



ANTÔNIO EUSTÁQUIO FERREIRA

**ESTUDO DE APLICAÇÃO DE RTO NA DISTRIBUIÇÃO DA ALIMENTAÇÃO NO
SILO DA BRITAGEM TERCIÁRIA EM CARAJÁS**

Parauapebas, PA

2022

ANTÔNIO EUSTÁQUIO FERREIRA

**ESTUDO DE APLICAÇÃO DE RTO NA DISTRIBUIÇÃO DA ALIMENTAÇÃO NO
SILO DA BRITAGEM TERCIÁRIA EM CARAJÁS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Automação para Processos de Mineração.

Área de concentração: Beneficiamento Mineral

Orientador: Prof. MSc. Thomás Vargas Barsante e Pinto

Parauapebas, PA

2022

Título: ESTUDO DE APLICAÇÃO DE RTO NA DISTRIBUIÇÃO DA ALIMENTAÇÃO NO SILO DA BRITAGEM TERCIÁRIA EM CARAJÁS

Classificação: () Confidencial () Restrita (x) Uso Interno () Pública

Informações Confidenciais - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

Informações Restritas - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

Informações de Uso Interno - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço.

Informações Públicas - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F441e

Ferreira, Antônio Eustáquio

Estudo de aplicação de RTO na distribuição da alimentação no silo da britagem terciária em Carajás. Antônio Eustáquio Ferreira... [et al.] - Ouro Preto, MG: ITV, 2022.

31 f.: il.

Monografia (Especialização *latu sensu*) - Instituto Tecnológico Vale, 2023.

Orientador: Thomás Vargas Barsante e Pinto

1. Otimização em Tempo Real. 2. Carro tripper. 3. Britagem terciária. 4. Carajás. I. Pinto, Thomás Vargas Barsante e. II. Título.

CDD.23. ed. 629.82

Antonio Eustáquio Ferreira

**ESTUDO DE APLICAÇÃO DE RTO NA DISTRIBUIÇÃO DA ALIMENTAÇÃO
NO SILO DA BRITAGEM TERCIÁRIA EM CARAJÁS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista *lato sensu* em [Automação para Processos de Mineração].

Orientador: Prof. MSc. Thomas Vargas Barsante e Pinto

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em 13 de dezembro de 2022 pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. MSc. Thomas Vargas Barsante e Pinto
Orientador – Instituto Tecnológico Vale (ITV)

Prof. D.Sc. José Manuel Gonzalez Tubio Perez
Membro interno – Instituto Tecnológico Vale (ITV)

MSc. Vinícius da Silva Moreira
Membro interno – Vale

Os Signatários declaram e concordam que a assinatura será efetuada em formato eletrônico. Os Signatários reconhecem a veracidade, autenticidade, integridade, validade e eficácia deste Documento e seus termos, nos termos do art. 219 do Código Civil, em formato eletrônico e/ou assinado pelas Partes por meio de certificados eletrônicos, ainda que sejam certificados eletrônicos não emitidos pela ICP-Brasil, nos termos do art. 10, § 2º, da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001 (“MP nº 2.200-2”).



PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/20AB-666C-3374-30CE> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/20AB-666C-3374-30CE> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 20AB-666C-3374-30CE



Hash do Documento

D370BC4BBB7E023FED61C9028C50BB1104A04DB18D125E562936D138D91C7353

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 10/02/2023 é(são) :

- José Manuel Gonzalez Tubio Perez (Signatário) - em 02/01/2023 10:34 UTC-03:00
Tipo: Assinatura Eletrônica
Identificação: Por email: Jose.Perez@itv.org

Evidências

Client Timestamp Mon Jan 02 2023 10:34:27 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)
Geolocation Latitude: -22.9014714 Longitude: -43.1068537 Accuracy: 1030.9954868700806
IP 179.83.246.147
Hash Evidências:
4002C5CCA871A5B63A003C24AD8B2524AD445BB7039F9D37BC02B7B8B96EED27

- Vinícius da Silva Moreira (Signatário) - 990.617.162-68 em 02/01/2023 09:56 UTC-03:00
Tipo: Assinatura Eletrônica
Identificação: Por email: vinicius.silva.moreira@vale.com

Evidências

Client Timestamp Mon Jan 02 2023 09:56:36 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)
Geolocation Latitude: -6.0538781 Longitude: -50.1531849 Accuracy: 20
IP 201.65.118.249
Hash Evidências:
9D17FAAD715F07DB1D4DE2D3E131F620379F97D428BAEF98C62DA32883C14C39

- Thomás Vargas Barsante e Pinto (Signatário) - 115.302.536-16 em 28/12/2022 16:11 UTC-

03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: thomas.pinto@itv.org

Evidências

Client Timestamp Wed Dec 28 2022 16:10:50 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)

Geolocation Latitude: -19.8283 Longitude: -43.1639 Accuracy: 9176

IP 187.86.76.173

Hash Evidências:

6C9B6EEB98A5D7D91243555550E0A7E8E755337EADAC19186A43540D9DAE3EB



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à DEUS pela vida e saúde e à minha família pelo apoio e paciência durante os momentos de dedicação ao trabalho.

À Gerência de Operação da Usina de Carajás, na pessoa do gerente Roberto Francisco, por acreditar e me indicar para participação do programa de especialização pelo ITV.

Aos meus líderes diretos, o gerente Felipe Nunes e a coordenadora Lys Tavares pelo incentivo na condução do tema abordado, tendo em vista o potencial de melhorias operacionais e nas condições de trabalho das pessoas envolvidas na operação do carro tripper da britagem terciária.

Aos professores do ITV que dedicaram tempo para nos ensinar com profissionalismo e paciência e aos amigos e amigas da turma da especialização, cuja interação propiciou momentos de grandes aprendizados.

Ao meu amigo e colega de trabalho Vinícius Moreira, profissional dedicado e mestre em automação, que tem sido minha referência nos assuntos relacionados ao tema dentro da área de beneficiamento.

Agradeço imensamente ao meu orientador Thomás Vargas que aceitou me orientar na condução desse trabalho e se prontificou a continuar o estudo para futura aplicação industrial.

RESUMO

Nos processos de beneficiamento mineral, o minério passa por diversas etapas, sendo necessário entre algumas delas, a estocagem intermediária em silos, conforme a finalidade de cada processo. Esses estoques intermediários permitem absorver as variações dos processos anteriores e estabilizar os processos de saída. Na estocagem nos silos, um carro tripper faz a distribuição do minério, movimentando a descarga da correia transportadora para cima das células, conforme a camada de material vai sendo reduzida. Na britagem terciária de Carajás, o processo de distribuição de material atualmente é operado na maior parte do tempo de forma manual e as decisões são tomadas pelo operador. A movimentação do carro tripper é um problema de sequenciamento de tarefas, onde o programa deve calcular a sequência de abastecimento das células, assumindo posições distintas conforme as variáveis vão se alterando. A Otimização em Tempo Real (RTO) pode ser aplicada na movimentação do carro tripper, atualizando os setpoint para a estratégia de controle do processo. Foram declaradas as variáveis e a função objetivo, sendo necessária a realização de simulações com dados reais da planta para elaboração do modelo e validação.

Palavras-chave: Otimização em tempo real. Carro tripper. Britagem terciária. Carajás.

Fase da Cadeia: Usina.

ABSTRACT

In the mineral beneficiation processes, the ore goes through several stages, some of which require intermediate storage in silos, depending on the purpose of each process. These intermediate stocks make it possible to absorb variations from previous processes and stabilize output processes. When storing in silos, a tripper car distributes the ore, moving the discharge from the conveyor belt to the top of the cells, as the layer of material is reduced. At Carajás tertiary crushing, the material distribution process is currently operated most of the time manually and decisions are made by the operator. The movement of the tripper car is a task sequencing problem, where the program must calculate the cell supply sequence, assuming different positions as the variables change. The Real Time Optimization (RTO) can be applied in the movement of the tripper car, updating the setpoint for the process control strategy. The variables and the objective function were declared, being necessary to carry out simulations with real plant data for model elaboration and validation.

Keywords: Real Time Optimization. Tripper Car. Tertiary Crushing Plant. Carajás.