



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



KPIS E INDICADORES DE QUALIDADE NO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE
CURTO PRAZO.

BRUNA FERNANDES DE SOUZA

Ouro Preto - MG
2022

BRUNA FERNANDES DE SOUZA

KPIS E INDICADORES DE QUALIDADE NO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE
CURTO PRAZO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Minas da Universidade
Federal de Ouro Preto como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Minas. **Área de concentração:**
Planejamento de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Eyer Cabral
(*DEMIN/EM/UFOP*)

Ouro Preto - MG
2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S729k Souza, Bruna Fernandes de.
KPIs e indicadores de qualidade no planejamento de lavra de curto
prazo. [manuscrito] / Bruna Fernandes de Souza. - 2022.
42 f.: il.: color., gráf.. + Quadro.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Eyer Cabral.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Minas .

1. Lavra de minas - Planejamento. 2. Controle de qualidade. 3.
Padrões de desempenho. I. Cabral, Ivo Eyer. II. Universidade Federal de
Ouro Preto. III. Título.

CDU 622.014:658.562

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



FOLHA DE APROVAÇÃO

Bruna Fernandes de Souza

KPI's e indicadores de qualidade no planejamento de lavra de curto prazo

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Minas

Aprovada em 16 de março de 2020

Membros da banca

Dr. - Ivo Eyer Cabral -(Orientador) -Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. - Carlos Enrique Arroyo Ortiz - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Hernani Mota de Lima - Universidade Federal de Ouro Preto

Ivo Eyer Cabral, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 29/05/2022



Documento assinado eletronicamente por **Ivo Eyer Cabral, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/05/2022, às 21:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0334559** e o código CRC **F8061E5D**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por escutar e atender as minhas preces. Aos meus pais, Jane e Eustáquio, pela luta em proporcionar condições aos meus estudos, por acreditarem em mim e por me ensinarem a ser forte. Vocês são meus maiores exemplos de força, persistência e dedicação. A minha irmã, Bárbara, por toda a cumplicidade, por ser exemplo de coragem e nunca deixar que eu desistisse de meus sonhos, pelo seu apoio incondicional. Ao Robin, por toda à disposição e incentivo. Ao Gleysson, por tornar todos os dias mais leves e por nunca duvidar que eu alcançaria todos os meus objetivos.

Aos meus mestres, em especial ao Professor Dr. Ivo Eyer Cabral, por toda a orientação e conhecimentos compartilhados.

A Escola de Minas, por propiciar um ensino de qualidade.

Obrigada aos familiares e amigos, que de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Levo comigo as lembranças e a sabedoria adquirida.

RESUMO

O presente trabalho apresenta considerações a respeito dos KPIs e indicadores de qualidade, abordando sua utilização dentro do planejamento de lavra de curto prazo, contextualizando a aplicação dos KPIs e indicadores na rotina do controle de qualidade. Os KPIs e indicadores de qualidade como o índice de aderência e cumprimento de lavra; o índice de aderência e cumprimento ao blend; a relação estéril minério e a reconciliação, foram apresentados de forma exemplificativa, para demonstrar a sua importância e aplicabilidade dentro da execução do plano de lavra de curto prazo, a fim de alcançar o objetivo de uma lavra economicamente viável e cada vez mais rentável, ou seja, uma lavra mais aderente ao plano. A pesquisa conclui que a inserção e aplicação dos KPIs e dos indicadores de qualidade promovem melhorias significativas em vários aspectos dentro do planejamento de lavra de curto prazo, possibilitando uma tomada de decisão mais precisa.

Palavras-chave: KPIs. Indicador de qualidade. Plano de lavra de curto prazo. Aderência. Cumprimento.

ABSTRACT

This work presents considerations about KPIs and quality indicators, approaching their use within the short-term mine planning, contextualizing the application of these KPIs and indicators in the quality control routine. KPIs and quality indicators such as adherence and mining compliance index; the rate of adherence and compliance with the blend; the sterile ore relationship and reconciliation, were also exposed as examples to demonstrate their importance and applicability within the execution of the short-term mining plan, in order to achieve the objective of an economically viable and increasingly profitable mining, that is, a mine more adherent to the plan. The research concludes that the insertion and application of KPIs and quality indicators promote significant improvements in several aspects within the short-term mine planning, enabling more accurate decisions.

Key words: KPIs. Quality indicator. Short-term mining plan. Adherence. Fulfillment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: Tríplice restrição em gerenciamento de projetos | 17 |
| FIGURA 2: Representação planejado x realizado. | 26 |
| GRÁFICO 1: Massas/volumes planejadas x realizadas na movimentação de lavra. | 27 |
| GRÁFICO 2: Movimentação total de minério planejado x realizado. | 28 |
| GRÁFICO 3: Índice de aderência e de cumprimento global. | 28 |
| GRÁFICO 4: Blend planejado x realizado. | 31 |
| GRÁFICO 5: Índices de aderência e de cumprimento do blend. | 32 |
| GRÁFICO 6: Movimentação de estéril e minério realizada x meta. | 34 |
| GRÁFICO 7: Relação estéril minério realizado x meta. | 35 |
| QUADRO 1: Aderência de movimentação de lavra diária. | 25 |
| QUADRO 2: Aderência ao Blend em escala diária. | 30 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

IA – Índice de aderência

IC – Índice de cumprimento

KPI - Key performance indicator – indicador chave de desempenho

NBR – Norma brasileira

OPEX – Operational expenditure – Despesas operacionais

PDE – Pilha de estéril

PMBOK – Project Management Body of Knowledge – Guia de melhores práticas de gerenciamento de projetos

PMI – Pilha de minério interna

PNR – Planejado não realizado

PR – Planejado realizado

REM – Relação estéril minério

RNP – Realizado não planejado

ROM – Run of mine

SLD – Sistema de longa distância

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2. PLANEJAMENTO DE LAVRA | 10 |
| 2.1. PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO..... | 12 |
| 3. CONCEITO DE QUALIDADE | 16 |
| 3.1. QUALIDADE DENTRO DO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO | 17 |
| 3.2. A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE QUALIDADE DENTRO DO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO..... | 18 |
| 4. KPIS E INDICADORES DE QUALIDADE..... | 21 |
| 4.1. KPIS E INDICADORES DE QUALIDADE NO CONTEXTO DO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO..... | 23 |
| 4.1.1. ÍNDICE DE ADERÊNCIA E ÍNDICE DE CUMPRIMENTO DA MOVIMENTAÇÃO DE LAVRA..... | 24 |
| 4.1.2. ÍNDICE DE ADERÊNCIA E ÍNDICE DE CUMPRIMENTO DO BLEND | 29 |
| 4.1.3. RELAÇÃO ESTÉRIL/MINÉRIO..... | 33 |
| 4.1.4. RECONCILIAÇÃO | 36 |
| 5. CONCLUSÃO | 38 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |

1. INTRODUÇÃO

Objetiva-se com o presente trabalho analisar a utilização dos KPIs - *Key Performance Indicator* - e indicadores de qualidade, dentro do planejamento de lavra de curto prazo, apontando os benefícios de sua utilização para o controle de qualidade, de forma exemplificada por meio de alguns KPIs utilizados na rotina de planejamento de lavra de curto prazo.

Busca-se ainda incentivar a pesquisa acadêmica e discussão do tema, uma vez que se trata de matéria de suma importância dentro do empreendimento mineiro pouco abordada dentro da graduação, considerando seus inúmeros benefícios de ordem econômica, operacional, ambiental, entre outros.

O planejamento de lavra é atividade estratégica que visa sequenciar a lavra que será executada pela operação de mina, estabelecendo prioridades, mapeando riscos.

Destacou-se a análise no plano de lavra de curto prazo, considerando que se trata de um plano mais dinâmico, mais passível de erros e atrasos na rotina de operação, uma vez que inúmeros fatores podem interferir diretamente na execução do plano de lavra.

Para se obter a qualidade estabelecida no plano de lavra, é necessário que a execução da lavra esteja em congruência com o planejado. Desvios existirão, contudo, devem ser minimizados a partir de ações corretivas.

Por meio dos KPIs e indicadores de qualidade, é possível monitorar os índices de aderência e cumprimento entre o planejado e realizado dentro do planejamento de lavra de curto prazo.

Uma vez que o plano de lavra de curto prazo necessita de um monitoramento mais próximo de suas operações, os KPIs e indicadores mostram sua importância no controle de qualidade, que é abordado no contexto da rotina de planejamento de mina, visto que auxiliam na identificação dos problemas e no estabelecimento de estratégias, subsidiando uma tomada de decisão mais precisa.

Dentre os inúmeros KPIs e indicadores de qualidade existentes que podem ser adotados dentro do planejamento de lavra de curto prazo, o presente trabalho abordou o índice de aderência - IA - e índice de cumprimento - IC - da movimentação de lavra, índice de aderência e índice de cumprimento do blend, relação estéril minério - REM - e a reconciliação.

Os KPIs e indicadores de qualidade podem variar de acordo com a metodologia e procedimento adotado internamente pela organização, podendo ser associados a diferentes áreas do empreendimento minero. Desta forma, salienta-se que os indicadores não se limitam apenas aos que foram abordados no decorrer do trabalho.

2. PLANEJAMENTO DE LAVRA

O planejamento de lavra trata-se de uma atividade estratégica que visa planejar de forma quantitativa e qualitativa, por meio de cronogramas, gráficos, sequenciamentos e desenhos a lavra que será executada pela operação de mina.

Para que seja possível a realização do planejamento de lavra, é necessário que a equipe de planejamento se valha de informações fundamentais para subsidiar a tomada de decisões. Denominadas como premissas, essas informações são dados essenciais de diversos segmentos, como capacidade de mineroduto, capacidade de processamento da usina, paradas programadas para manutenção, entre outros.

Dessa forma, o planejamento de lavra necessita de diversas premissas oriundas de distintos departamentos dentro da mineração tais como corpo geológico, topografia, taxas de produção, equipamentos em manutenção, custo operacional, faixas de teores, metas, capacidades de processamento e logística do minério, tecnologias disponíveis, limites ambientais, informações geotécnicas, entre outras demais, para fim de traçar um plano estratégico ideal.

Essas informações são de essencial importância para busca de uma lavra economicamente rentável, de forma a maximizar os lucros, parametrizar as reservas, levando-se em conta os aspectos geométricos e geotécnicos, além de reduzir custos operacionais não programados, valendo-se sempre uma operação segura.

Com acesso a tais informações, a equipe de planejamento de lavra possui condições de realizar o sequenciamento de forma estratégica e lógica, tomando decisões racionais.

Para um bom planejamento de lavra, existem inúmeros softwares no mercado à disposição. Assim, o planejador juntamente com o auxílio da ferramenta, define quais as frentes em que a operação será executada, para atender a especificações de teores de minério e de contaminantes presentes no ROM - *Run of Mine* - no intuito de despachar um produto dentro de especificações estabelecidas pelos clientes.

De acordo com Câmara (2014), o planejamento de lavra além de definir em qual frente a operação será executada, determinando onde será realizada a operação, também estabelece quando e a quantidade de ROM que será lavrado.

Conforme Chimuco (2010), o sequenciamento de lavra deve respeitar parâmetros como a REM - Relação Estéril/Minério-, níveis de pilha de estocagem, capacidade da mina e usina, restrições geotécnicas e restrições logísticas.

Para Curi (2014), o planejamento de lavra envolve a correlação entre os recursos e a determinação de custos, com base no avanço da lavra, dentro de um período de tempo, sendo os períodos definidos como curto, médio e longo prazo.

Planejamento de curto prazo tem como função a elaboração de lavra para as operações da mina, dentro de contextos temporais diversificados, como diário, semanal, mensal, semestral e anual, segundo Chimuco (2010).

Busca-se com esse planejamento de curto prazo uma operação eficaz de modo a atender parâmetros como disposição de estéril, controle de qualidade de produtos, nível de pilhas de ROM, programação de embarques, topografia e aderências geométricas, infraestrutura de mina, entre outros.

Já em relação ao planejamento de médio prazo, conforme o IBRAM (1996) - Instituto Brasileiro de Mineração -, objetiva-se a continuidade da atividade de lavra, baseado nos planos de longo prazo, levando em conta os estudos técnicos e econômicos desenvolvidos no mesmo.

O planejamento de longo prazo inicia-se a partir da geração da cava ótima, ou seja, trata-se de um planejamento macro, que sequencia a extração em uma escala de tempo maior, definido como 10 anos ou mais, a depender do nível de detalhamento dos planos da empresa.

O principal foco do longo prazo é justamente acompanhar toda a atividade minerária de determinada reserva, conforme Hartman e Mutmansky (2002).

Já para Souza (2013), o planejamento de longo prazo envolve o sequenciamento de lavra até a cava final.

Inúmeras são as variáveis que são levadas em consideração para melhor precisar o detalhamento desses planos de lavra, como minério extraído, tamanho da reserva, frota disponível, tamanho da usina, entre outros.

Salienta-se que a existência de um plano de lavra referente a um período não exclui a utilização dos demais dentro do planejamento de mina. Em verdade, todos os planos possuem uma integração entre si, equiparando-se a uma hierarquia,

em que os planos que possuem uma maior escala temporal, ou seja, aqueles de longo prazo, são utilizados como norte para os planos de médio prazo, assim como estes são norteadores dos planos de curto prazo.

Assim sendo, os planos de curto prazo buscam ser aderentes aos planos de médio e longo prazo.

Essas aderências serão melhor abordadas e exemplificadas em tópicos posteriores, de modo a esclarecer e sugerir indicadores a serem utilizados dentro das minerações. Também serão apresentados os cálculos de índice de cumprimento e índice de aderência.

Com o objetivo de restringir o tema, o trabalho será focado no planejamento de lavra de curto prazo.

Levou-se em consideração que o plano de lavra de curto prazo exige um maior monitoramento e acompanhamento dos indicadores de qualidade, uma vez que este é responsável por fornecer o minério em características adequadas para a usina e garantir que as frentes de lavra estejam seguras e acessíveis para que a operação possa executar o trabalho de lavrar o minério, bem como realizar as operações unitárias necessárias.

2.1. PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO

O planejamento de curto prazo, dentro da atividade de mineração, é considerado aquele que estabelece as operações a nível micro, podendo ser em escala semestral, mensal, semanal e diário.

Rodvalho (2013, p.19) menciona que:

Em etapas operacionais de empreendimento mineiro existem as atividades de planejamento de lavra de curto prazo que possui foco em um horizonte máximo de um ano. Contudo, os planos anuais, que orientam as atividades de curto prazo, devem ser sequenciados em trimestres, meses e semanas, desempenhando forte interface com setores operacionais do empreendimento.

Conforme já mencionado, o planejamento de lavra em suas subdivisões, estabelece uma hierarquia em escala de tempo, a qual deve ser criteriosamente respeitada, visando a execução de planos de lavra aderentes, sempre na busca de atingir uma maior eficácia dentro do que foi planejado nos planos de grande escala.

Neste sentido, quanto mais complexo é o empreendimento de mineração, mais criteriosos passam a ser os planos a serem executados, de forma que as escalas temporais devem atender um nível maior de informações, em função da maior complexidade da lavra a ser executada, para que a atividade possa ser rigorosamente acompanhada de perto pela equipe, a fim de ajustar qualquer desvio que possa ocorrer.

Ainda segundo Rodovalho (2013, p.19):

Paralelo à definição das responsabilidades dos setores ligados ao planejamento de curto prazo, observa-se que os empreendimentos mineiros, com o passar dos anos, operam minas com cada vez mais restrições. [...] Outro fator é o aumento da complexidade da metodologia de lavra que requer um aperfeiçoamento dos métodos e técnicas de lavra, aumento da utilização de novas tecnologias visando ao aumento de produtividade e de eficiência operacional, e um planejamento de lavra de curto prazo sofisticado e abrangente.

Assim sendo, para atender um planejamento de lavra de curto prazo cada vez mais criterioso, as técnicas de sequenciamento de lavra, com o passar dos anos, necessitam de adequações e aperfeiçoamentos, buscando uma maior exatidão sem comprometer a efetividade e eficácia do processo, atendendo assim os índices de aderência e cumprimento de lavra.

Dessa forma, softwares disponíveis buscam por meio de algoritmos e modelos geológicos as lavras economicamente mais viáveis, ou seja, com uma relação estéril/minério dentro dos parâmetros desejados de recuperação e viabilidade da lavra, considerando fatores como a geometria, dimensionamento, pit final da cava, infraestrutura de mina, entre outros, na busca de atender o que está planejado em escala curto prazo.

Dentro das empresas de mineração, tem-se procedimentos operacionais que ditam as premissas que devem ser consideradas na elaboração dos planos, sejam eles de longo, médio ou curto prazo.

Estes procedimentos, contemplam com objetividade a descrição das atividades, bem como a importância dos indicadores na inspeção diária dos resultados obtidos nas lavras executadas, considerando atributos como teor, massa, níveis de pilha, utilização de equipamentos, bem como suas disponibilidades, destino dos materiais lavrados, geometria de corte, marcações topográficas.

A nível de curto prazo, o controle de qualidade é suportado por um corpo técnico que são responsáveis por verificar e acompanhar as atividades na mina

juntamente com a operação, com o propósito de mitigar desvios que comprometem a qualidade do minério e os riscos operacionais dentro do plano de curto prazo, buscando sempre que os KPIs e indicadores mensurados por meio de cálculos e apresentados estejam o mais próximo possível do ideal que foi planejado.

Dentro do plano de lavra de curto prazo existem diversas restrições. Como já citado, a complexidade do planejamento de lavra tende a aumentar de acordo com a escala de tempo a ser considerada.

A alimentação da usina de beneficiamento, a quantidade de material a ser lavrado, variação dos teores ao longo do corpo mineralizado, *blend/mix* das pilhas de minério são critérios que são especificados no plano de lavra.

Esse plano de lavra idealmente é apresentado de modo antecipado a fim de informar aos envolvidos, bem como equipe técnica que executará e suportará as operações, inclusive as operações unitárias como desmonte, carregamento e transporte, a fim de também antecipar e tornar mais previsível a preparação de praças de lavra, dimensionamento e manutenção de transportadores de correias (quando a lavra é executada por *truckless*), manutenção de ativos como carregadores, equipamentos (caminhões, pá carregadeiras, tratores, entre outros).

O curto prazo envolve um maior risco, considerando fatores climáticos, pois interferem diretamente na execução do plano. Podemos citar, como exemplo, a época das chuvas, que envolve a antecipação de trabalhos de infraestrutura de mina.

Em escala diária, a atenção dos planejadores e equipes técnicas, deve ser ainda mais cuidadosa. Desvios como paradas não programadas, situações climáticas não previsíveis, acidentes, devem ser gerenciados de forma a impactar minimamente nas operações, posto que atrasos podem acarretar índices de aderência e cumprimento abaixo dos planejados.

KPIs tais como metas, custo de produção, tempo gasto também podem sofrer influência direta quando riscos não previstos no plano de lavra ocorrem, sem que haja qualquer medida corretiva definida pelo gerenciamento de riscos.

Dessa forma, fica evidente que o planejamento de curto prazo é aquele que tem como objeto de gestão questões pontuais, peculiares e dinâmicas, que ocorrem a todo momento, dentro da atividade de operação de mina e usina.

Ressalta-se que a supervisão da usina de beneficiamento de minério deve ser realizada de forma concomitante e que eventuais problemas na alimentação da usina podem impactar diretamente e de forma significativa no plano de curto prazo.

De fato, não há como impedir que os problemas ocorram nas operações de mina e de usina. Desalinhamento de correias, entupimentos de peneira ou até mesmo paradas no sistema de britagem são problemas corriqueiros, que podem surpreender os planejadores e toda a equipe.

Contudo, deve haver um bom gerenciamento de risco, de modo a mitigar qualquer efeito negativo sobre o plano de curto prazo, considerando sua volatilidade em face às demais escalas.

A má execução do plano de curto prazo, como exemplo, a nível diário, de forma reiterada, pode acarretar, a longo prazo, um desvio sem precedente, o que pode inviabilizar a continuidade da operação ou até mesmo a vida útil da mina, além de gerar um alto custo de *opex - operational expenditure* – despesas operacionais, que possui significado de despesas de capital, diminuindo a margem do lucro do empreendimento mineiro.

Por isso, identifica-se a necessidade de um acompanhamento rigoroso das aderências e KPIs, dentro do planejamento de lavra de curto prazo, a partir da análise de indicadores de desempenho, para que não destoe da execução do plano.

Dessa forma, indicadores de desempenho e KPIs mostram-se de extrema importância para que haja planos aderentes, de forma a cumprir mais próximo ao ideal todo o planejado.

3. CONCEITO DE QUALIDADE

A qualidade, no contexto atual das indústrias, independente do porte, reporta a um importante conceito que sempre é pretendido por todos os setores, visando a entrega de um produto que atenda os interesses dos consumidores finais. Em outras palavras, quando atribuído o conceito de qualidade diretamente a um produto ou a uma prestação de serviços, busca-se a essência da palavra em si, ou seja, a entrega da prestação de serviço ou produto que atenda os parâmetros e requisitos estabelecidos.

Qualidade, nos termos da ABNT NBR ISO 9000 (2008), significa o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos.

Ainda na norma técnica, dentro da definição de qualidade, requisito é a necessidade ou expectativa que é expressa, de forma implícita ou obrigatória, e a característica, remete à propriedade diferenciadora do produto.

Já segundo o Guia PMBOK (2014), qualidade pode ser definida como o nível de satisfação que um conjunto de características inerentes pode alcançar.

Dessa forma, quanto maior o grau da propriedade diferenciadora (características), que atenda de modo mais amplo os requisitos ou expectativas, maior será a qualidade do produto.

Qualidade também pode ser definida como a capacidade do produto em atender as necessidades do consumidor final da cadeia produtiva.

Quando um produto ou prestação de serviço venha de forma a subsumir as expectativas daquele que seja destinatário final, tem-se uma qualidade mais próxima da ideal.

Ressalta-se que um produto ou serviço de qualidade possui várias facetas, que engloba como a entrega no prazo, dentro do planejado, com as características definidas, com o custo adequado, de forma a atender a tríplex restrição.

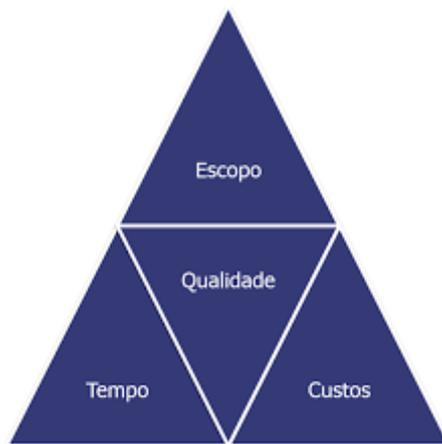


FIGURA 1: Trílice restrição em gerenciamento de projetos
Fonte: MONTES (2020)

Conforme a trílice restrição em gerenciamento de projetos, a qualidade possui propriedade diretamente ligada com o tempo em que está sendo executado ou entregue o produto ou serviço, dentro do custo planejado, nas conformidades com suas características.

Quando se altera qualquer um desses pontos, os demais sofrem interferência, afetando diretamente não só a qualidade, mas também os demais pontos.

Percebe-se, assim, inúmeras definições de qualidades, contudo, todas convergem para um ponto em comum, na qual aborda o conceito de qualidade centrado na entrega de um produto que atenda ao planejado, dentro das expectativas do cliente.

Ademais, deve atender a premissa de tempo, custo e requisitos/características estabelecidas, pelo que além da busca de uma qualidade ideal, deve haver uma perfeita integração com essas variáveis.

3.1. QUALIDADE DENTRO DO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO

Como foi dito, qualidade no sentido *latu sensu* envolve a entrega de um produto ou prestação de serviços, atendendo os requisitos estabelecidos.

Não obstante a isso, para que seja possível auferir a qualidade dentro de um planejamento de lavra de curto prazo, é necessário estabelecer uma premissa acerca da qualidade, em um sentido mais restrito.

Visando assim definir acerca da qualidade, dentro do planejamento de curto prazo, deve-se ter em vista não só a entrega do produto final, mas para uma lavra viável, deve-se levar em consideração o que foi planejado pela gerência de planejamento de mina, para que não haja desvios inesperados.

Ou seja, qualidade dentro do planejamento de lavra de curto prazo, para fins do presente estudo, é justamente a execução da lavra dentro do que foi exatamente planejado.

Não se objetiva olvidar a existência de desvios, que, na verdade, ocorrem a todo instante dentro da atividade de mineração. Contudo, como já mencionado, deve-se haver sempre planos de ação para diagnosticar e atuar na correção de fatos imprevisíveis que interferem no fiel cumprimento do plano de lavra.

Dessa forma, para fins do presente trabalho, estabeleceu-se como definição de qualidade a execução do plano de lavra de curto prazo, de forma segura, visando a entrega de uma lavra rentável, produtivo, dentro das métricas dos processos, consolidando os principais KPIs e indicadores de qualidade na prática operacional, atendendo ao que foi planejado, de forma a cumprir as tarefas como: o que será lavrado, onde, quando e a qualidade do que será lavrado, além de planejar as retomadas das pilhas de minério.

3.2. A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE QUALIDADE DENTRO DO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO

O plano de lavra de curto prazo, como já dito anteriormente, possui uma necessidade de acompanhamento rigoroso das aderências e KPIs, a partir da análise de indicadores de qualidade, para que não destoe da execução do plano, visto que se trata de um plano dinâmico, com alta volatilidade, passíveis de erros e atrasos em escala diária, que quando não monitoradas corretamente e sem uma adequada gestão de risco, pode impactar diretamente nas operações e afetar os resultados a longo prazo.

Juran (1990) relata que o controle da qualidade avalia o desempenho da qualidade real, comparando-a com as metas definidas, além de atuar em eventual diferença.

Dessa forma, um controle de qualidade quando bem estabelecido, possui parâmetros com conceitos e métricas bem definidas. Essas metodologias possuem

finalidade para acompanhamento do desempenho de um determinado processo e/ou avaliar a conformidade dos seus produtos.

Tratando-se de plano de lavra de curto prazo, em suas diversas escalas, tomando-se como exemplo o plano trimestral, mensal, semanal e diário, o controle de qualidade consiste em monitorar as atividades de lavra realizadas pela operação de mina, de forma a garantir que os planos desenhados e calculados, com as suas devidas estimativas, obtenham aderências maiores ou próximas daquelas que se tem como ideal, dentro das possibilidades, bem como da disponibilidade de equipamentos, mão de obra, tecnologia, corpo técnico, condições inerentes ao processo, capacidade de operação.

O controle de qualidade ainda tem como atribuição, a previsão, antecipação e mitigação de qualquer desvio do planejado, de forma a minimizar ou afastar os impactos na qualidade do produto.

Tomemos como um exemplo, uma situação hipotética, em que ocorra uma parada não programada de um sistema de correias de longas distâncias (SLD - sistema de longa distância) responsável por parte do percentual do *mix* do ROM, que será destinado a usina.

Dessa forma, mostra-se de suma importância o técnico de qualidade, que é o profissional que suporta as operações de mina, de forma a diagnosticar, atuar e corrigir eventual anomalia que surja.

Nesta senda, juntamente com o engenheiro responsável pelo plano de lavra de curto prazo, em escala diária, estes profissionais devem visualizar a melhor forma de corrigir a situação e realizar a tomada de decisão em tempo hábil, de forma a não prejudicar a qualidade do minério que será processado na usina nem impactar nos demais processos.

Considerando a hipótese, fica claro que aquela parada não programada impactaria diretamente em inúmeros indicadores de qualidade, considerando o conceito de qualidade aqui tomado como premissa, podendo ser qualidade do minério planejado x realizado, massa da britagem planejado x realizado, blend planejado x realizado, aderência à massa das frentes de lavra planejado x realizado.

Esses indicadores serão melhor abordados e apresentados em tópico próprio.

Destarte, o controle de qualidade mostra-se imprescindível dentro do planejamento de curto prazo, uma vez que monitora por meio dos indicadores o quão aderente a execução da lavra está ao planejado.

Neste sentido, exemplificando um cenário de um indicador que pode se apresentar não aderente, temos um eventual desvio na quantidade de *run of mine* planejado que é diretriz no plano de lavra de curto prazo e que incidirá diretamente na qualidade do minério que será beneficiado na usina. Desvios no material concentrado também são ocasionados por lavras não aderentes ao planejado.

Destaca-se que os desvios de movimentação podem ser caracterizados pela não conformidade da operação de uma planta de lavra, que pode ocorrer de duas maneiras distintas: uma lavra realizada fora do planejado e uma lavra planejada não realizada.

Assim, o controle de qualidade é uma metodologia que afere a performance da operação de lavra e acompanha de perto o desempenho das atividades, a fim de garantir a execução do plano conforme o planejado.

Dessa forma, mostra-se importante um controle de qualidade dentro do plano de lavra de curto prazo, em escala diária, de modo que verifique situações como: se a lavra está sendo executada no polígono, extraído-se a massa que foi planejada para tanto, que a sua destinação está conforme determinado; que as retomadas estão sendo realizadas na proporção correta.

Esse acompanhamento, dentro de uma mineração de minério de ferro, por meio do controle de qualidade na execução do plano de lavra de curto prazo visa garantir que ao final do processo o produto a ser entregue, seja pelota, granulado, *pellet feed*, *sinter feed*, atenda as especificações determinadas.

Salienta-se que o controle de qualidade não se mostra importante somente no plano de curto prazo, fazendo-se necessário em todos os aspectos operacionais.

Um controle de qualidade que garante a execução do plano de lavra de curto prazo o mais próximo do ideal, via de consequência, entrega um produto final dentro da qualidade especificada, satisfazendo os interesses do consumidor final.

Assim, o controle de qualidade é imprescindível dentro das atividades de mineração, assim como qualquer outro ramo de empreendimento. Porém, este controle se faz rigoroso dentro daquelas empresas que objetivam a excelência operacional, e tem como premissa o atendimento dos requisitos do produto vendido.

4. KPIS E INDICADORES DE QUALIDADE

A palavra indicador tem como significado aquilo que serve de guia. Dessa forma, KPIs e indicadores de qualidade tem como função servir de guia para a equipe técnica responsável pelo controle de qualidade de modo a permitir o acompanhamento de desempenho e performance das atividades do empreendimento.

Apesar de que KPIs e indicadores de qualidade/desempenho são geralmente utilizados no mesmo contexto, há uma pequena diferenciação entre suas definições.

Indicadores podem ser definidos como parâmetros com conceitos e métricas bem definidas, servindo para acompanhar o desempenho de um determinado processo e/ou sua conformidade.

Já em relação a KPIs, que são indicadores chave de desempenho do processo, sua distinção é justamente pelo fato de serem indicadores definidos como críticos, que ajudam a verificar se os principais objetivos de um processo estão sendo alcançados. Ou seja, são aqueles indicadores detectados como os mais importantes e definidos por uma atividade empresarial.

Vale mencionar que indicadores de qualidade e KPIs são apresentados em formato de média, porcentagem, taxa, razão, já que possuem um significado de dados comparados, conforme Peterson (2006).

Para Martins e Costa Neto (1998, p.306) “os indicadores de desempenho são propostos para medir o desempenho em áreas-chave do negócio: clientes, mercados, produtos, processos, fornecedores, recursos humanos e comunidade e sociedade. [...]”.

Dessa forma, indicadores de qualidade, bem como KPIs buscam avaliar o desempenho das atividades dentro de um empreendimento, independente do ramo de atuação.

Ainda para Martins e Costa Neto (1998, p.306):

É importante destacar que os indicadores de desempenho são um meio para auxiliar a gestão pela qualidade total e não um fim em si mesmos. Eles são úteis para que o sistema de gestão possa controlar e identificar necessidades, e fazer melhorar o desempenho, que estão relacionados à satisfação dos *stakeholders* da empresa.

Assim sendo, é necessário estabelecer primeiramente quais são os indicadores de desempenho que permitem medir o desempenho em relação ao objetivo principal da empresa. [...]

Entretanto, não é suficiente atribuir indicadores de desempenho para monitorar somente o desempenho no nível corporativo. Eles apenas informam sobre como estão os resultados – a satisfação dos *stakeholders*. Mas não dizem nada a respeito do que está acontecendo para se chegar aos resultados. É importante indicar como está a gestão dos meios necessários – macro e microprocessos – para atingir o objetivo principal da empresa. Então, uma vez estabelecidos os indicadores de desempenho corporativos, o passo seguinte é desdobrá-los para os macro e microprocessos da organização.

Fica claro, assim, que uma vez que esses indicadores são implementados, pode-se subsidiar as tomadas de decisão relacionadas a diversos aspectos do empreendimento, permitindo analisar a viabilidade sobre a perspectiva de execução.

Neste sentido, Nader (2012, p.539), no artigo “Indicadores-chave de desempenho e a gestão integrada da mineração”, menciona que:

Tais indicadores, então, poderão ser mapeados ao longo do processo produtivo e poderão fornecer dados medidos em situações e tempos diferentes. Isso permitirá que a análise dos benefícios da integração das atividades possa ser quantificada, numericamente, de forma a subsidiar as tomadas de decisões quanto aos investimentos necessários, através de conveniente análise do retorno do investimento confrontado com o esperado aumento de eficiência.

Portanto, existe uma diferença entre KPIs e indicadores de qualidade, posto que aquele é tomado a partir da detecção de indicadores que são tidos como mais críticos do processo organizacional, possuindo uma maior influência nas tomadas de decisões e no desempenho, ou seja, essas variáveis métricas possibilitam promover melhorias e identificar desvios no processo.

A seguir, será abordado um pouco a respeito de alguns indicadores de qualidade e KPIs identificados dentro do planejamento de lavra de curto prazo, apresentando cálculos de aderências aos indicadores de qualidade e KPIs.

Apesar do presente trabalho apontar alguns indicadores de qualidade e KPIs, salienta-se que não se limitam apenas aos aqui apresentados, uma vez que os indicadores de qualidade e KPIs variam de acordo com a metodologia e procedimentos adotados internamente pela organização.

Além disso, KPIs e indicadores de qualidade podem ser associados a diferentes áreas do empreendimento minero, conforme mencionado por Costa (2015). Exemplificando, indicadores como disponibilidade física e utilização de equipamentos, KPIs utilizados pela gerência de operação de mina.

Nader (2012) também apresenta diversos indicadores de desempenho de acordo com as etapas do processo produtivo de mineração. Entre os KPIs mapeados, na etapa de pesquisa mineral, apresentou indicadores como o percentual de atendimento do plano anual de prospecção, aderência ao orçamento. Quanto em relação à etapa de beneficiamento, mapeou indicadores como consumo específico por insumo, recuperação mássica, recuperação metalúrgica. Um estudo detalhado de KPIs e indicadores de qualidade pode ser encontrado em Costa (2015) e Nader (2012).

Como dito, com base na definição de KPIs e indicadores de qualidade, fica a cargo da equipe técnica responsável por cada área da empresa estabelecer, dentro da metodologia utilizada, quais indicadores serão adotados e quais serão considerados críticos.

4.1. KPIS E INDICADORES DE QUALIDADE NO CONTEXTO DO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE CURTO PRAZO

No contexto do PMBOK (2014), no gerenciamento de qualidade do projeto, gerenciar qualidade significa a busca pela minimização da variação e entregar resultados que cumpram requisitos definidos.

Essa definição apresentada pelo guia do PMBOK adere a premissa adotada no presente trabalho a respeito do que foi considerado qualidade dentro do planejamento de lavra de curto prazo, uma vez que se busca uma variação mínima da execução da lavra em relação ao que foi planejado, entregando resultados mais próximos aos ideais, salientando que resultado ideal é aquele que foi planejado pela equipe técnica.

No presente trabalho, os índices KPIs e indicadores de qualidade que serão abordados em seguida foram considerados alguns dos mais relevantes dentro de um empreendimento mineiro, a partir das premissas aqui expostas e objeto de estudo analisado.

Frisa-se novamente que os indicadores aqui apresentados não se comportam como um rol taxativo, de modo que podem existir inúmeros indicadores a serem considerados dentro de um planejamento de lavra de curto prazo, a depender da metodologia adotada internamente pela empresa.

4.1.1. ÍNDICE DE ADERÊNCIA E ÍNDICE DE CUMPRIMENTO DA MOVIMENTAÇÃO DE LAVRA

O planejamento de lavra de curto prazo tem como objetivo planejar de forma operacional a lavra que será executada pela operação de mina. Para isso, com o auxílio de software, são desenhadas plantas de lavras, que consistem em limites topográficos projetados a partir de coordenadas, com qualidades específicas, que atendem às características requeridas pela usina.

A partir das plantas de lavra, são estabelecidas massas (em toneladas ou metros cúbicos), no plano de lavra de curto prazo, em escala diária, semanal, mensal, trimestral, entre outros, que deverão ser lavradas na escala temporal determinada pelo plano.

Portanto, com as massas determinadas e com o que foi efetivamente realizado, possibilita a equipe realizar o cálculo dos indicadores de qualidade para fins de monitoramento da adesão ao plano de lavra.

O índice de aderência e de cumprimento de lavra são dois indicadores de qualidade que são utilizados para esse monitoramento.

O índice de aderência representa o percentual de aderência da massa que foi efetivamente realizada em relação ao plano de lavra. Assim, apresenta o desvio entre o que foi planejado e o realizado, incluindo o que não estava planejado.

Assim, o índice de aderência pode ser obtido por meio da seguinte fórmula:

$$IA = \frac{PR}{PR + RNP} \times 100$$

Na fórmula, tem-se o planejado realizado (PR), planejado não realizado (PNR) e o realizado não planejado (RNP), que significa:

- PR - Movimentação de minério ou estéril planejado e realizado conforme o plano de lavra;
- PNR - Movimentação de minério ou estéril planejado e não realizada;
- RNP - Movimentação de minério ou estéril fora do que foi planejado.

O índice de cumprimento retrata o percentual de cumprimento do plano de lavra em relação ao volume/massa que foi efetivamente realizado. Mede o quanto foi realizado do planejado. Ele pode ser calculado por meio da expressão:

$$IC = \frac{PR}{PR + PNR} \times 100$$

Para fins de exemplificação, apresenta-se os dados hipotéticos no Quadro 1, de modo a simular uma movimentação de lavra. Como o objeto de estudo trata-se de plano de lavra de curto prazo, adotou-se a escala diária para a simulação.

| ADERÊNCIA | | | | Cálculos | | | Indicadores | |
|--------------------|---------|------------------|-----------|----------|-------|-------|-------------|--------|
| FRENTE | DESTINO | Planejado diário | Realizado | PR | RNP | PNR | IA (%) | IC (%) |
| PLANTA DE LAVRA 01 | A | 2.000 | 1.100 | 1.100 | - | 900 | 100% | 55% |
| PLANTA DE LAVRA 02 | B | 1.500 | 2.000 | 1.500 | 500 | - | 75% | 100% |
| PLANTA DE LAVRA 03 | C | 5.000 | 4.300 | 4.300 | - | 700 | 100% | 86% |
| PLANTA DE LAVRA 04 | D | 3.000 | 2.700 | 2.700 | - | 300 | 100% | 90% |
| PLANTA DE LAVRA 05 | E | 1.000 | 1.200 | 1.000 | 200 | - | 83% | 100% |
| PLANTA DE LAVRA 06 | F | 500 | 980 | 500 | 480 | - | 51% | 100% |
| Total | | 13.000 | 12.280 | 11.100 | 1.180 | 1.900 | 90% | 85% |

QUADRO 1: Aderência de movimentação de lavra diária.

Percebe-se que o Quadro 1 foi dividido em três principais regiões, sendo a primeira a aderência, a segunda cálculos, e a terceira os indicadores.

Dentro da primeira região, a aderência, dentro da movimentação de lavra, encontra-se a indicação de especificações como as seguintes:

- Frente - local onde a lavra será realizada;
- Destino - local para onde o material lavrado será destinado;
- Planejado diário - massa de minério ou estéril que deverá ser lavrada na frente determinada;
- Planejado realizado - massa de minério ou estéril que foi efetivamente lavrada no período de tempo estabelecido no plano de curto prazo;

Esclarece-se que a massa realizada em um plano de lavra como o hipotético apresentado, pode ser auferida de duas maneiras distintas; a primeira,

considerando as massas fornecidas pelo sistema de despacho; a segunda por meio da geometria, ou seja, comparando-se a topografia inicial com a topografia posterior a realização da lavra.

Por se tratar de métodos distintos de auferir a massa realizada, pode-se obter valores muito diferentes. Em se tratando do sistema de despacho, problemas como calibragem das balanças dos caminhões podem ser críticos, uma vez que influenciam na medição da massa carregada. Diferenças também podem ocorrer quando a lavra é realizada fora do limite do polígono estabelecido, uma vez que o sistema de despacho irá entender que essa massa, em verdade, foi lavrada dentro da planta de lavra planejada.

Em relação ao método de comparação entre as topografias, é necessário que as topografias estejam atualizadas de acordo com o avanço da lavra. Ademais, esse método mostra-se mais confiável para análise das massas lavradas para o planejamento de lavra de curto prazo, considerando que sofre menos influência de fatores externos.

Quanto à segunda região, cálculos, tem-se o planejado realizado (PR), planejado não realizado (PNR) e o realizado não planejado (RNP).

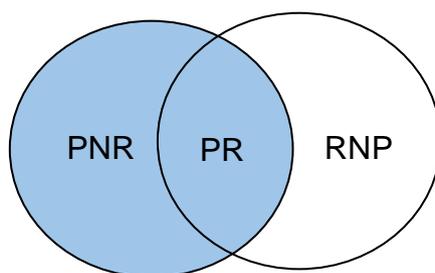


FIGURA 2: Representação planejado x realizado.

Na Figura 2, o círculo preenchido com a cor azul refere-se aquilo que foi planejado para ser lavrado, enquanto a parte do círculo que não possui preenchimento de cor, refere-se aquilo que foi realizado, contudo não havia sido planejado.

Na terceira região, indicadores, apresenta-se os índices de aderência (IA) e índice de cumprimento (IC), que são obtidos por meio dos valores dos volumes de RNP, PNR e PR.

Como pode-se observar no Quadro 1, o índice de aderência e o índice de cumprimento podem ser calculados para uma planta ou área de lavra em específico,

ou para o conjunto de áreas de lavra em distintas frentes de operação que compõem o plano.

Na hipótese apresentada, conforme os dados do Quadro 1, observa-se para a planta de lavra 01, a lavra planejada era igual a 2.000 unidades de medida. A partir da aferição da lavra, obteve-se dado de que foram realizadas 1.100 unidades de medida.

Assim sendo, o índice de aderência apresentado foi de 100%, e o índice de cumprimento foi na proporção de 55%, uma vez que a lavra planejada não foi integralmente realizada, trazendo impacto direto no índice de cumprimento de movimentação de lavra.

Os cálculos aqui apresentados podem ser aplicados para todos os planos de curto prazo, diário, semanal, mensal, trimestral, semestral, a depender dos planos adotados dentro do procedimento da empresa.

O índice de aderência e cumprimento são utilizados, nesse contexto, para aferir a qualidade da execução do plano. Retornando ao que foi exposto e determinado como premissa acerca da qualidade para o plano de lavra de curto prazo, o KPI busca comparar o realizado em face do planejado.

Diante disso, por meio da comparação, acompanhamento e eventual correção quando destoadado, busca-se atender a faceta da qualidade, no que tange ao que será lavrado, em qual frente (planta de lavra) e quando, que no caso de estudo do presente trabalho, é o lapso diário.

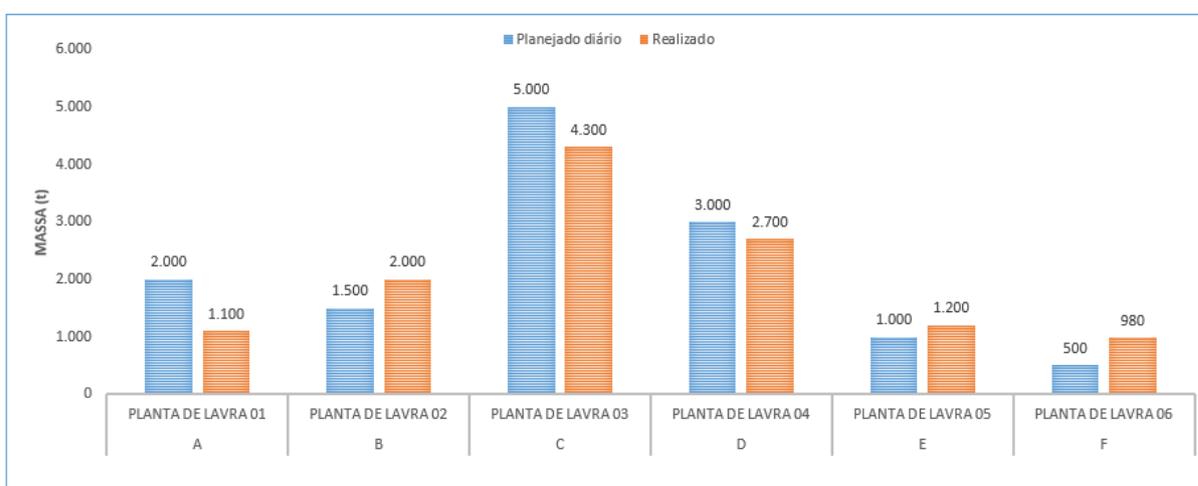


GRÁFICO 1: Massas/volumes planejadas x realizadas na movimentação de lavra.

O Gráfico 1 representa em cor azul, as massas/volumes planejadas, e de cor laranja, as massas/volumes realizados, a fim de uma melhor visualização da realização da lavra.



GRÁFICO 2: Movimentação total de minério planejado x realizado.

O Gráfico 2 representa a movimentação total da lavra dentro do lapso temporal estabelecido no plano diário, conforme dados simulados apresentados.

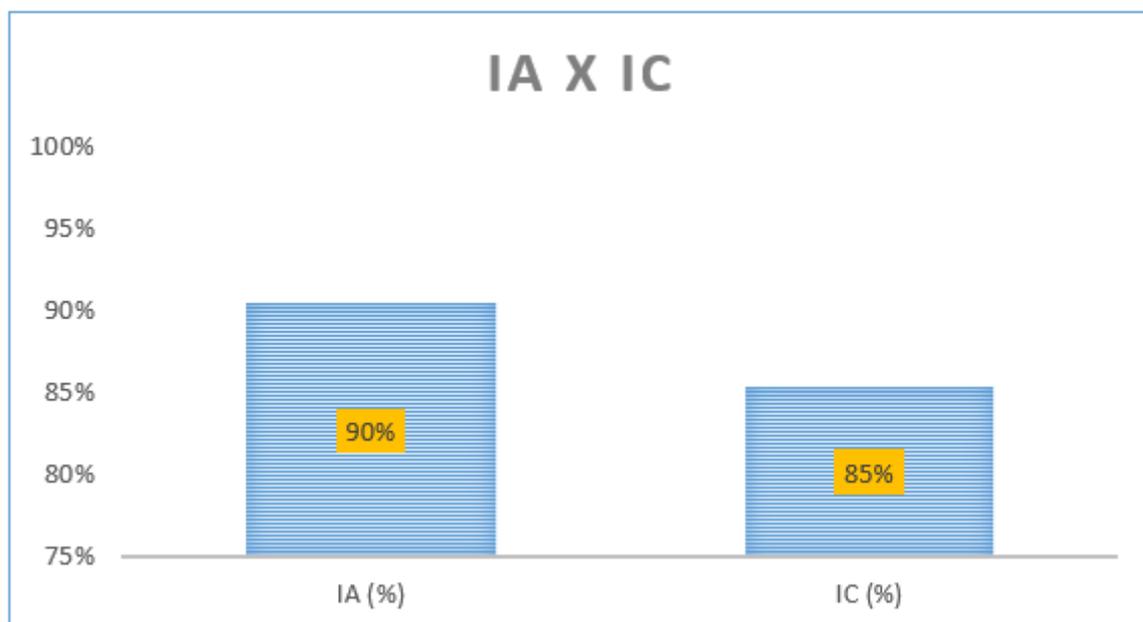


GRÁFICO 3: Índice de aderência e de cumprimento global.

O Gráfico 3 representa o índice de aderência e o índice de cumprimento global, considerando assim o conjunto de áreas de lavra em distintas frentes de operação que compõem o plano.

4.1.2. ÍNDICE DE ADERÊNCIA E ÍNDICE DE CUMPRIMENTO DO BLEND

Na rotina do planejamento de lavra de curto prazo, outra atribuição do planejamento é a definição da proporção do minério (ROM) que será destinado das pilhas ou frentes de minério para a usina de beneficiamento. A essa atividade, dá-se o nome de *blend*, que significa mistura.

Moraes (2006, p.300), “o termo blendagem diz respeito a uma mistura, em proporções definidas, de minérios de características diferentes, com o objetivo de se obter uma massa com características específicas.”

Dessa forma, a mistura tem o propósito atender a demanda das características qualitativas do minério que será beneficiado na usina, bem como os teores de contaminantes, ferro, cobre, entre outros, a depender do que é lavrado pela mineradora.

Para isso, o plano de lavra de curto prazo apresenta a informação em percentual da quantidade de minério que será retirado da pilha de minério interna – PMI - ou frente, considerando que algumas mineradoras não adotam a utilização das pilhas pulmão também chamadas de pilhas de estocagem, que será misturado e encaminhado para a usina para seu posterior beneficiamento.

Vale trazer um adendo, em relação a essa questão da qualidade das pilhas, considerando uma empresa que utiliza a estocagem por meio da pilha pulmão; a dinamicidade da operação de lavra e considerando ainda a quantidade de material lavrado simultaneamente em diferentes pontos da mina, há um desafio para a equipe de planejamento estimar a qualidade do minério que está presente em cada pilha, visto que ali há diversos volumes, retirado de frentes diferentes, com qualidades distintas, que se encontram naquela pilha específica.

Neste sentido Moraes (2006, p.300) menciona que:

Um problema muito comum em minas a céu aberto que operam com diversas frentes de lavra simultâneas é determinar o ritmo de lavra de cada frente para que uma blendagem ou mistura de minérios seja feita de maneira a satisfazer as exigências de qualidade e quantidade de um cliente, já que cada frente de minério possui características químicas e granulométricas diferentes.

O blend é realizado não somente para o ROM, mas também em relação ao produto final que será transportado até o cliente. Sobre o tema da blendagem do produto final pode ser encontrado no trabalho de Moraes (2006), que traz uma abordagem acerca do minério de ferro nos pátios de estocagem que precisam ser misturados em lotes de carregamento de vagões de minério que atenda os limites de especificações de qualidade e quantidade de um dado cliente.

Dessa forma, a equipe de planejamento consegue apresentar uma estimativa a respeito dos teores do minério ali depositado. Contudo, não há como precisar a qualidade de cada ponto. Para isso, estudos acerca de pesquisa operacional devem ser implementados, além de auxílio de softwares que podem viabilizar uma estimativa mais precisa, tornando acessível a informação acerca da qualidade da pilha de minério.

De maneira a exemplificar, a partir das proporções determinadas, em percentual, que devem ser blendadas e com o que foi efetivamente retomado das pilhas de minério, possibilita a equipe realizar o cálculo dos indicadores de qualidade para fins de monitoramento da adesão da retomada das pilhas.

Para fins de exemplificação, levando-se em consideração uma mineradora que utiliza as pilhas de estocagem, os dados hipotéticos do Quadro 2 simulam uma blendagem planejada x realizada, em escala diária, uma vez que o objeto de estudo se trata de plano de lavra de curto prazo, onde o planejado seria o ideal para se obter um ROM dentro das especificações desejadas para atender a usina de beneficiamento.

| RETOMADAS PILHAS | | | CÁLCULOS | | | INDICADORES | |
|------------------|------------------|-------------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|
| Pilha | Planejado diário | Realizado | PR | RNP | PNR | IA (%) | IC (%) |
| PILHA A | 25% | 30% | 25% | 5% | 0% | 84% | 100% |
| PILHA B | 25% | 28% | 25% | 3% | 0% | 89% | 100% |
| PILHA C | 50% | 42% | 42% | 0% | 8% | 100% | 85% |
| TOTAL | 100% | 100% | 92% | 8% | 8% | 92% | 92% |

QUADRO 2: Aderência ao Blend em escala diária.

Salienta-se que o Quadro 2 também é dividido em três principais regiões, sendo os dados lançados como percentual.

Em relação à região retomada das pilhas, no Quadro 2, as informações do planejado diário trata-se da proporção de ROM adequado que deve ser retomado de

cada pilha, para obter um minério que atenda aos limites de especificações de qualidade e quantidade, enquanto os dados do realizado apresentam informações do percentual de material que foi efetivamente retirado e enviado para a usina de cada pilha.

Mister se faz salientar que os dados do realizado podem ser obtidos a partir de informações coletadas por sistemas de balanças, que aferem o peso de material que está sendo encaminhado para a usina.

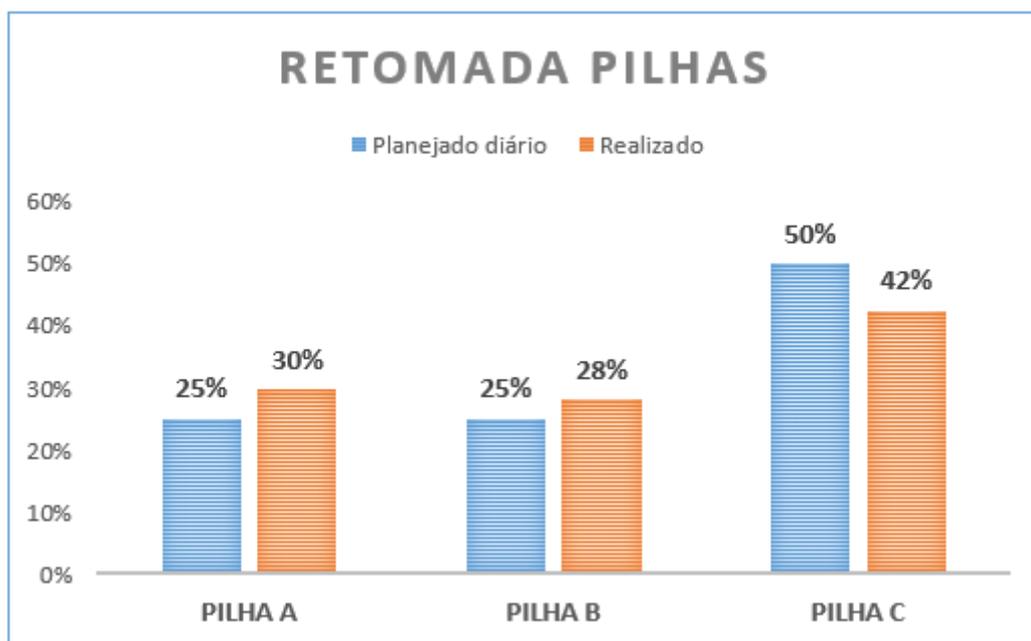


GRÁFICO 4: Blend planejado x realizado.

Analisando a retomada da pilha A, a partir da hipótese apresentada, do blend total, 25% seria retirado da pilha. Ocorre que, foi informado que a pilha contribuiu com 30% de material para a formação do blend, conforme verifica-se no Gráfico 4.

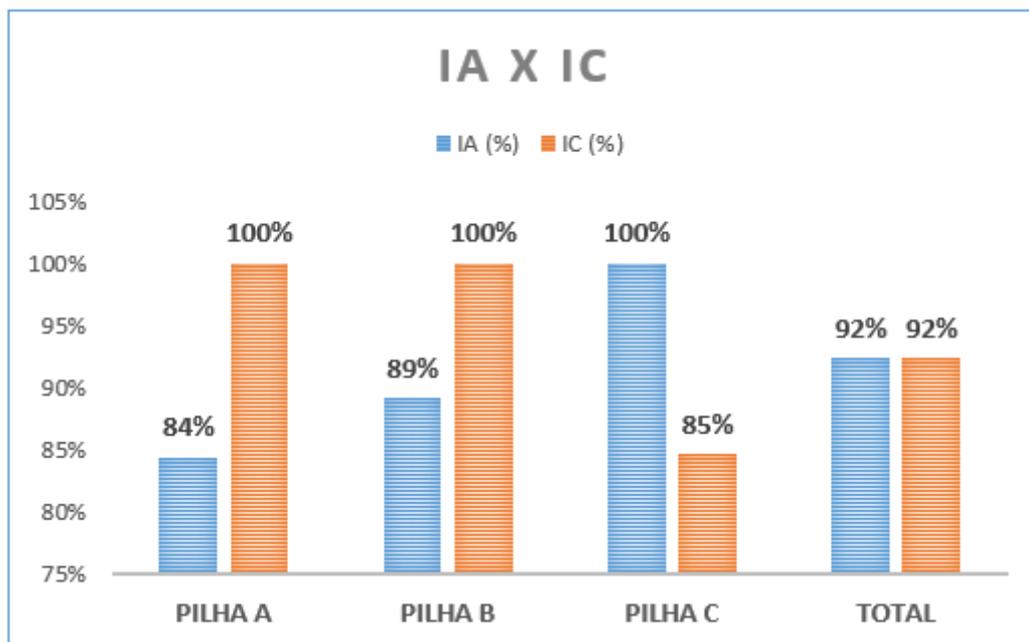


GRÁFICO 5: Índices de aderência e de cumprimento do blend.

Sendo assim, o índice de aderência restou em 84%, uma vez que a retomada na pilha A foi superior em 5%, conforme verifica-se no Gráfico 5.

O índice de cumprimento foi de 100%, considerando que a retomada planejada foi totalmente realizada, ainda que em nível superior ao que necessário, como percebe-se no Gráfico 5.

Os índices de aderência e cumprimento ao blend, considerados como KPIs, aferem a qualidade da execução do plano, uma vez que avalia o minério que está sendo encaminhado para a usina de forma quantitativamente, contudo, não se pode afastar a interferência dessas quantidades na qualidade do minério que atenderá a usina. Tomando-se por base a premissa determinada em relação a qualidade para o plano de lavra de curto prazo, o KPI índice de aderência e cumprimento na retomada das pilhas busca comparar o realizado em face do planejado, a fim de informar a equipe quanto as porcentagens de retomada de cada pilha de minério.

Diante disso, o índice de aderência e cumprimento do blend possibilita a comparação, o acompanhamento e eventual correção do blend, de forma a buscar atender a qualidade requerida pela usina e prevista no plano de lavra de curto prazo, uma vez que supervisiona o que será retomado, em qual pilha, quando e em qual quantidade.

Dessa forma, os índices de aderência e cumprimento possibilitam aferir que as retomadas das pilhas estão sendo executadas na proporção planejada, a fim de

que o blend das pilhas seja o mais adequado possível, atendendo os parâmetros de qualidade do material.

4.1.3. RELAÇÃO ESTÉRIL/MINÉRIO

A relação entre estéril/minério, REM, se dá pela razão entre o volume de estéril que deve ser movimentada para cada volume de minério lavrado, em unidade volumétrica ou mássica

$$REM = \frac{\text{volume estéril removido}}{\text{volume de minério lavrado}}$$

O material estéril consiste naquele que não possui valor econômico momentâneo, ou não pode ser processado por não atender as especificações de qualidade.

Este KPI/indicador de qualidade é de suma importância, do ponto de vista do custo operacional, considerando que o estéril não possui valor econômico, contudo, o custo para sua operação não pode ser desconsiderado.

Existem 3 espécies de relação estéril/minério sendo elas:

- REM global - razão do total de tonelada de estéril pelo total de tonelada de minério contido em uma cava;
- REM operacional - razão da tonelada de estéril pela tonelada de minério como resultado de uma expansão da cava;
- REM econômica - razão da tonelada de estéril pela tonelada de minério onde o custo de remoção de estéril é igual ao custo para lavra do minério.

Dessa forma, a REM global é estipulada no planejamento de longo prazo. Em uma visão macro da operação de mina, considerando fatores geométricos e a viabilidade do depósito mineral, neste momento é definido o teor de corte. Este limita a qualidade do minério que será lavrado, levando em conta a economicidade do empreendimento mineiro.

Já a REM operacional considera a lavra em escala de curto prazo, ou seja, no decorrer do sequenciamento da lavra, é de suma importância o monitoramento da

relação estéril/minério. Essa razão deve-se manter aderente à REM global, de forma a não inviabilizar a continuidade da lavra em médio ou longo prazo.

A REM econômica avalia do ponto de vista econômico/financeiro dos custos operacionais da lavra do minério em face ao estéril extraído. É importante salientar que se trata de uma variável dinâmica, pois os custos são variáveis de acordo com cada etapa da lavra.

Nader (2013, p.5) menciona que:

A medição e controle dos KPIs é fundamental para a quantificação dos eventuais benefícios da aplicação de tecnologia e do potencial de retorno do investimento em recursos humanos e financeiros, necessários à integração das atividades primárias da cadeia de valor mineral.

Dessa forma, a medição do indicador de qualidade/KPIs com base na relação estéril/minério visa apresentar que o investimento no empreendimento mineiro será viável do ponto de vista financeiro.

Exemplificando o que foi apresentado, o Gráfico 6 representa uma simulação do KPI de relação estéril/minério, o qual considera o planejamento de curto prazo. Importante saber que a meta determinada no plano diário deve guardar congruência com o plano de maior escala.

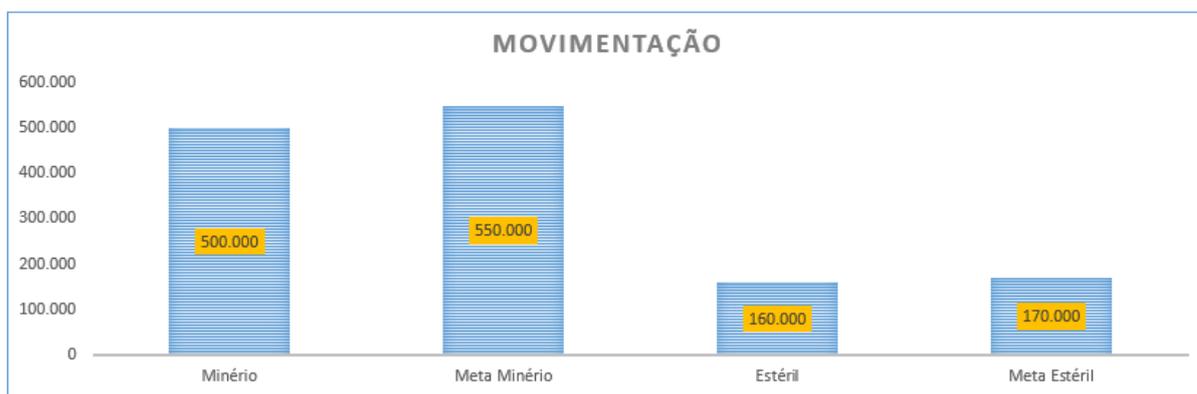


GRÁFICO 6: Movimentação de estéril e minério realizada x meta.

Com as informações da movimentação planejado e realizado do Gráfico 6, é possível calcular o valor da REM, para que seja possível comparar a meta definida com a REM, conforme verifica-se no Gráfico 7.

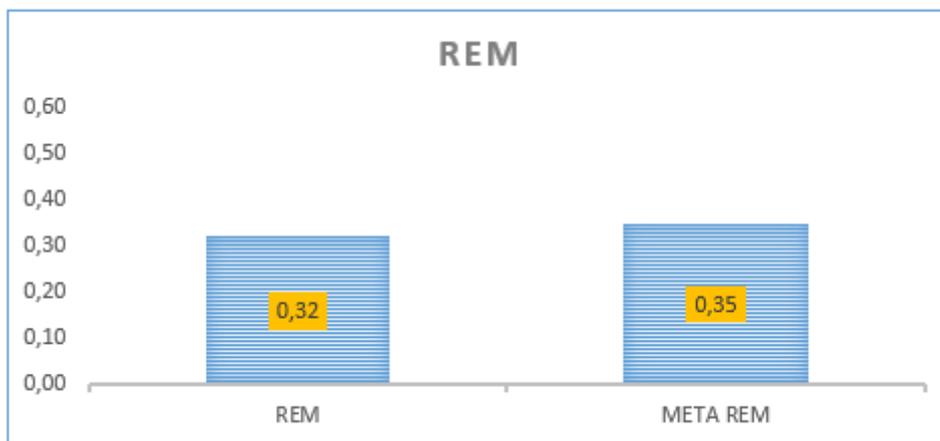


GRÁFICO 7: Relação estéril minério realizado x meta.

Portanto, a partir da premissa de que as metas devem ser atingidas, a lavra deve ser planejada considerando o nível hierárquico dos planos e os valores estabelecidos como meta em cada um deles, para ao passar do tempo, serem aderentes.

Importante um acompanhamento de perto do presente KPI, uma vez que guarda relação próxima com o custo e a viabilidade da lavra.

A relação estéril minério é importante para o controle de qualidade, pois aquela consiste em monitorar as atividades de lavra realizadas pela operação de mina, de forma a garantir que esse KPI se mantenha próximo da meta estabelecida.

Destaca-se que o KPI relação estéril minério é uma meta, devendo assim o seu índice estar próximo do estabelecido, sob o risco de, em caso de estar muito abaixo da meta estabelecida, podendo ocorrer o estrangulamento da mina, colocando em risco a sua vida útil, e em caso de estar muito acima da meta, inviabilizar economicamente o empreendimento.

Em outras palavras, a aderência do valor da REM obtida junto ao plano de lavra de curto prazo visa atender a qualidade das operações bem como do minério lavrado, no que tange aos aspectos econômicos do plano.

Relata-se que a lavra para determinados tipos de minério, como o ouro, a meta da REM pode ser definida por um valor alto, uma vez que a quantidade de estéril retirado é muito superior a quantidade de minério lavrado, diferentemente da mineração de minério de ferro.

4.1.4. RECONCILIAÇÃO

Reconciliação é o processo que consiste na comparação entre o planejado e o realizado dentro da lavra e na usina de beneficiamento, as quais permitem a identificação e o entendimento de determinadas diferenças entre resultados previstos e efetivamente realizados.

Segundo Rossi e Deutsch (2014), as reconciliações de mina a usina podem ser uma das melhores ferramentas da administração para realizar modelos adequados de avaliação.

A reconciliação pode ser feita entre os modelos de curto prazo e longo prazo e entre o modelo de curto prazo e os dados de produção.

Rossi e Deutsch (2014) menciona também que os dados da reconciliação devem ser confiáveis. Os procedimentos devem incluir se possível o fluxo de produção completo, desde o modelo geológico até o produto final, envolvendo modelos de longo prazo e modelo de blocos de curto prazo.

Segundo Câmara (2013, p.39):

Existem diferentes tipos de reconciliação, como reconciliação de massa entre planejado e executado; reconciliação de teores; reconciliação entre lavra e usina; entre outros. [...]

As práticas de reconciliação consistem na comparação entre as quantidades e teores de minério estimados pelos modelos da jazida e as quantidades e teores de minério lavrados e após, beneficiados na usina. Grandes discrepâncias entre esses valores são um problema comum em diversos empreendimentos mineiros, fazendo-se necessária a adoção de estratégias que minimizem esse problema.

Dessa forma, a reconciliação trata-se de um indicador de qualidade complexo, que permite a correção de desvios na operação de mina, nas estimativas geológicas e nos fatores de enriquecimento ou na diminuição do teor dos contaminantes.

Nader (2013, p. 46-47) menciona que:

[...] As indústrias utilizam esse índice como indicador chave de desempenho (KPI) de suas operações, sendo que as variações desse indicador mostram possíveis problemas na acurácia das estimativas de modelo ou nos controles operacionais de produção. Sistemáticas variações deste índice sugerem a existência de inconsistência técnico-operacionais que podem aumentar o risco operacional. Uma vez que riscos operacionais são traduzidos em penalidades financeiras [...].

Diz ainda Nader (2013) que a falta de controle nos fatores de reconciliação pode sugerir ou conduzir problemas como inviabilização e recursos e reservas, quando a REM se apresenta maior do que o planejado; desvios teores e massas; aumento de custos operacionais ou até mesmo fechamento de minas antecipado.

Diante do que foi levado em consideração acerca da qualidade no planejamento de lavra de curto prazo, esse KPI auxilia no controle de qualidade, de modo a aferir se o minério se encontra dentro dos requisitos e parâmetros estabelecidos, além de demonstrar se o planejamento de lavra está sendo seguido.

Outro ponto interessante diz respeito à confiabilidade dos dados apresentados pela geologia, caso em que esse KPI auxilia na constatação das informações contidas no modelo de blocos, pois também pode ser utilizado para avaliar a precisão dos modelos de recursos e reservas permitindo assim uma avaliação mais precisa da propriedade mineira Rossi e Deutsch (2014). Essas informações são de responsabilidade da equipe de geologia. Vale salientar que esse modelo deve apresentar informações geológicas o mais precisas possível, já que serve como norteador para execução dos planos de lavra.

5. CONCLUSÃO

Diante de todo o exposto, dos objetivos traçados e das análises realizadas, percebe-se que dentro da mineração, os KPIs e indicadores de qualidade são de suma importância, visto que proporcionam maior segurança para traçar estratégias e tomadas de decisões, além de buscar excelência nas atividades diárias de operação, reduzindo custos, proporcionar melhorias no desempenho, melhor controle sobre o minério lavrado e beneficiado na usina, a fim de tornar a atividade minerária mais eficiente e eficaz, de forma viável, para promover impacto positivo na produção e conseqüentemente no produto fornecido ao cliente.

O planejamento de lavra é uma atividade estratégica que determina o melhor sequenciamento da lavra, que fornece por meio de cronogramas, gráficos e desenhos a lavra que será executada pela operação de mina.

Quanto ao plano de lavra de curto prazo, tem-se que possui uma volatilidade elevada, acarretando assim um maior risco, visto que diversos fatores impactam diretamente na eficácia das atividades, como fatores climáticos ou mesmo uma parada não programada de um equipamento.

Assim sendo, esses planos devem atrair uma atenção especial da equipe técnica, devendo ser gerenciados de forma a minimizar os impactos nas operações, além de possuir um plano de ação para executar eventual medida corretiva necessária.

A respeito da qualidade, definiu-se como a capacidade do produto ou serviço de atender as necessidades, dentro da expectativa e parâmetros estabelecidos, sejam ele custo, características e prazo.

Na esfera *strictu sensu*, a partir da análise da qualidade dentro do planejamento de lavra de curto prazo, definiu-se que qualidade é a execução do plano de lavra de curto prazo dentro das métricas dos processos, atendendo ao que foi planejado.

É importante a realização do controle de qualidade dentro do planejamento de lavra de curto prazo, uma vez que monitora por meio dos indicadores o quão aderente a execução da lavra está ao planejado. O controle de qualidade pode ser considerado ainda uma metodologia que afere a performance da operação de lavra e acompanha de perto o desempenho das atividades.

Dessa forma, controle de qualidade garante a execução do plano de lavra de curto prazo o mais próximo do ideal, via de consequência, entrega um produto final dentro da qualidade especificada, satisfazendo os interesses do consumidor final

Indicadores de qualidade são utilizados para acompanhar o desempenho de um determinado processo e/ou sua conformidade. Já os KPIs são aqueles indicadores considerados críticos para subsidiar a tomada de decisões

Dentro dos KPIs e indicadores de qualidade existentes que são aplicáveis no planejamento de lavra de curto prazo, no presente trabalho apresentou-se uma abordagem realizada no índice de aderência e cumprimento da movimentação de lavra, índice de aderência e cumprimento do blend, relação estéril minério e reconciliação.

O índice de aderência e cumprimento da movimentação de lavra, bem como os mesmos aplicados ao blend, aferem, por meio de percentuais, a eventual diferença entre o planejado e o que foi efetivamente realizado.

A relação estéril minério apresenta a razão entre o volume de estéril removido e o minério lavrado, sendo importante seu acompanhamento uma vez que guarda relação próxima entre o custo da lavra, e via de consequência, a sua viabilidade econômica.

Reconciliação consiste na comparação entre o planejado e o realizado dentro da lavra e na usina de beneficiamento, permitindo a identificação e o entendimento de determinadas diferenças entre resultados previstos e efetivamente realizados, sendo um indicador de qualidade complexo, uma vez que tende a corrigir desvios na operação de mina, estimativas geológicas e fatores de enriquecimento ou diminuição do teor dos contaminantes.

Salienta-se que o controle de qualidade não se mostra importante somente no plano de curto prazo, fazendo-se necessário em todos os aspectos operacionais.

Por fim, conclui-se que a execução não aderente, de forma reiterada, do plano de curto prazo, que deve ser monitorado por meio dos KPIs e indicadores de qualidade, pode acarretar, a longo prazo, um desvio sem precedente, o que pode inviabilizar a continuidade da operação ou até mesmo a vida útil da mina, colocando em risco a viabilidade econômica do empreendimento.

Além disso, os KPIs e indicadores de qualidade tem o condão de quantificar o quão aderente são os planos de lavra, a fim de traçar estratégias e subsidiar, de forma racional, as tomadas de decisões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR **ISO 9000:2008**: Sistemas de gestão da qualidade - requisitos. Rio de Janeiro:, 2008. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <http://www.standardconsultoria.com/f/files/814048ce04d8cdfce2b1ba9438be31009791895463.pdf> Acesso em: 10 dez. 2021.

BRASIL, IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. Workshop “**Planejamento de Mina**: Práticas e experiências de empresas de mineração”. Módulo I e II. Belo Horizonte, 1996.

CÂMARA, Taís Renata. **Reconciliação**: Ferramentas de avaliação do fator mina/Usina. 8º Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto / 8º Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea. 6 a 8 de agosto de 2014. Belo Horizonte.

CÂMARA, Taís Renata. **Sistematização do cálculo de diluição e perdas operacionais para reconciliação de teores e massas em lavra a céu aberto**. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/86413>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CHIMUCO, João Paulino Júlio. **Metodologia de Planejamento de Mina para retomada das operações de lavra das jazidas de Kassinga Norte - Angola**. Ouro Preto, 2010.

COSTA, Flávio Vieira. **Análise dos principais indicadores de desempenho usados no planejamento de lavra**. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

CURI, Adilson. **Lavra de Minas**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

CURI, Adilson. **Minas a céu aberto Planejamento de lavra**. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

HARTMAN, Howard L; MUTMANSKY, Jan M. **Introduction Mining Engineering**. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002.

HUSTRULID, William; KUTCHA, Mark. **Open pit mine: planning & design**. 2.ed. London: Taylor & Francis, 2006.

JURAN, Joseph Moses. **Juran na liderança pela qualidade**: um guia para executivos. São Paulo: Pioneira, 1990.

MARTINS, Roberto Antônio; COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. **Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização.** *Gestão & Produção*, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 298-311, 1998.

MONTES, Eduardo. **Restrição tripla em projetos.** 2020. Disponível em: <https://escritoriodeprojetos.com.br/restricao-tripla>. Acesso em: 10 dez. 2021.

MORAES, Edilaila Fernandes; *et al.* **Um modelo de programação matemática para otimizar a composição de lotes de minério de ferro da mina Cauê da CVRD.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/zp6RJTStJ8B5tWTPMHW7N7N/?lang=pt#>. Acesso em: 15 de dez. de 2021.

NADER, Alizeibek Saleimen. **Monitoramento de Taludes via radar SSR como indicador chave de desempenho geotécnico integrado às Atividades primárias da Cadeia de Valor Mineral.** Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-04032013-153034/publico/Tese_ASN_EPUSP_2012_Final.pdf. Acesso em: 10 de nov de 2021.

NADER, Beck; TOMI, Giorgio de; PASSOS, Alexandre Orlandi. **Indicadores-chave de desempenho e a gestão integrada da mineração.** *Revista Escola de Minas - REM*, Ouro Preto, out. dez. 2012.

PETERSON, Eric T. **The big book of Key Performance Indicators.** Disponível em: http://www.webanalyticsdemystified.com/downloads/The_Big_Book_of_Key_Performance_Indicators_by_Eric_Peterson.pdf. Acesso em: 24 de out. de 2021.

PMI. **Um guia do conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK).** 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

RODOVALHO, Edmo da Cunha. **Aplicação de Ferramentas de simulação em operações mineiras para determinação de índices operacionais utilizados em planos de lavras adaptados ao estudo de caso da mineração Casa de Pedra - CSN.** 2013. 111p. Dissertação (Mestrado). Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

ROSSI, Mario E; DEUTSCH, Clayton V. **Mineral Resource Estimation.** New York: Springer, 2014.

SOUZA, Rafael Alvarenga. **Análise e controle dos índices de aderência e cumprimento para planos de lavra.** 2013, 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas); Universidade Federal de Goiás; Catalão, 2013.