



# GESTÃO SISTÊMICA NA MINERAÇÃO <sup>1</sup>

Alexandre O. Passos <sup>2</sup>

Henrique Sahão <sup>3</sup>

Giorgio de Tomi <sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho apresenta uma avaliação do processo de gestão dominante na mineração brasileira, identificar divergências entre a visão predominante e o ciclo PDCA, visando levantar pontos de discussão para a evolução da mineração no Brasil. O principal objetivo é fomentar um movimento para que o setor mineral brasileiro desenvolva soluções que contribuam efetivamente para a melhoria de sua competitividade. O trabalho foi desenvolvido a partir da constatação de que a análise de reconciliação geológica não é uma prática sistematizada na mineração brasileira; ou seja, os planos e projetos são normalmente desenvolvidos como uma realidade absoluta, sem que haja necessariamente uma avaliação para correção de rota ou melhoria do processo. Com base neste fato, foi analisado como a reconciliação geológica pode integrar o ciclo PDCA e, desta forma, sistematizar a gestão na mineração com alinhamento aos padrões internacionais. São apresentados e discutidos dois exemplos práticos onde que a falta de um processo sistêmico de gestão na mineração produziu prejuízos elevados. O trabalho inclui uma proposta para incorporação da gestão sistêmica na mineração, identificando os principais desafios para sua implantação na indústria mineral e sugerindo linhas de ação para a superação dos obstáculos indicados.

**Palavras-chave:** Gestão sistêmica; Reconciliação geológica; PDCA na mineração.

## SYSTEMIC MANAGEMENT IN MINING

### Abstract

The paper presents an evaluation of the management processes which are commonly practiced by the Brazilian mining industry and their relationship with the PDCA cycle in order to identify issues relevant to the evolution of the mining industry in Brazil. The main objective is to encourage a broader discussion to help the development of solutions that can effectively contribute to the competitiveness of the Brazilian mining industry. The research has been carried out after the realization that the geological reconciliation is not a standard practice in Brazilian mines. Based on this fact, the paper discussed the integration of the PDCA cycle to the best practices in geological reconciliation, and how this approach can assist mining companies to improve their mining plans and operations results. Two practical examples observed in Brazilian mines are presented and discussed to illustrate the risks involved in adopting management practices without a systemic and integrated vision. The paper also includes a proposal for the incorporation of systemic management in mining, discussing its main challenges and the actions that can be taken to mitigate them.

**Key words:** Systemic management; Geological reconciliation; PDCA in mining.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

<sup>2</sup> *Pesquisador, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, EPUSP, São Paulo*

<sup>3</sup> *Aluno de graduação, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, EPUSP, São Paulo*

<sup>4</sup> *Professor Associado, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, EPUSP, São Paulo*

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho contém uma discussão sobre o processo de gestão dominante na mineração brasileira, identificando divergências entre esta visão predominante e o ciclo PDCA, e apontando alguns dos principais desafios para a evolução da indústria mineral no Brasil. O principal objetivo é fomentar a evolução do setor mineral, através da identificação e do desenvolvimento de soluções que contribuam efetivamente para a melhoria de sua competitividade.

A motivação para a elaboração do trabalho está relacionada à constatação de que a análise da reconciliação geológica é uma prática ainda não sistematizada na mineração brasileira. Isto significa que, de modo geral, os planos de lavra e projetos de mina são desenvolvidos como um cenário absoluto, sem necessariamente incluir rotinas para uma avaliação que vise à correção de rota ou aprimoramento dos processos de lavra.

Com base neste fato, foi feita uma análise da integração dos processos de reconciliação geológica com o ciclo PDCA para, assim, sistematizar esta parte da gestão na mineração de forma alinhada às práticas internacionais. O trabalho também inclui uma discussão preliminar sobre a implantação dessa integração e sua ampliação para outros tipos de reconciliação essenciais ao negócio, levando em conta a integração entre os diversos processos envolvidos. Após as análises iniciais, são apresentados exemplos práticos onde a falta de um processo sistêmico de gestão na mineração acarretou prejuízos elevados para o negócio. É importante notar que fatos semelhantes aos descritos podem se repetir em outros empreendimentos minerais e, por vezes, passarem despercebidos, implicando em riscos e perda de competitividade.

A seguir são apresentadas as definições de quatro conceitos de gestão que são de crucial importância para as análises e discussões introduzidas neste artigo.

### 1.1 Ciclo PDCA

O PDCA é um ciclo de atividades de desenvolvimento e gerenciamento focado na melhoria contínua. O modelo cíclico se inicia pelo planejamento de ações, procedimentos e metas a serem atingidas, seguido pela execução destas ações, checagem repetida e constante se o que foi praticado está em conformidade com o planejado, priorizadas as não conformidades, analisadas as causas dos desvios críticos, e concluído por ações corretivas para que falhas no processo sejam eliminadas e efeitos negativos sejam mitigados.

Os componentes do ciclo PDCA são:

- “*Plan*” (planejamento): definição das metas e objetivos, missão, visão, metodologias e procedimentos empregados para atingir resultados;
- “*Do*” (execução): realização das ações e processos planejados;
- “*Check*” (verificação): monitoramento e avaliação constante e periódica dos resultados, analisando processos e comparando-os com o planejado (em termos de objetivos e especificações). Permite, por conseguinte, a consolidação da informação, levando à construção do conhecimento a partir da elaboração eventual de relatórios;
- “*Act*” (ação): agir corretivamente segundo a avaliação efetuada e os relatórios produzidos, elaborando novos planos de atuação, almejando o progresso contínuo através de elevação do padrão de qualidade, aumento da eficiência e da eficácia, aprimoramento na execução e correção de falhas.

## 1.2 Gestão Sistêmica

Consiste na integração da totalidade das áreas e subdivisões de uma corporação, desde os setores administrativos e cargos executivos aos setores operacionais, de forma a assegurar o cumprimento de prazos, qualidade, garantia da competitividade e equilíbrio de ações e, conseqüentemente, provendo a empresa de diferencial competitivo que possibilite sobrevivência e credibilidade no mercado com visão de futuro, conforme Chiavenato.<sup>(1)</sup>

O conceito de gestão sistêmica apresenta-se como ponto central na Teoria Geral de Sistemas, viabilizando o rompimento de barreiras funcionais e a visualização dos impactos (positivos e negativos) gerados por decisões individuais na organização em seu sentido mais amplo. Sob este ângulo, a aceitabilidade e a adequação do modelo adotado dependem da peculiaridade da empresa, de sua atuação no mercado e, principalmente, de sua cultura organizacional, assim definindo-se todas as variáveis que podem influenciar diretamente na empresa.

Como aspectos positivos da abordagem de Chiavenato para a gestão sistêmica é possível apontar a visão global da corporação de maneira integrada e compactuando com o perfil desta e, também, a importância dada à tomada e análise de decisão como ferramentas chaves ao sucesso da empresa. Todavia, esta concepção de gestão sistêmica se mostra limitada por não tonificar devidamente a relevância do ciclo PDCA à estruturação e prática da gestão sistêmica, isto é, carece explicitar a realização da gestão sistêmica apropriadamente associada à teia gerencial do PDCA, baseada na conjugação e mútua interação entre planejamento, execução, controle e atuação corretiva.

## 1.3 Gestão Integrada na Mineração

Este conceito se refere à gestão sistêmica realizada com a integração entre os setores e atores da mineração. O objetivo é alcançar o esforço conjunto e sinérgico de pessoas, tecnologia e processos para promover a congregação das seções interdependentes de Pesquisa, Geologia de Mina, Planejamento de Lavra, Operação de Lavra e Beneficiamento e, de forma mais ampla, integrando os pequenos segmentos e atividades da empresa.

O fator positivo desta abordagem é a delimitação da mineração como um negócio integrado e que, conseqüentemente, demanda relacionamento entre as etapas de forma gerencial. Por outro lado, a limitação desta definição é a carência da evidencia de um modelo sistematizado, que relacione a aplicação da gestão integrada na mineração devidamente aliada ao ciclo PDCA.

## 1.4 Reconciliação

Segundo Chierigati, Delboni, Costa e Carneiro,<sup>(2)</sup> a reconciliação é uma atividade comum em empresas de mineração e consiste na comparação entre uma estimativa e uma medição, ou seja, entre os teores de minério estimados pelos modelos de jazida e os teores produzidos na usina de beneficiamento. Conforme a abordagem utilizada por cada mina, o processo de reconciliação pode ser classificado em duas categorias:

- Reconciliação Reativa, compreendendo a correção de futuras estimativas, a partir, por exemplo, da análise do *Mine Call Factor* (diferença entre a

produção prevista pelos modelos de longo e curto prazo e a produção registrada na usina);

- Reconciliação Pró-Ativa, ocupando-se da prognosticação, isto é, análise de informações referentes a cada variância e posterior modificação de metodologias e processos, demandando um processo iterativo de recalibração constante de dados de entrada e cálculos.

O aspecto positivo desta classificação dos processos de reconciliação é a devida explicitação da ação corretiva e monitoramento de dados como pontos prioritários do processo. No entanto, pode-se apontar como limitação o fato de esta abordagem demandar explanação de como a reconciliação pode ser efetivamente integrada ao ciclo PDCA.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Observa-se no cenário atual que as minerações brasileiras possuem de fato a visão do processo de mineração como o conjunto de etapas de Pesquisa, Geologia de Mina, Planejamento de Lavra, Operação de Lavra e Beneficiamento. Entretanto, é notável o gargalo que o setor mineral contemporâneo enfrenta em relação à associação entre os produtos de cada uma destas etapas e os indicadores de qualidade de forma a implementar uma gestão efetiva sobre o processo global.

As informações são seqüencialmente repassadas entre cada sub-processo desprovidas da devida revisão e reconciliação, introduzindo riscos adicionais relacionados à tomada de decisões e ao déficit de aprendizagem. Assim, o controle operacional é normalmente baseado em um modelo de atuação não confiável, amparado em uma rede de informações sem a devida integridade, em que os processos de gestão não atuam como uma prática integradora de processos, mas sim isoladamente em procedimentos que não são eficientemente relacionados.

A Figura 1 apresenta um exemplo teórico do processo completo de reconciliação, onde a geologia de mina busca fornecer informações sobre a jazida que possibilitem a produção de minérios dentro das especificações definidas para os produtos da mineração e suportar com informações os processos de transformação mineral nas questões relativas à geometalurgia.

A integração da geologia de mina com os demais processos da mineração é fundamental para a adequada gestão da mineração.

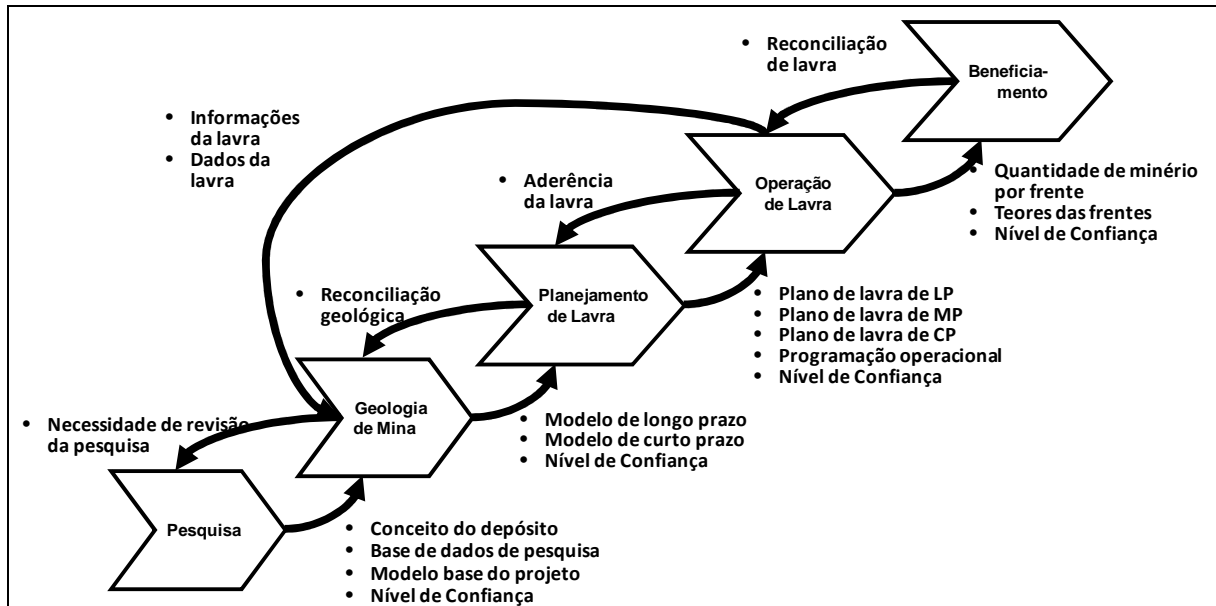


Figura 1. Desafio de integração entre os principais processos da mineração.

Na literatura, é possível encontrar indicativos de que a reconciliação, se praticada de maneira adequada e aliada à perspectiva da gestão sistêmica, é fator fundamental ao sucesso do empreendimento mineral. Segundo Morley e Thompson, em 2006 <sup>(3)</sup>, a reconciliação com o controle de indicadores de desempenhos acarretou benefícios relacionados ao fortalecimento da interação entre os setores da mina (geologia, operações, processos e outros), à melhoria do padrão de qualidade e do nível de compreensão dos dados coletados, e ao ganho de eficiência e economia de tempo dos empregados e otimização global de recursos. Neste caso, foram utilizados oito pilares para a reconciliação, conforme apresentado na Figura 2.

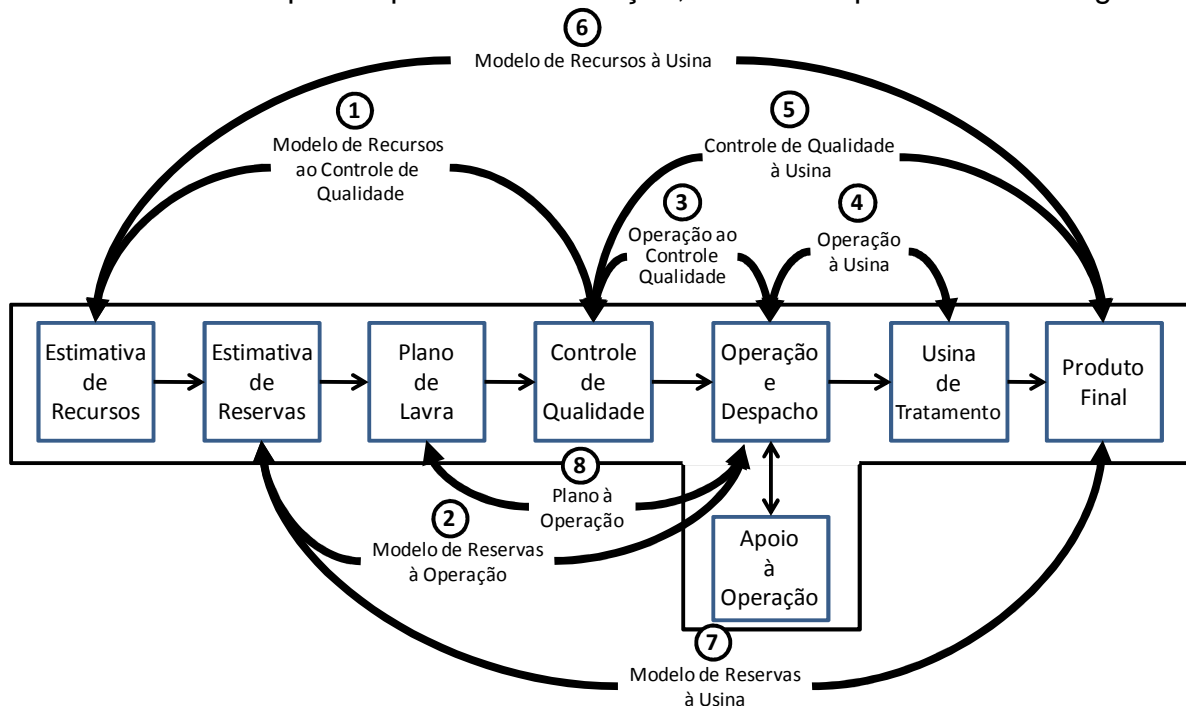


Figura 2. Os oito pilares de reconciliação na operação mineral.<sup>(3)</sup>

Outro exemplo relevante, discutido por Sullivan,<sup>(4)</sup> é o sucesso em termos de pesquisa mineral e tratamento do minério de ouro obtido na mina a céu aberto *New Celebration*, situada no oeste australiano. A qualidade dos resultados obtidos está ligada ao planejamento cuidadoso, aliado a um rigoroso controle da qualidade e práticas seletivas no tocante à minimização da diluição, mantendo-se, todavia, o mesmo nível de produção.

## 2.1 Exemplos Práticos dos Desafios da Reconciliação na Mineração

Os processos de mineração devem ser executados de forma integrada, para reduzir riscos, e maximizar o aproveitamento da jazida e o retorno financeiro do negócio, conforme discutido anteriormente. No entanto, também foi discutido que não é possível a gestão destes processos sem a existência de indicadores e da efetiva aplicação do PDCA. Os dois exemplos práticos descritos a seguir comprovam essa situação e reforçam o conceito que a gestão deve abranger não apenas a tomada de decisão, mas também a avaliação da assertividade na tomada de decisão, para incentivar (e valorizar) aprendizado. Esta abordagem configura efetivamente o sistema integrado de gestão.

- **Caso 1:** Uma mina a céu aberto removeu, em quatro anos, aproximadamente vinte e cinco milhões de toneladas de estéril, transportando-as para um depósito localizado a dois quilômetros de distância. A idéia era remover o estéril da porção central da mina para permitir o seu aprofundamento. No entanto, esta mina não possuía um modelo geológico representativo da jazida e as decisões foram tomadas com base no conhecimento disponível. Após efetuar uma pesquisa de detalhamento, a modelagem da jazida e o seqüenciamento da lavra, identificou-se que a estratégia originalmente adotada estava equivocada, já que a mina deveria ter suas extremidades desenvolvidas prioritariamente e o que havia sido considerado estéril poderia se tornar minério através da blendagem com o material das extremidades. Ou seja, considerando que a remoção equivocada de estéril custou uma média de R\$ 4,00 por tonelada, as despesas desnecessárias, ocorridas em consequência da falta de conhecimento adequado da jazida, foram de aproximadamente cem milhões de reais.
- **Caso 2:** Uma empresa de mineração operava várias minas e o volume de produção era determinado pelo custo do produto no mercado consumidor: quanto menor o custo do produto, mais competitiva a mina e maior a sua área de abrangência. Uma nova mina dessa empresa, que estava em fase de desenvolvimento, possuía uma característica específica em parte de seus recursos, que os classificaria como estéril. No entanto, caso esses recursos fossem blendados com o minério de uma mina vizinha em operação pela mesma empresa, os materiais resultantes poderiam ser aproveitados como minério. Como no plano de desenvolvimento da mina nova estava aprovado o investimento para a remoção de estéril, e como as duas minas estavam sob a mesma diretoria, a decisão foi de alocar o custo da remoção de estéril como investimento, porém depositando o material na boca do britador que era comum às duas minas. Ou seja, através dessa decisão, a diretoria pode alocar o custo de operação à remoção de estéril, e pode reduzir drasticamente o custo de produção da mina em operação, tomando mercado de outras minas, mesmo tendo gastos superiores em frete.

A oportunidade identificada poderia ter sido aproveitada de forma mais adequada, revendo o plano de lavra de forma a considerar a lavra nas duas minas e corrigindo a programação de produção e alocação de custos. Além disto, a distorção causada acarretou aumento dos custos das demais minas devido à redução na produção, aumentando ainda mais a rentabilidade do negócio. Esta situação se manteve por mais de seis anos e os prejuízos contabilizados em revisões posteriores foram superiores a cento e trinta milhões de reais.

### 3 PROPOSTA DE ABORDAGEM SISTÊMICA E RESULTADOS ESPERADOS

Tendo em vista a discussão sobre as limitações na disciplina de gestão nos processos produtivos da mineração no Brasil, este trabalho apresenta uma proposta preliminar para a gestão dos processos produtivos de maneira contínua ao longo de toda a vida útil da mina. Para isto, deve-se considerar que as condições externas e internas de cada operação podem alterar os resultados esperados e estão portanto associadas a potenciais impactos negativos e positivos. Tais impactos devem ser gerenciados de forma a alavancar o negócio através de intervenções para potencializá-los, ou com intervenções visando mitigá-los, conforme discutido por Campos,<sup>(5)</sup> e por Klippel.<sup>(6)</sup>

Nesta perspectiva, a interdependência entre as diversas atividades e processos envolvidos na mineração deve ser devidamente mapeada, já que seu gerenciamento é fundamental para o sucesso do negócio, demandando disciplina por parte dos gestores em atividades de análise, comparação e estabelecimento das diferentes inter-relações, conforme ilustrado na Figura 3.

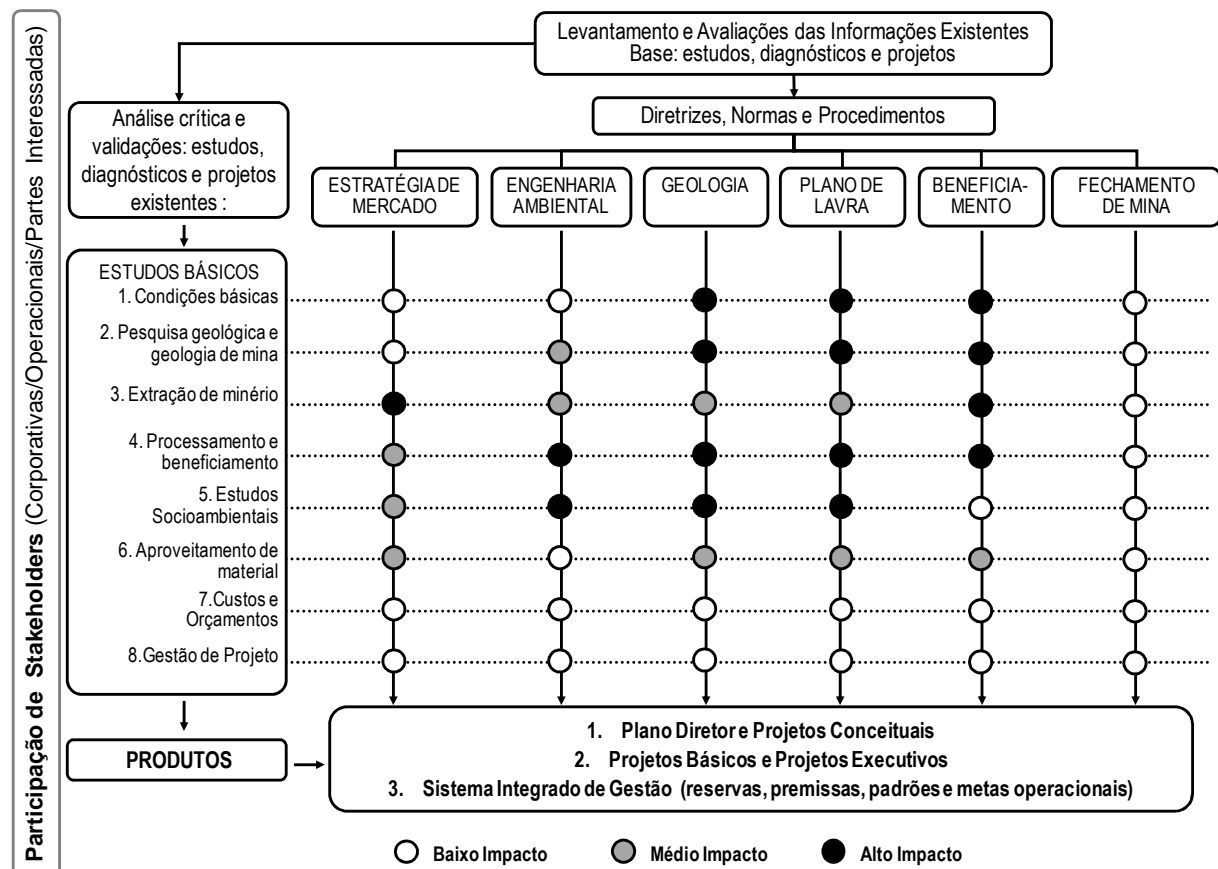
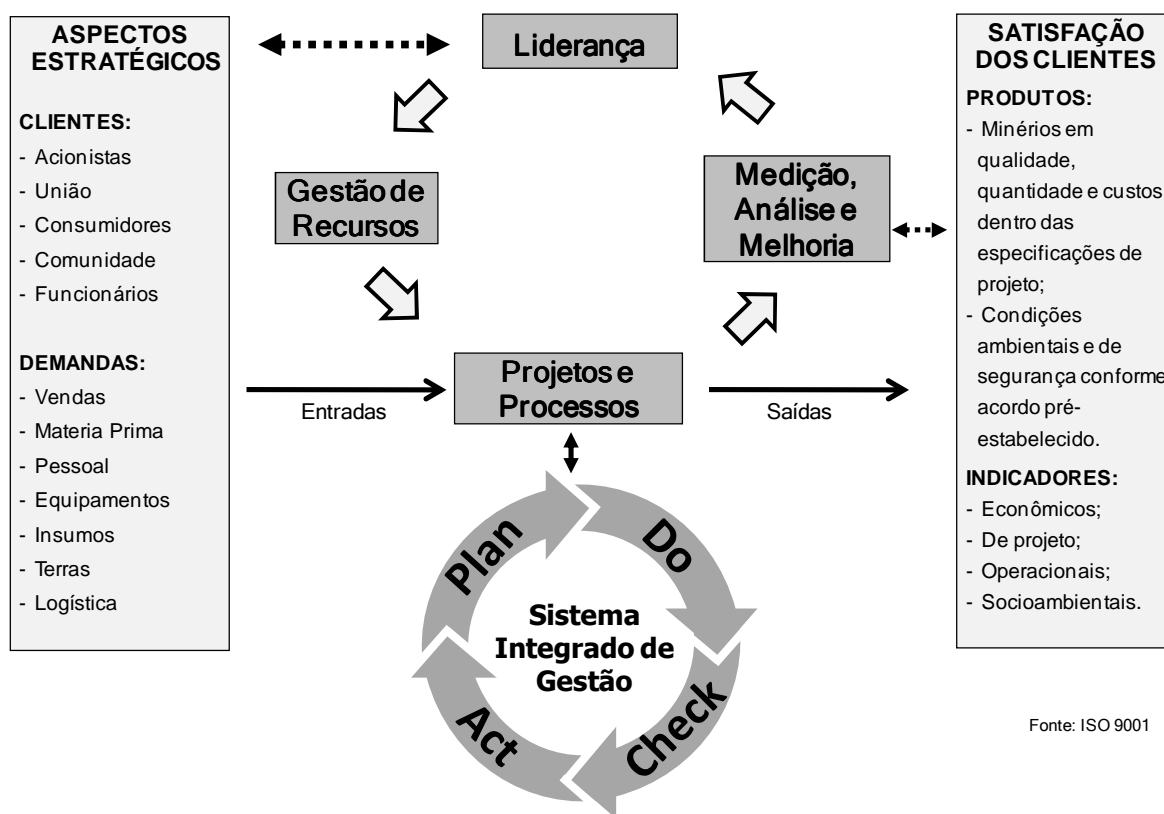


Figura 3. Integração e interdependência entre os processos na mineração.

A presente proposta baseia-se num modelo de gestão intrinsecamente vinculado ao ciclo PDCA e amparado na integração entre os processos da mineração e está resumida na Figura 4.

## Modelo de Gestão Sistêmica na Mineração



**Figura 4.** Proposta de modelo de gestão sistêmica na mineração.

Por um lado, a proposta de gestão da mineração ilustrada na Figura 4 apresenta algumas premissas gerais e, por outro lado, envolve limitações práticas, resultando na delineação dos principais resultados esperados. Estes três aspectos estão expostos nos itens a seguir.

### 3.1 Premissas para a Gestão Sistêmica na Mineração

- Caso os estudos básicos referentes ao projeto mineral em questão estejam baseados em informações construídas a partir de dados inadequados, ou seja, provenientes de uma base de dados sem a devida integridade, tem-se como resultado um projeto de baixa assertividade;
- É necessário controlar os processos da cadeia de produção e os níveis de tomada de decisão utilizando dados com o devido grau de integridade e confiabilidade;
- É essencial gerenciar a cadeia produtiva de forma a proporcionar um processo de melhoria contínua, conforme os preceitos do ciclo PDCA.



### **3.2 Limitações e Riscos**

- Falta de visão do planejamento como um conceito dinâmico, com o risco de tornar o planejamento de lavra, tanto de curto quanto longo prazo, um processo estático. Desta forma, o processo de gestão envolverá processos sem concatenação, através de procedimentos desvinculados e independentes, e não será gerenciado como uma cadeia de etapas interligadas e confluindo para um resultado comum.
- Falta de integração da liderança com as novas metodologias, evidenciadas pela carência de visão dinâmica dos líderes e pela falta de integração entre os processos da cadeia de produção, especialmente em função do investimento deficitário em pesquisas e projetos de inovação relacionados ao setor mineral.
- A tendência para a criação de “ilhas de informação”, as quais, aliadas à baixa assertividade dos projetos e à falta de integridade das informações dos processos, prejudicarão a qualidade da tomada de decisões.

### **3.3 Resultados Esperados com a Gestão Sistêmica na Mineração**

- Melhoria contínua emanada do ganho de desempenho do processo de mineração;
- Melhoria na assertividade dos processos minerais;
- Redução dos riscos associados ao retorno do projeto;
- Aumento da lucratividade do negócio.

## **4 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES**

A incorporação da visão sistêmica para a gestão da mineração brasileira trará benefícios para toda a indústria mineral. No entanto, o sucesso da implantação do conceito de gestão sistêmica da mineração é dependente de esforços para a integração entre os diversos processos produtivos e para a incorporação dos preceitos do ciclo PDCA em todos os níveis operacionais, administrativos e de apoio da empresa. Outras atividades essenciais para o sucesso da gestão sistêmica na mineração incluem o controle e gerenciamento dos dados operacionais para assegurar sua integridade, e a sistematização rigorosa da prática de reconciliação e de monitoramento dos índices de desempenho da cadeia de produção.

No panorama global, o presente artigo possibilitou identificar os principais desafios para a implantação da gestão sistêmica na mineração e sugerir linhas de ação para superá-los. Foi também possível verificar que soluções de prateleira, quando aplicadas sem o envolvimento do pessoal responsável pelos processos, correm o risco de serem pouco produtivos. As sugestões apresentadas visam estabelecer um ponto de partida para o desenvolvimento de soluções que contribuam de forma efetiva para o progresso da mineração brasileira. As conclusões sobre os principais desafios para implantar um modelo de gestão sistêmica da mineração incluem:

- Falta de interação da liderança das empresas com as novas metodologias propostas no mercado. Necessita-se, também, de uma mudança de visão dos líderes envolvidos no negócio;
- Necessidade de capacitação de pessoal envolvido na mineração para haver alinhamento da mão-de-obra com as novas metodologias apresentadas;
- Necessidade de dados consistentes que permitam a obtenção de informações

confiáveis. Mais além, é fundamental a análise rotineira dos resultados;

- Qualidade de projeto, disciplina no acompanhamento dos resultados e efetividade na correção de rotas são fundamentais para o sucesso do empreendimento;

Por outro lado, as iniciativas e esforços necessários para facilitar a incorporação de uma visão sistêmica à mineração incluem os seguintes aspectos:

- Sistematização dos estudos e monitoramentos efetuados;
- Automatização do levantamento e análise de dados operacionais, gerando, em decorrência, aumento da qualidade da informação;
- Estruturação dos processos decisórios baseando em fatos e, em consonância, reduzindo o peso das percepções pessoais nas tomadas de decisão;
- Desenvolvimento da liderança e dos formadores de opinião.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq e da FAPESP.

### **REFERÊNCIAS**

- 1 CHIAVENATO, I. Teoria Geral da Administração. 7.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- 2 CHIEREGATI, A.C.; DELBONI Jr., H.; COSTA, J.F.C.L.; CARNEIRO, F.B. Reconciliação pró-ativa em empreendimentos mineiros. Tese- Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica. São Paulo: Rev. Esc. Minas, vol. 61, num. 3, 2008.
- 3 MORLEY, C.; THOMPSON, K. Extreme reconciliation- A Case Study from Diavik Diamond mine. In: 6th INTERNATIONAL MINING GEOLOGY CONFERENCE, 2006, Darwin, NT.
- 4 SULLIVAN, B.W. Open pit planning and selective mining practices at the new celebration gold mine.
- 5 CAMPOS, V.F. Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia. 4.ed. São Paulo: DG, 1994.
- 6 KLIPPEL, A.F. Implementação da gestão enxuta em empresas de mineração a partir de um modelo de gestão integrada: uma perspectiva de sinergia entre a engenharia de minas e a engenharia de produção. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas)- Escola de Engenharia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.