

## AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IÇAMENTO DE CARGA EM LAVRA SHRINKAGE NA MINA SERRA

## EVALUATION OF THE LOAD LIFTING SYSTEM IN THE SHRINKAGE MINE AT THE SERRA MINE

## EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE CARGAS EN LA MINA DE RETRÁCTILES DE LA MINA SERRA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n11-352>

**Data de submissão:** 27/10/2025

**Data de publicação:** 27/11/2025

**Hanna Larissa de Melo**  
Estudante do Curso de Engenharia  
Instituição: Serabi Gold  
E-mail: dmelohannah@gmail.com

**Régis Quesada Casquet**  
Docente  
Instituição: Ufopa  
E-mail: regis.casquet@ufopa.edu.br

### RESUMO

O presente Trabalho de conclusão de Curso tem como objetivo avaliar o sistema de içamento de carga empregado nas lavras do método Shrinkage Stoping na Mina Serra, pertencente a empresa Serabi Gold- Chapleau, localizada no município de Altamira, estado do Pará. A pesquisa busca compreender a eficiência operacional, as limitações e as oportunidades de melhoria do processo de movimentação vertical de materiais e equipamentos no contexto da lavra subterrânea. O método Shrinkage Stoping caracteriza-se pela utilização do minério fragmentado acumulado no realce como plataforma de trabalho, o que exige técnicas adequadas de içamento para garantir segurança e produtividade. A análise dos dados coletados em campo e dos registros operacionais da mina permitiu identificar vantagens e desvantagens do sistema atual, especialmente em lavras com diferentes inclinações de veio. Os resultados indicam que, embora o sistema proporcione agilidade nas lavras com mergulho próximo a 90°, apresenta dificuldades operacionais significativas em veios com inclinações menores, demandando maior tempo de confecção do canal de içamento e aumento dos riscos de acidentes por queda de material. Conclui-se que a adoção de práticas de planejamento e padronização de montagem, aliadas à melhoria ergonômica e de segurança, pode otimizar o processo, reduzindo o tempo de mobilização e ampliando a confiabilidade do sistema.

**Palavras-chave:** Lavra Subterrânea. Içamento de Carga. Shrinkage Stoping. Segurança Operacional. Produtividade.

### ABSTRACT

This undergraduate thesis aims to evaluate the load lifting system employed in the Shrinkage Stoping method at the Serra Mine, belonging to the company Serabi Gold-Chapleau, located in the municipality of Altamira, state of Pará. The research seeks to understand the operational efficiency, limitations, and opportunities for improvement in the vertical movement of materials and equipment in the context of underground mining. The Shrinkage Stoping method is characterized by the use of fragmented ore

accumulated in the stope as a working platform, which requires appropriate lifting techniques to ensure safety and productivity. The analysis of data collected in the field and operational records of the mine allowed the identification of advantages and disadvantages of the current system, especially in mines with different vein inclinations. The results indicate that, although the system provides agility in mines with dips close to 90°, it presents significant operational difficulties in veins with smaller inclinations, demanding more time for the construction of the lifting channel and increasing the risk of accidents due to falling material. It is concluded that the adoption of planning and assembly standardization practices, combined with ergonomic and safety improvements, can optimize the process, reducing mobilization time and increasing system reliability.

**Keywords:** Underground Mining. Load Lifting. Shrinkage Stopping. Operational Safety. Productivity.

## RESUMEN

Esta tesis de grado tiene como objetivo evaluar el sistema de elevación de carga empleado en el método de Retracción por Desahogo en la Mina Serra, perteneciente a la empresa Serabi Gold-Chapleau, ubicada en el municipio de Altamira, estado de Pará. La investigación busca comprender la eficiencia operativa, las limitaciones y las oportunidades de mejora en el movimiento vertical de materiales y equipos en el contexto de la minería subterránea. El método de Retracción por Desahogo se caracteriza por el uso de mineral fragmentado acumulado en el desahogo como plataforma de trabajo, lo que requiere técnicas de elevación adecuadas para garantizar la seguridad y la productividad. El análisis de los datos recopilados en campo y los registros operativos de la mina permitió identificar las ventajas y desventajas del sistema actual, especialmente en minas con diferentes inclinaciones de veta. Los resultados indican que, si bien el sistema proporciona agilidad en minas con buzamientos cercanos a 90°, presenta importantes dificultades operativas en vetas con inclinaciones menores, lo que exige más tiempo para la construcción del canal de elevación y aumenta el riesgo de accidentes por caída de material. Se concluye que la adopción de prácticas de estandarización de planificación y montaje, combinadas con mejoras ergonómicas y de seguridad, puede optimizar el proceso, reduciendo el tiempo de movilización y aumentando la confiabilidad del sistema.

**Palabras clave:** Minería Subterránea. Izaje de Cargas. Detención de Retracciones. Seguridad Operacional. Productividad.

## 1 INTRODUÇÃO

A mineração subterrânea é uma atividade fundamental para a produção mineral brasileira, especialmente em regiões de elevada complexidade geológica, como a Amazônia. Entre os métodos utilizados para extração de minério em veios estreitos e de forte mergulho, destaca-se o método Shrinkage Stoping, amplamente empregado por sua robustez operacional e pela possibilidade de utilizar o próprio minério desmontado como plataforma de trabalho.

Na Mina Serra, pertencente à empresa Serabi Gold, esse método é adotado com frequência devido à geometria do depósito e às características geomecânicas dos veios auríferos. Em conjunto com o método de lavra, testou-se um sistema de içamento de carga para movimentação vertical de ferramentas, materiais e equipamentos fundamentais ao processo produtivo. Portanto, a eficiência desse sistema está diretamente relacionada ao desempenho das operações subterrâneas, à segurança dos trabalhadores e ao cumprimento das metas de produção.

Contudo, durante o teste observou-se que o desempenho do sistema de içamento varia conforme a inclinação do veio, o espaço disponível para montagem do canal de içamento e o tempo exigido para a preparação da estrutura. Em lavras com menor inclinação, observa-se maior tempo de habilitação da lavra, além de aumento nos riscos operacionais, especialmente quando é necessário que um operador acompanhe o material para “guiar” o cabo.

Diante desse contexto, torna-se relevante avaliar de forma sistemática o sistema de içamento da Mina Serra, identificando suas potencialidades e limitações, além de propor melhorias para otimizar segurança e produtividade.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O sistema de içamento de carga é uma etapa crítica do processo de lavra no método Shrinkage Stoping, pois permite a mobilização de materiais essenciais ao avanço das operações. Qualquer atraso, falha ou improviso impacta diretamente o ritmo produtivo da mina.

Além disso, considerando que o tempo necessário para preparar o canal de içamento pode superar os ganhos operacionais obtidos durante a lavra, a avaliação do sistema torna-se indispensável para verificar se o modelo atende plenamente às necessidades técnicas e operacionais da Mina Serra.

### 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A eficiência do sistema de içamento de carga em lavras Shrinkage Stoping depende diretamente da geometria do veio e da adequação do canal de içamento às condições locais. No caso da Mina Serra,

observou-se que a confecção do canal de içamento em veios de menor inclinação consome um número elevado de turnos de trabalho, comprometendo a aderência aos prazos de entrega da lavra.

Assim, a questão que norteia este estudo é: "O sistema de içamento que pode ser adotado na Mina Serra é o mais adequado às condições geológicas e operacionais das lavras Shrinkage?"

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar o sistema de içamento de carga nas lavras Shrinkage da Mina Serra, identificando sua eficiência, limitações e possíveis melhorias.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever a composição e o funcionamento do sistema de içamento empregado.

Analizar a influência da geometria da lavra na eficiência do sistema.

Avaliar riscos operacionais associados ao processo.

Identificar pontos de melhoria na etapa de montagem e operação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como propósito apresentar os principais fundamentos teóricos e técnicos relacionados à lavra subterrânea, ao método Shrinkage Stoping e aos sistemas de içamento de carga. O capítulo busca contextualizar os aspectos que influenciam a eficiência e a segurança das operações subterrâneas, estabelecendo base conceitual para a análise do sistema aplicado na Mina Serra.

### 2.1 LAVRA SUBTERRÂNEA: CONCEITOS E FUNDAMENTOS

A lavra subterrânea é empregada em depósitos minerais situados a grandes profundidades ou em áreas onde a lavra a céu aberto se torna economicamente inviável. Segundo Chaves (2009), esse tipo de operação exige planejamento detalhado e adoção de métodos que conciliem recuperação de minério, segurança e estabilidade do maciço rochoso.

Hartman e Mutmansky (2002) complementam que o sucesso da lavra subterrânea depende de fatores como a geometria do corpo mineralizado, o tipo de rocha encaixante, a profundidade do depósito e as condições geomecânicas.

De modo geral, os métodos de lavra subterrânea são classificados em três grandes grupos: câmaras e pilares, enchimento e recuo de realce (stoping). Cada um apresenta vantagens e limitações específicas, devendo ser escolhido conforme as características geológicas e operacionais da mina.

Entre as principais vantagens da lavra subterrânea, destacam-se a menor interferência ambiental e a possibilidade de explorar corpos de minério com elevado mergulho e continuidade vertical (Hustrulid & Bullock, 2001). Em contrapartida, os custos de desenvolvimento e ventilação são mais elevados, e as operações demandam mão de obra altamente qualificada.

## 2.2 O MÉTODO SHRINKAGE STOPING

O método de lavra Shrinkage Stoping, ou lavra por realce com enchimento de minério, é amplamente utilizado em veios de grande mergulho (superior a 70°) e espessura estreita. De acordo com Chaves (2009), esse método baseia-se na perfuração e desmonte do minério em fatias sucessivas, mantendo o material fragmentado no realce para servir de plataforma de trabalho e suporte temporário ao teto.

Segundo Hustrulid e Bullock (2001), o Shrinkage Stoping apresenta como principais características:

- o desmonte do minério em etapas ascendentes;
- o uso do minério desmontado como piso de trabalho;
- o escoamento parcial do minério ao final da lavra;
- a necessidade de controle rigoroso da estabilidade das paredes e do piso.

A principal vantagem do método está na sua simplicidade operacional e no baixo custo de suporte, já que o minério fragmentado contribui para a estabilidade do realce (Hartman, 1992). Entretanto, sua eficiência depende da inclinação do veio e da capacidade de movimentar o material entre os níveis, o que torna o sistema de içamento de carga um componente crítico do processo.

Em jazidas como a Mina Serra, o Shrinkage Stoping é aplicado em veios de ouro de alto mergulho, com continuidade vertical acentuada. A escolha do método justifica-se pela boa fragmentação do minério e pela necessidade de manter uma plataforma de trabalho segura durante o avanço dos desmontes.

## 2.3 SISTEMAS DE IÇAMENTO DE CARGA NA LAVRA SUBTERRÂNEA

O içamento de carga é o processo de movimentação vertical de materiais, ferramentas e equipamentos entre níveis de lavra. Em minas subterrâneas, esse processo é realizado por sistemas mecânicos, como guinchos, moitões e cabos de aço, que possibilitam o transporte seguro de cargas pesadas (Hustrulid & Bullock, 2001).

Na prática, o sistema de içamento deve ser dimensionado considerando a profundidade, a geometria do realce, o peso das cargas e a disponibilidade de espaço para montagem.

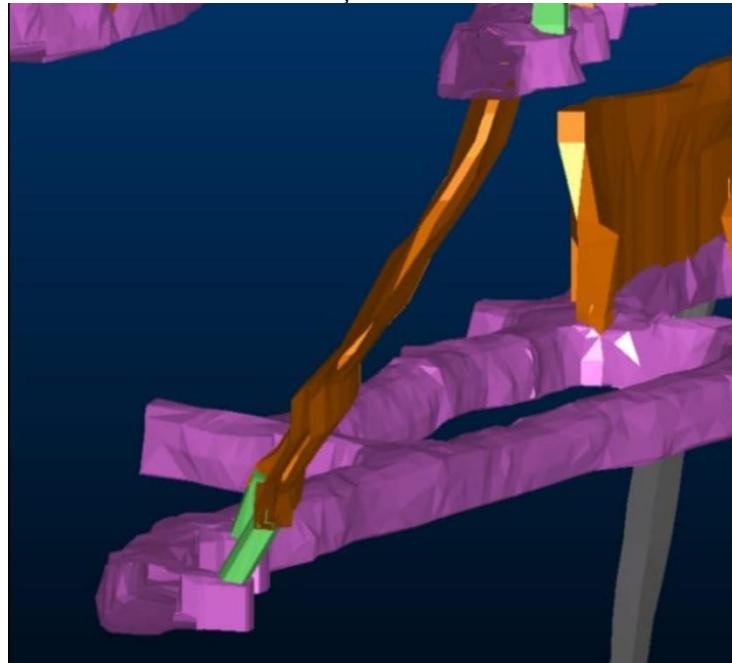
De acordo com Bertolace (2015), o içamento de carga em lavras Shrinkage deve priorizar três aspectos principais:

1. Segurança dos operadores, garantindo a integridade física durante o manuseio das cargas;
2. Eficiência operacional, reduzindo o tempo de montagem e operação;
3. Durabilidade dos componentes, considerando a abrasividade do ambiente subterrâneo.

Na Mina Serra, conforme analisado em campo, o sistema de içamento é montado com um moitão, um pontal de segurança e o canal de içamento. Este último é confeccionado acima do realce e permite o deslocamento vertical das cargas entre os níveis superior e inferior. Tal sistema é mais eficiente em lavras com mergulho próximo a  $90^\circ$ , enquanto se torna mais demorado e de difícil execução em veios inclinados a cerca de  $63^\circ$ , como o veio V1.

Na figura 1 podemos observar melhor como é a inclinação do V1 (veio 1)

FIGURA 1 - Inclinação das Lavras no veio V1



Fonte: Acervo técnico da Mina Serra (2025).

## 2.4 ASPECTOS ERGONÔMICOS E DE SEGURANÇA

As operações de içamento envolvem riscos associados à movimentação de cargas suspensas, colisões, quedas de materiais e esforços repetitivos. Segundo a Norma Regulamentadora NR-22 (Ministério do Trabalho e Emprego, 2022), toda atividade de movimentação de carga em minas

subterrâneas deve ser planejada e supervisionada por profissional habilitado, garantindo condições seguras de trabalho.

A ergonomia aplicada à mineração busca reduzir a exposição dos trabalhadores a condições inadequadas de postura, vibração e carga física (Aquino, 2018). No caso do içamento de carga, o posicionamento do operador e a altura de trabalho influenciam diretamente na segurança e na produtividade.

Em lavras com pouca inclinação, a necessidade de “guiar” manualmente o material içado aumenta o risco de acidentes, exigindo o uso de equipamentos de proteção individual e barreiras de contenção.

Além da segurança física, a confiabilidade do sistema depende da inspeção periódica dos cabos, polias e moitões, além do treinamento dos operadores. A manutenção preventiva é essencial para evitar falhas e garantir o cumprimento das normas de segurança (Chaves, 2009; Souza & Silva, 2021).

## 2.5 PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA OPERACIONAL

A eficiência operacional de um sistema de içamento pode ser medida pelo tempo de mobilização, pela capacidade de carga e pela frequência de operação. De acordo com Bullock (2006), a redução do tempo de montagem e desmontagem é determinante para o aumento da produtividade em minas subterrâneas de curta duração de lavra, como é o caso da Mina Serra.

Hustrulid e Bullock (2001) destacam que, em minas onde a lavra se desenvolve em múltiplos subníveis, a padronização dos sistemas de içamento pode reduzir em até 30% o tempo total de desenvolvimento.

No contexto da Mina Serra, observou-se que o tempo de vida útil de uma lavra é de cerca de dois meses, sendo necessários aproximadamente 14 cortes para o completo esgotamento do realce. A inserção de apenas um canal de içamento, segundo os dados operacionais, requer o emprego de cerca de 14 turnos de trabalho, o que representa um impacto direto no cronograma de produção.

Essas informações reforçam a necessidade de reavaliar o equilíbrio entre o tempo gasto na confecção do canal e os ganhos de agilidade durante o içamento propriamente dito.

## 3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi elaborada com o objetivo de avaliar de forma sistemática o desempenho e a eficiência do sistema de içamento de carga utilizado em lavras do tipo Shrinkage Stoping na Mina Serra.

Foram considerados os aspectos técnicos, ergonômicos e de segurança que influenciam diretamente a produtividade e a integridade das operações subterrâneas.

O estudo é de natureza qualitativa e descritiva, com base em dados técnicos operacionais, observações diretas em campo e documentos internos da mina.

### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA MINA SERRA

A Mina Serra está situada no município de Altamira, sudoeste do estado do Pará, e é operada pela empresa Serabi Gold- Chapleau. Inserida na província aurífera do Tapajós, a mina explora veios de ouro hospedados em rochas do tipo greenstone belt, compostos principalmente por xistos e quartzitos.

A lavra subterrânea é o principal método de extração, dada a profundidade dos corpos mineralizados e a geometria estreita e contínua dos veios.

O empreendimento é composto por diversos níveis de subsolo interligados por rampas e galerias de desenvolvimento. As frentes de lavra estão distribuídas em subníveis, geralmente com distanciamento vertical de 20 a 25 metros, conectados por realces verticais ou inclinados.

A produção é conduzida através de métodos seletivos, priorizando o controle da diluição e a recuperação do minério. Dentre os métodos empregados, destaca-se o Shrinkage Stoping, amplamente utilizado para veios de alto mergulho e largura reduzida — característica típica dos corpos auríferos da Mina Serra.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE LAVRA SHRINKAGE STOPING

O método Shrinkage Stoping utilizado na Mina Serra consiste em desmontes ascendentes, com o material fragmentado permanecendo no interior do realce, formando uma pilha que serve de plataforma de trabalho e suporte temporário.

A cada ciclo de lavra, parte do material é retirado para manter a circulação e permitir o avanço do desmonte.

O método é indicado para veios com inclinação próxima a 90°, o que facilita o fluxo gravitacional do minério e o uso de sistemas de içamento verticais.

Nos casos de veios com menor inclinação, como o veio V1 (63°), a confecção do canal de içamento torna-se mais trabalhosa, exigindo o uso de rampas de madeira para evitar o arraste do material durante o içamento e garantir que as cargas não colidam com o piso ou as paredes do realce.

### 3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IÇAMENTO DE CARGA

O sistema de içamento analisado é composto pelos seguintes elementos principais:

- Moitão: polia móvel responsável por reduzir o esforço de tração e direcionar o cabo de içamento;
- Pontal de segurança: estrutura de madeira que serve de ancoragem e suporte ao moitão;
- Canal de içamento: espaço escavado acima do caminho de circulação, permitindo a movimentação vertical da carga entre os níveis.

O conjunto é montado na parte superior do realce, imediatamente acima do caminho de circulação ou em um canal dedicado ao içamento.

Essa configuração visa otimizar o espaço e facilitar o transporte vertical de ferramentas, materiais e equipamentos de pequeno porte.

Conforme analisado em campo, o sistema é aplicável com maior facilidade em lavras de levante direto, ou seja, em veios subverticais.

Nas lavras com inclinação menor, o processo de montagem é mais demorado e requer a confecção de estruturas adicionais de apoio, como rampas de madeira e reforços laterais para o canal.

### 3.4 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de informações foi realizada com base em:

- Observação direta: acompanhamento das atividades de montagem, utilização e manutenção do sistema nas frentes de lavra da Mina Serra;
- Entrevistas informais: com engenheiros, geólogos, supervisores e marteleteiros e seus auxiliares, para compreender as percepções práticas quanto à eficiência e segurança do sistema.

As informações foram organizadas de modo a permitir a comparação entre lavras com diferentes inclinações e a avaliação do tempo de confecção e utilização do canal de içamento.

### 3.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

A análise consistiu na interpretação comparativa das condições operacionais observadas, confrontando as vantagens e desvantagens do sistema de içamento conforme as características geométricas dos veios.

Foram considerados indicadores qualitativos como:

- tempo de habilitação do sistema (montagem e desmontagem);
- tempo de uso durante os ciclos de lavra;
- riscos de colisão e queda de material;
- facilidade de operação e manutenção;
- impacto sobre a produtividade e segurança.

Os resultados levantados foram utilizados para elaborar um documento para apresentação aos gestores da mina.

### 3.6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O presente trabalho utiliza dados observacionais e informações fornecidas pela equipe técnica da Mina Serra, sem a realização de ensaios quantitativos de tempo ou custo.

As análises apresentadas baseiam-se na interpretação técnica das condições observadas, podendo variar conforme as particularidades de cada lavra.

Ainda assim, as conclusões obtidas são representativas da realidade operacional do método Shrinkage Stoping aplicado à mina.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do sistema de içamento de carga na Mina Serra teve como base a análise dos procedimentos de montagem, operação e manutenção em observações de campo realizadas durante as atividades de lavra.

As informações permitiram identificar as principais características do sistema, suas vantagens, limitações e implicações operacionais no contexto do método Shrinkage Stoping.

### 4.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE IÇAMENTO

O sistema de içamento adotado na Mina Serra é composto por um moitão, pontal de segurança e canal de içamento, montados na parte superior do realce, logo acima do caminho de circulação. Essa configuração foi projetada para otimizar o transporte vertical de ferramentas, materiais e equipamentos, principalmente entre os níveis de lavra e desenvolvimento.

O conjunto é instalado com o objetivo de reduzir o tempo de deslocamento manual de materiais e facilitar o suprimento de insumos para as frentes de lavra.

A Figura 2 apresenta o conjunto montado e a configuração básica do sistema observada em campo.

Figura 2 - Sistema de içamento montado na lavra



Fonte: Autoria própria.

#### 4.2 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO SISTEMA

A montagem do sistema inicia-se com a fixação do pontal de segurança e do moitão, ancorados na parte superior da lavra, utilizando estruturas de aço e cabos reforçados.

Em seguida, é confeccionado o canal de içamento, geralmente paralelo ao caminho principal ou posicionado diretamente acima deste. A instalação, é concluída com o teste do conjunto e verificação da estabilidade dos pontos de ancoragem.

A Figura 2 apresenta a fase de montagem e o posicionamento do pontal de segurança e do moitão na estrutura superior da lavra.

#### 4.3 PRINCIPAIS VANTAGENS OBSERVADAS

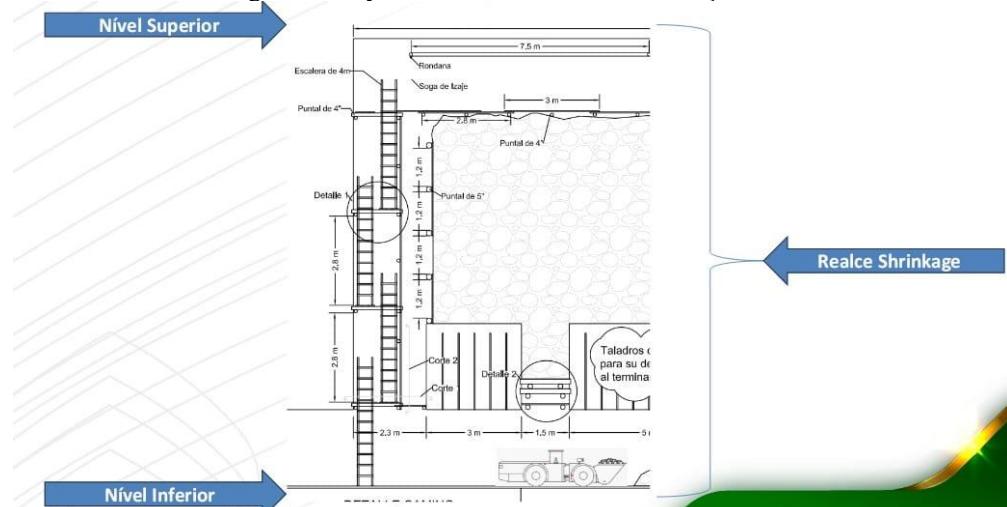
Conforme os registros e observações, o sistema apresenta vantagens significativas em lavras de levante direto e veios com alto mergulho (próximos a 90°), que são características predominantes de parte dos corpos mineralizados da Mina Serra.

Entre os benefícios identificados destacam-se:

- Aplicabilidade em lavras verticais: o sistema é facilmente montado e utilizado em realces de alta inclinação, reduzindo o esforço de transporte manual;
- Diminuição no tempo de mobilização: a movimentação de ferramentas e materiais é mais rápida, favorecendo a continuidade das atividades;
- Facilidade de confecção do canal em geometrias favoráveis: em veios subverticais, a escavação do canal é mais simples e requer menor consumo de turnos de trabalho.

A Figura 3 ilustra o layout do caminho com canal de içamento.

Figura 3 - Layout do caminho com canal de içamento



Fonte: Acervo técnico da Mina Serra (2025).

#### 4.4 PRINCIPAIS DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES

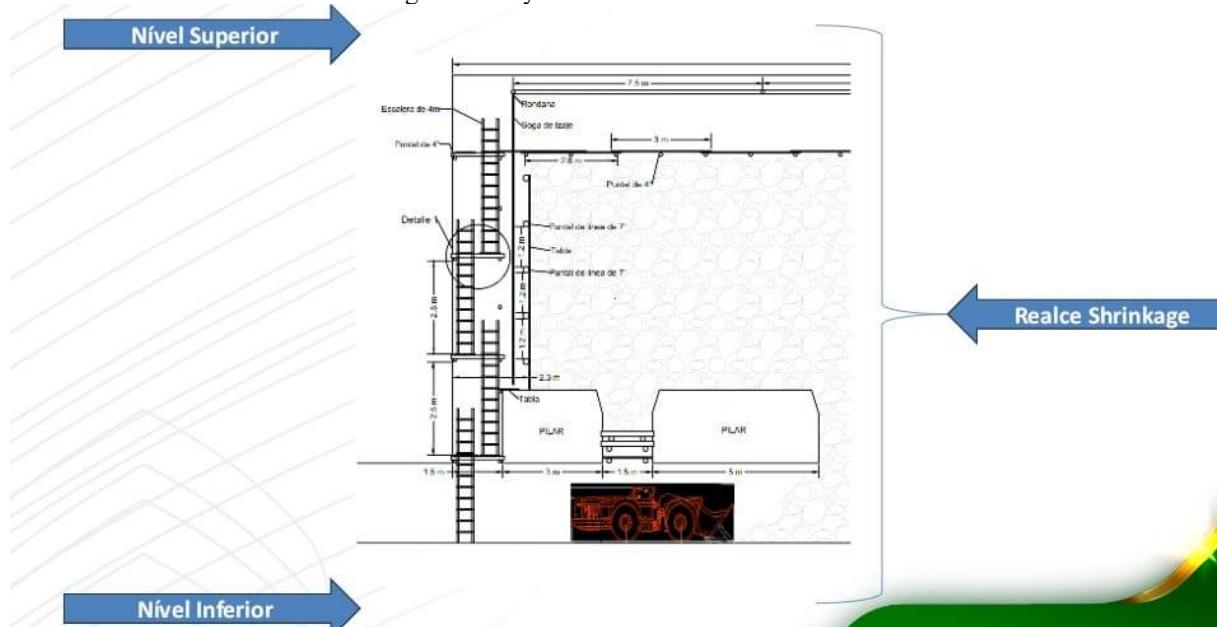
Apesar das vantagens em lavras de alto mergulho, o sistema apresenta limitações significativas quando aplicado a veios com inclinação menor que 70°.

Entre as principais desvantagens identificadas estão:

- Maior tempo de habilitação: a montagem do canal de içamento requer cerca de um turno adicional de trabalho, aumentando o custo operacional;
- Aumento das dimensões do caminho: o comprimento e a largura passam, em média, de 1,5 m para 2,5 m de strike, reduzindo o espaço útil da lavra;
- Dificuldade de confecção em veios inclinados: em veios como o V1 (63°), é necessário construir uma rampa de madeira para evitar o contato do material içado com o piso da lavra;
- Risco de queda de material: há possibilidade de colisão do material içado com as paredes, especialmente quando o operador precisa “guiar” a carga manualmente;
- Maior tempo de confecção do canal: o processo de escavação e montagem consome turnos que poderiam ser destinados a atividades produtivas.

A Figura 4 apresenta o layout convencional, comparando com a Figura 3, podemos observar as mudanças necessárias onde será necessário um espaço para o içamento onde não haja problemas quanto a questão de ter que haver um auxiliar guiando durante a içagem.

Figura 4 - Layout convencional do caminho



Fonte: Acervo técnico da Mina Serra (2025).

#### 4.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos indicam que o sistema de içamento de carga da Mina Serra é eficiente e seguro em lavras com mergulho elevado, mas pouco vantajoso em veios de menor inclinação.

O principal fator limitante é o tempo necessário para a confecção do canal de içamento, que, segundo as observações, pode consumir até 14 turnos de trabalho — o equivalente a quase metade do ciclo de lavra do realce.

A análise mostra que, na prática, o ganho operacional obtido durante o uso do sistema não compensa o tempo gasto em sua montagem, especialmente em realces de curta duração. Além disso, o aumento dos riscos de queda de material e colisão durante o içamento reforça a necessidade de revisões no procedimento de operação e de capacitação contínua dos colaboradores.

Do ponto de vista da segurança, o sistema atende aos requisitos da NR-22, desde que sejam observados os critérios de ancoragem, inspeção periódica e uso de equipamentos de proteção individual. Contudo, a prática de guiar manualmente a carga em lavras sem espaço dedicado ao canal representa um risco ergonômico e de segurança, devendo ser revista no planejamento operacional.

#### 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo avaliar o sistema de içamento de carga empregado nas lavras do tipo Shrinkage Stoping da Mina Serra, pertencente à Serabi Gold-Chapleau, localizada no município de Altamira – PA. A análise foi desenvolvida com base nas

informações coletadas em campo e da parte técnica da mina, complementadas por observações diretas e referências bibliográficas especializadas.

Os resultados demonstraram que o sistema, composto por moitão, pontal de segurança e canal de içamento, é eficiente quando aplicado a veios de alto mergulho, próximos a 90°, que favorecem o deslocamento vertical das cargas. Nessas condições, a montagem é mais simples e o transporte de ferramentas e materiais ocorre de forma rápida e segura, reduzindo o esforço físico dos trabalhadores e o tempo de mobilização.

Entretanto, verificou-se que o sistema apresenta limitações significativas em lavras com inclinação inferior a 70°, como o veio V1, onde a confecção do canal de içamento exige a construção de rampas de madeira para evitar o arraste de material em içamento com o piso/footwall da lavra e maior tempo de preparação. Esse fator aumenta o número de turnos necessários para a habilitação da lavra, impactando diretamente o cronograma de produção e a eficiência geral do processo.

Além disso, observou-se que, em lavras onde não há espaço dedicado ao canal, um dos colaboradores precisa subir junto com a carga para “guiar” o trajeto, prática que eleva o risco de acidentes por queda de material ou colisão com as paredes do realce. Essas situações reforçam a necessidade de aperfeiçoar o método, de modo a garantir segurança e produtividade de forma equilibrada.

Conclui-se que, embora o sistema de içamento utilizado na Mina Serra atenda parcialmente às necessidades operacionais do método Shrinkage Stoping, sua eficiência é limitada pela geometria do veio e pelo tempo de montagem exigido. Os ganhos em rapidez durante a fase de operação não compensam, em alguns casos, o tempo adicional gasto na confecção do canal, especialmente considerando a curta vida útil de cada lavra (em torno de dois meses).

## 5.1 RECOMENDAÇÕES

Com base nas conclusões obtidas, propõem-se as seguintes recomendações para aprimorar o sistema de içamento de carga na Mina Serra:

1. Padronização dos procedimentos de montagem – elaborar instruções operacionais detalhadas, com etapas de montagem e desmontagem otimizadas, reduzindo o tempo de habilitação do sistema.
2. Adoção de sistemas modulares de içamento – desenvolver estruturas pré-montadas que possam ser facilmente deslocadas entre lavras, minimizando o retrabalho.

3. Avaliação de alternativas de içamento mecânico – estudar o uso de guinchos elétricos portáteis ou sistemas hidráulicos, especialmente em veios de menor inclinação, para reduzir o esforço manual.
4. Reforço em segurança e ergonomia – revisar o procedimento de “guiar a carga” e implementar barreiras físicas ou cabos-guia para evitar contato direto do trabalhador com o material içado.
5. Treinamento e capacitação da equipe operacional – promover cursos de atualização sobre inspeção de cabos, moitões e dispositivos de ancoragem, conforme as normas da NR-22.
6. Avaliação contínua de desempenho – implementar indicadores de produtividade e segurança específicos para o içamento, permitindo a análise comparativa entre lavras.

A aplicação dessas medidas contribuirá para aumentar a eficiência do processo, reduzir o tempo improductivo e fortalecer a cultura de segurança na operação subterrânea da Mina Serra.

## 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo reforça a importância da integração entre engenharia, segurança e operação nas atividades de mineração subterrânea. A análise do sistema de içamento de carga demonstrou que pequenas melhorias em planejamento e padronização podem gerar ganhos significativos de produtividade, segurança e confiabilidade.

Os resultados obtidos também podem servir de referência para outras minas subterrâneas que utilizem o método Shrinkage Stoping, contribuindo para o avanço das práticas de engenharia de minas no contexto amazônico e nacional. Em suma, a avaliação crítica do sistema de içamento da Mina Serra permitiu compreender suas potencialidades e limitações, consolidando este trabalho como uma contribuição técnica e acadêmica para a busca de soluções mais seguras e eficientes nas operações de lavra subterrânea.

## REFERÊNCIAS

- CHAVES, A. P. Lavra Subterrânea: Métodos, Planejamento e Desenvolvimento. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- HARTMAN, H. L. Introductory Mining Engineering. New York: Wiley, 1992.
- HARTMAN, H. L.; MUTMANSKY, J. M. Mine Ventilation and Air Conditioning. 3. ed. New York: Wiley, 2002.
- HUSTRULID, W. A.; BULLOCK, R. L. Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies. Littleton: SME, 2001.
- BULLOCK, R. Mine Planning and Equipment Selection. Rotterdam: Balkema, 2006.
- SOUZA, L. F.; SILVA, R. P. Segurança no içamento de cargas na mineração subterrânea. Ouro Preto: UFOP, 2021.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Brasília, 2022.
- SERABI GOLD. Içamento de Carga – Lavras Shrinkage CRG. Documento técnico interno, Mina Serra, 2025.