Categoria: Segurança de Processos
Eixo temático: Implementação do GSPM

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Da inspeção à decisão: gestão estruturada de riscos críticos de integridade estrutural em ativos de mineração

FERBASA — Companhia de Ferro Ligas da Bahia S.A.

Eduardo A. de C. Louzada · Hugo G. L. Costa | HRD Engenharia
Edson B. de S. Filho · Anderson A. Gomes · Eriberto N. Leite | FERBASA

Apresentação: Hugo G. L. Costa

Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

1. A empresa e a operação
2. Gestão de Integridade estrutural é segurança de processos
3. A dimensão do problema e o objetivo do trabalho



Usina de Beneficiamento — Mina Ipueira / Medrado, Andorinha/BA.

A FERBASA e a Mina Ipueira

Companhia de capital aberto, fundada em 1961, com sede em Pojuca/BA

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

- Mineração · Metalurgia · Florestal · Energia
- 3.133 empregados próprios
- CNAE 0729-4/04 — extração de minério de metais não ferrosos
- Grau de risco da atividade: 4

MINA IPUEIRA / MEDRADO — ANDORINHA/BA

Principal operação da Unidade: extração e beneficiamento de minério de cromo.

Beneficiamento por via seca e úmida — umidade contínua, partículas abrasivas e produtos químicos de processo.







Unidades FERBASA · localização Medrado / Ipueira · área da Usina de Beneficiamento.

Colapso estrutural é evento de segurança de processos

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Pelas definições das próprias Diretrizes do GSPM

ESTRUTURA

"prédios, bases e/ou partes de equipamentos cuja função é sustentar ou conter energias, como estruturas de qualquer natureza, incluindo civis, geotécnicas, metálicas"

ENERGIA PERIGOSA

"energia química, mecânica, hidráulica, pneumática, térmica, cinética e radiação com potencial de causar danos às pessoas, ao meio ambiente, ao patrimônio ou à comunidade"

EVENTO DE SEGURANÇA DE PROCESSOS

"eventos potencialmente catastróficos que geram uma liberação não planejada ou não controlada de energia ou material perigosos"

A estrutura é a barreira que mantém a energia contida.

Fonte: IBRAM (2024). Diretrizes para Gerenciamento de Segurança de Processos na Mineração do Brasil — Siglas e Definições.

A dimensão do problema

Corrosão como mecanismo dominante de degradação em ativos estruturais

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

3 a 4%
do PIB global
custo direto da corrosão

1,6 a 3,4%
das emissões globais de CO_2 (2021)
vêm da reposição de aço corroído

4,1 a 9,1%
projeção dessa parcela para 2030



- A corrosão é um somente um dos mecanismos de degradação.
- Característica progressiva demanda gestão.

Dados de corrosão: Iannuzzi & Frankel, npj Materials Degradation, 2022. · Imagem demonstrativa de corrosão

O modelo tradicional e o objetivo do trabalho

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

MODELO TRADICIONAL

Inspeção | **Relatório** | **Percepção** | **Decisão difusa**

- Ausência de quantificação objetiva do risco
- Dificuldade de comparabilidade entre ativos de tipologias distintas
- Frágil articulação entre integridade estrutural, riscos críticos e planejamento de CAPEX

Priorização por percepção, histórico de manutenção ou regra heurística.

OBJETIVO DO TRABALHO

- Transição para gestão de risco quantitativo em ambiente real de elevada agressividade ambiental
- Quantificar o risco estrutural atual e futuro e priorizar intervenções por critério objetivo
- Otimizar a alocação de recursos e aumentar disponibilidade e confiabilidade dos ativos
- Gerar resultados mensuráveis e auditáveis, integrados aos sistemas corporativos de gestão
- Validar modelo aplicável a toda a planta e replicável ao setor mineral

Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

1. Escopo executado, públicos envolvidos e metodologia
2. Do achado em campo à priorização de ações
3. Análise técnico-econômica e plano de ação plurianual



Escopo executado e públicos envolvidos

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

108 dias corridos · três frentes técnicas · tipologias estruturais heterogêneas

25	626 t	90 t	2.080 m²	1.576 h	108
ativos avaliados	estruturas inspecionadas	aço em verificação estrutural	área efetivamente inspecionada	horas de engenharia	dias de execução



Torres da Usina
estruturas metálicas verticais críticas



CT-458
primeira estrutura do transporte de minério britado



Área da Usina
23 ativos do processamento úmido

Públicos envolvidos: equipes de inspeção, engenharia, manutenção, planejamento e operação da FERBASA — coleta de evidências, validação de achados em loco e construção conjunta do plano de ação.

A metodologia PPIE

Programa de Priorização de Integridade Estrutural — sete etapas, do campo à decisão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

1 Inspeção padronizada

2 Classificação P1 a P5

3 Confiabilidade estrutural

4 Priorização de intervenções

5 Impacto técnico-econômico

6 Plano de ação plurianual

7 Decisão gerencial e governança

FUNDAMENTAÇÃO EM GESTÃO

- ABNT NBR ISO 31000 — gestão de riscos
- ABNT NBR ISO 55000 — gestão de ativos

Risco estrutural tratado na mesma linguagem dos demais riscos corporativos.

ANCORAGEM EM CONFIABILIDADE E NORMAS ESTRUTURAIS

- ISO 2394 — princípios gerais de confiabilidade estrutural
- ISO 19901-9 — gestão de integridade estrutural
- EN 1990 · AISC 360 · ABNT NBR 6118

A ISO 2394 estabelece os níveis-alvo de confiabilidade por classe de consequência.

Risco quantificado e o limite normativo

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

$$R = P \times C$$

P — **Probabilidade de falha**
Relação entre solicitação e resistência, considerando o dano atual e os mecanismos de degradação identificados em campo.

C — **Consequência**
Impacto técnico-econômico da falha: recomposição do ativo e perdas operacionais.

A monetização existe para tornar o risco estrutural comparável aos demais riscos corporativos e permitir priorização objetiva.

INACEITÁVEL
Risco intolerável por norma, independentemente do custo da intervenção.

ALARP
Reduzir tão baixo quanto razoavelmente praticável. Aqui opera a otimização econômica.

ACEITÁVEL
Monitoramento e tratativa por oportunidade (P4 e P5).

Expectativa de fatalidade eleva a classe de consequência e dispara prioridade.

Do achado em campo à priorização

Quatro critérios aplicados a cada não conformidade, com nota e ação associadas

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



Classe de consequência	**CC3**	Monetização em função de impacto operacional, reputacional e construtivo
Função estrutural	**Crítica**	Correlação entre elemento, sistema e ativo
Probabilidade de falha	**Nível 6**	Severidade do problema diretamente associado com a confiabilidade do elemento
Agravante	**N2**	Projeção no tempo da confiabilidade

Risco monetizado agrupado conforme capacidade e apetite ao risco

P1 Muito alta	**P2 Alta**	**P3 Média**	**P4 Baixa**	**P5 Registro**

Escala de criticidade P1 a P5, integrando probabilidade de falha e consequência associada. P4 e P5 correspondem a risco aceitável.

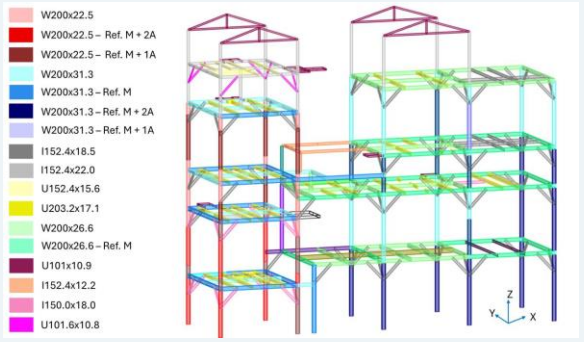
Rastreabilidade do processo

Cada apontamento tem origem, evidência fotográfica e destino no plano de ação



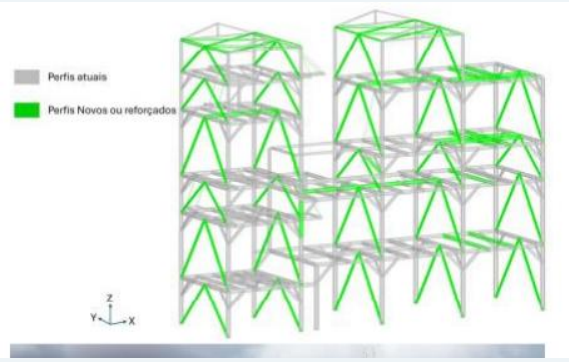
Evidência de campo

→



Modelagem computacional

→



Detalhamento do reforço

37	566	318 GB	800
documentos técnicos	páginas emitidas	de registros	arquivos consolidados

Campo → ficha de inspeção → relatório consolidado → plano de ação. Base documental que sustenta o elemento Auditoria do GSPM.

Análise técnico-econômica

Horizonte de três anos, em valores do trabalho submetido

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026



3,6%
do passivo potencial é o investimento total

> 99,99%
de redução do custo estimado do risco

26,6×
retorno sobre o investimento total

Retorno = (valor gerado pela redução de risco - investimento total) ÷ investimento total.

O custo do risco após reparos considera exclusivamente os modos de falha mapeados no escopo, após execução integral do plano. Não representa risco zero da planta.

Plano de ação plurianual

108 não conformidades críticas (P1 a P3) distribuídas no tempo por critério técnico

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

REPAROS IMEDIATOS	PROGRAMAÇÃO 2026	INVESTIMENTOS 2027–2028
Estruturas classificadas em P1 Atuação imediata sobre os modos de falha de maior criticidade	**Não conformidades P2** Execução compatibilizada com o ciclo de paradas programadas	**Não conformidades P3** Alocação de CAPEX e uso eficiente de OPEX a partir do segundo ciclo

- O sequenciamento considera a evolução calculada da confiabilidade do sistema estrutural
- Nível residual aceitável definido por critério ALARP.
- Distribuição temporal compatível com o budget informado pela operação e com o ciclo de planejamento de manutenção.

A integração ao ciclo orçamentário e de paradas é o que torna a gestão de integridade estrutural um sistema corporativo.

Conclusão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

1. Aderência ao GSPM: núcleo, interfaces e fronteiras
2. Resultados, aprendizados e diferencial
3. Legado e próximos passos



CT-458 — primeira estrutura do sistema de transporte de minério britado.

Aderência ao GSPM

Cinco eixos, doze elementos — núcleo, interfaces e o que ficou fora do escopo

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

NÚCLEO

- Integridade e Confiabilidade de Ativos, Equipamentos e Estruturas

Mapeado característica a característica, com evidência para cada uma.

INTERFACES ESTABELECIDAS

- Identificação de Perigos e Análise de Riscos
- Procedimentos Operacionais
- Gerenciamento de Mudanças
- Gerenciamento de Contratadas
- Auditoria

A matriz e os mecanismos de degradação fornecem limites e gatilhos de decisão — interação prevista em 1.3.3.3 das Diretrizes.

FORA DO ESCOPO DESTE TRABALHO

- Pacote Tecnológico
- Qualidade Assegurada
- Revisões de Segurança de Pré-Partida
- Comunicação e Investigação de Incidentes
- Planejamento e Resposta a Emergências
- Treinamento e Desempenho

Declarar a fronteira é parte da boa prática.

A efetividade do GSPM decorre menos da implementação isolada de um elemento e mais de sua interação com os demais.

O que mudou e o que aprendemos

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

MODELO ANTERIOR	MODELO IMPLEMENTADO
Intervenções reativas	→ **Priorizadas por critério técnico-econômico**
Priorização por percepção	→ **Matriz quantitativa de risco**
Risco estrutural oculto	→ **Risco quantificado e governável**
Ativos não comparáveis	→ **Comparabilidade entre tipologias**
Risco em 3 anos: R$ 38,86 mi	→ **Risco residual: R$ 2,8 mil**

APRENDIZADOS

- A criticidade se concentra em poucos ativos.
- A validação dos achados em campo com as equipes da unidade foi determinante para a adesão ao plano.

DIFERENCIAL

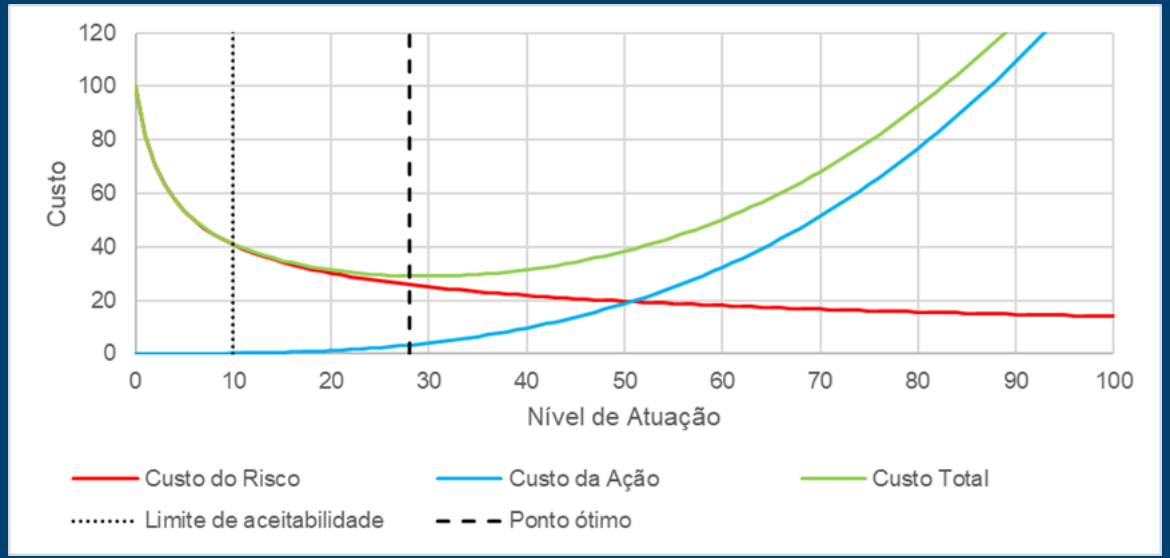
Comparabilidade direta entre tipologias estruturais heterogêneas.

Estruturas não são eternas

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Postergar a ação corretiva é mais caro

- A degradação é progressiva e cumulativa: o custo da ação corretiva cresce com o tempo.
- Uma gestão de integridade estrutural adequada busca o Sweet-spot.



PRÓXIMOS PASSOS

Ciclos sucessivos com atualização periódica da matriz de risco, migrando de avaliação pontual para gestão contínua.

Extensão aos demais ativos da Mina Ipueira e às outras operações da FERBASA.

Indicadores proativos e reativos em aderência ao Anexo I das Diretrizes do GSPM.

IBRAM 50 MINERAÇÃO DO BRASIL ANOS

OBRIGADO!

FERBASA — Companhia de Ferro Ligas da Bahia S.A.
HRD Engenharia — parceira técnica

Hugo G. L. Costa
hugo.gatti@hrdengenharia.com.br