao considerar os valores globais de massa embarcada por navio (cerca de 50 mil toneladas), qualquer diferença no teor se mostra importante para o negócio.

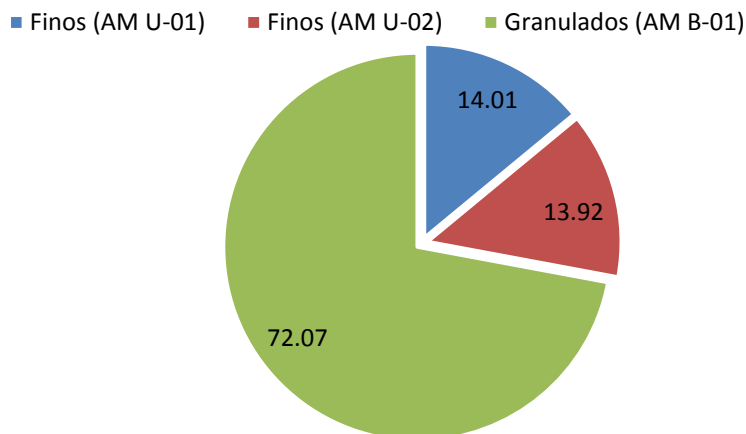


Figura 07: Participação média de produtos no embarque.

4. CONCLUSÕES

Os resultados dos testes evidenciaram que o grupo de granulados não apresenta padrão de variação positiva ou negativa de teores em relação ao tempo de secagem. Além disso, verificou-se que um número considerável de pontos situa-se fora dos limites de controle, o que configura uma sistematização de erros. Por isso, não foi possível criar um fator de reconciliação para esse grupo de produtos. Os resultados para finos mostraram tendência de variação positiva em relação ao tempo de secagem, sem pontos significativos contidos fora dos limites de controle, tanto para sílica quanto alumina, o que indicou a possibilidade de criação de fatores de reconciliação para esse grupo.

Calculou-se um fator de reconciliação de 0,37 para a alumina em ambas as linhas de finos e de 0,17 e 0,15 para sílica na linha AM U-01 e da AM U-02, respectivamente. Acredita-se que a utilização desses fatores aumentará a aderência do programado em relação ao realizado na mina, ampliando as margens de lucro por meio de bônus e minimizando as perdas por penalidades relacionadas a teores abaixo do programado. Em se tratando de empreendimentos mineiros, o descumprimento de contratos pode levar não só a perda de clientes pela empresa, mas também abalar o apoio creditício a novos projetos, assim como o valor de mercado da companhia, por isso a importância de se criar artifícios que ampliem a aderência de teor.

Para granulados, admite-se que a ineficiência dos valores de fatores encontrados, deu-se, sobretudo, pela variabilidade da granulometria de tal produto, o que amplia o erro de heterogeneidade na análise. Dessa forma, um novo trabalho deverá ser conduzido, para a criação de fatores múltiplos para cada classe granulométrica contida no produto dos granulados. Como a granulometria é também avaliada no produto de lavados, essa iniciativa possibilitará a utilização de fatores a serem ponderados de acordo com a participação de cada classe granulométrica no produto granulado.

Novos testes devem ser realizados de modo intercalado, a fim de verificar se os mesmos fatores aqui calculados se aplicam a novas frentes de lavra abertas. Uma vez que as características dos minerais variam de acordo com a frente lavrada, é necessário realizar constantemente a atualização desses fatores de reconciliação.

Embora a criação de fatores seja em muitos casos eficaz para a reconciliação, deve-se ter cautela na utilização dos mesmos, recorrendo a esses, somente nos casos em que houver, de fato, necessidade. No caso estudado, o método se mostra eficaz no aumento da aderência nos teores em curto prazo, entretanto devem-se criar, a médio e longo prazo, meios alternativos à prática, como, por exemplo, padronizar o procedimento de secagem do produto da usina de lavagem de acordo com a norma internacional ISO 9033, aplicada no porto.

5. REFERÊNCIAS

CHIEREGATTI, A.C. **Reconciliação pró-ativa em empreendimentos mineiros**. 2007. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007

FOUET, T., et. al. **Standardising the Reconciliation Factors Required in Governance Report**. In International Mining Geology Conference, 7. 2009, Perth, WA. Abstract. Research Gate, 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/263620617>>. Acesso em: 4 mai. 2018.

ISO. ISO 9033: **Aluminum Ores – Determination of the moisture content of bulk materials**. Geneva, 1989
ISO. ISO in brief. Geneva, 2016. Disponível em:
<https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/isoinbrief_2015.pdf>. Acesso em 12 abr. 2018

MORLEY, C., **Beyond Reconciliation – A Proactive Approach to Using Mining Data**. In Large Open Pit Mining Conference, 5., 2003, Kalgoorlie, WA. Abstract. Research Gate, 2004. Disponível em:
<<https://www.researchgate.net/publication/228799954>>. Acesso em: 4 mai. 2018.