



DÉCIO ANTÔNIO MENDONÇA

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE
VOLUME EM SILOS DE CÁLCARIO: ANÁLISE DE
VIABILIDADE ECONÔMICA**

LAVRAS-MG

2022

DÉCIO ANTÔNIO MENDONÇA

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VOLUME EM SILOS DE
CÁLCARIO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Dimitri Campos Viana

Orientador

LAVRAS-MG

2022

DÉCIO ANTÔNIO MENDONÇA

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE VOLUME EM SILOS DE
CÁLCARIO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA**

**IMPLEMENTATION OF A VOLUME MEASUREMENT SYSTEM IN LIMESTONE
SILOS: ANALYSIS OF ECONOMIC FEASIBILITY**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 28 de abril de 2022

Prof. Dr. Dimitri Campos Viana UFLA

Prof. Dr. André Luis Ribeiro Lima UFLA

Bel. Alysson Alves Fernandes UFLA

Prof. Dr. Dimitri Campos Viana

Orientador

LAVRAS-MG

2021

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me carrega em seus braços nos momentos que penso que minhas forças estão esgotadas e, por me ajudar a enfrentar todos os obstáculos encontrados ao longo da vida.

Com muita saudade eu agradeço ao meu pai Antônio Tito Mendonça (in memoriam), de quem eu herdei o valor pelo trabalho, e que sempre esteve ao meu lado me apoiando em todas as decisões. Pai dentre tantas qualidades que admirei, eu afirmo que o fato de o senhor ser esforçado, batalhador e trabalhador me trouxe a certeza de que pessoas honestas deixam um legado de dignidade aos seus filhos, por isso: Obrigado!

Com muito amor agradeço minha mãe Mirtes Rodrigues, por seu exemplo de força, coragem e luta e, especialmente, porque me ensinou valores que carrego pelo resto de minha vida. Mãe, não sei o que dizer neste momento para expressar o meu amor, mas, tenho certeza: Se eu pudesse escolher quem seria a minha mãe mais mil vezes, mais mil vezes eu escolheria você. Te amo!

Agradeço a todos os docentes e discentes que me ajudaram ao longo de minha jornada, especialmente, ao meu orientador Professor Dimitri, um mestre no sentido literal da palavra, que tem na inteligência, na sabedoria e no incentivo aos seus alunos suas principais características. Professor, agradeço pela orientação, confiança em meu trabalho.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi a realização de uma análise da viabilidade econômica para implementação de um sistema de monitoramento do volume de calcário nos silos de uma das plantas de mineração do Grupo SN, em São Sebastião da Vitória – MG. Por meio de visitas à sede da mineradora e conversas com os gestores, pode-se perceber uma grande demanda em monitorar o volume de material presente nestes silos. Ao avaliar com mais detalhes sobre como o processo de beneficiamento ocorre, percebe-se que atualmente a medição é realizada de forma manual. Um funcionário da fábrica sobe no silo e, por meio do som decorrente de batidas leves, identifica aproximadamente o volume de material presente. Portanto, é possível implementar um sistema de monitoramento do volume usando sensores do tipo Yo-Yo e um CLP, que irão realizar o mesmo trabalho. Por meio dessa automação é esperado um processo mais rápido, eficiente e preciso. Além disso, uma das principais demandas da empresa é o início da implantação de um sistema de automação, incluindo estimativas de desempenho da eficiência dos equipamentos e gerenciamento de manutenção. Como forma de validar a proposta, foi realizado um estudo financeiro, considerando dois cenários possíveis de execução e os custos de materiais e serviços necessários para a implantação do sistema por meio de três indicadores: Payback, TIR e VPL. Os resultados obtidos foram favoráveis para ambos os cenários, sendo que se pode concluir que o investimento seria vantajoso para a empresa.

Palavras chave: Automação, silos de sólidos, sensor Yo-Yo, análise econômica.

ABSTRACT

The objective of the work was to carry out an analysis of the economic feasibility for the implementation of a monitoring system for the volume of limestone in the silos of one of the mining plants of Grupo SN, in São Sebastião da Vitória – MG. Through visits to the headquarters of the mining company and talks with managers, a great demand can be perceived in monitoring the volume of material present in these silos. To assess in more detail how the benefit process occurs, we perceive that currently the measurement is carried out manually. An official of the factory on not only silo and, by means of some light checks, identifies approximately the volume of material present. Therefore, it is possible to implement a volume monitoring system using Yo-Yo type sensors and a CLP, which will perform the same work. By means of this automation, a faster, more efficient and precise process is expected. Além disso, one of the main demands of the company is the start of the implementation of an automation system, including performance estimates of the efficiency of two equipment and maintenance management. As a way to validate the proposal, a financial study was carried out, considering two possible execution scenarios and the costs of materials and services necessary for the implementation of the system through three indicators, Payback, IRR and VPL. The results obtained were favorable for both scenarios, since it can be concluded that the investment would be advantageous for the company.

Keywords: Automation, solids silos, Yo-Yo sensor, economic analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Sensor de nível do tipo yo-yo Mark-4 | 13 |
| Figura 2 – CLP Delta DVP-14SS2..... | 14 |
| Figura 3- Cartão de expansão DVP-06XA-S | 15 |
| Figura 4 – Croqui sistema de supervisão e controle..... | 16 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Custos por parte do Grupo SN | 19 |
| Tabela 2 – Análise de parâmetros de Horas de trabalho x Economia financeira | 20 |
| Tabela 3 – Análise de parâmetros de Economia de energia x Economia financeira | 21 |
| Tabela 4 – Análise econômica | 23 |
| Tabela 5 – VPL, TIR e Payback – Empresa Integradora | 23 |
| Tabela 6 – VPL, TIR e Payback – Desenvolvimento Interno | 24 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|--|
| CLP | Controlador Lógico Programável |
| CPU | Unidade Central de Processamento |
| LTDA | Sociedade Limitada |
| MG | Minas Gerais |
| SSC | Sistema de Supervisão e Controle |
| OEE | Eficiência Geral do Equipamento |
| Nr | Norma Regulamentadora |
| USB | Universal Serial Bus |
| SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition |
| VPL | Valor Presente Líquido |
| TIR | Taxa Interna de Retorno |
| TMA | Taxa Mínima de Atratividade |

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | DESENVOLVIMENTO | 12 |
| 2.1 | Identificação do problema | 12 |
| 2.1.1 | Funcionamento atual do processo..... | 12 |
| 2.1.2 | Consequências do procedimento de medição manual de nível..... | 12 |
| 2.2 | Análise das alternativas | 12 |
| 2.2.1 | Sensoriamento, coleta e apresentação dos dados aferidos..... | 12 |
| 2.2.1.1 | Sensoriamento | 13 |
| 2.2.1.2 | Coleta de dados..... | 14 |
| 2.2.1.3 | Apresentação dos dados aferidos | 15 |
| 2.2.2 | Primeira alternativa de implantação: contratação de uma empresa integradora de sistemas de automação | 16 |
| 2.2.3 | Segunda alternativa de implantação: execução pela equipe técnica | 17 |
| 2.2.4 | Método para estimar a economia financeira gerada pelo sistema a ser implantado | 17 |
| 2.3 | Levantamento dos custos..... | 17 |
| 2.3.1 | Solução por meio da contratação de uma empresa integradora de sistema de automação | 17 |
| 2.3.2 | Solução por meio de recursos internos do Grupo SN | 18 |
| 2.3.2.1 | Materiais | 18 |
| 2.3.2.2 | Serviços | 18 |
| 2.4 | Levantamento dos benefícios | 19 |
| 2.4.1 | Benefícios indiretos | 19 |
| 2.4.2 | Benefícios financeiros..... | 20 |
| 2.5 | Análise econômica | 21 |
| 2.5.1 | Payback | 21 |
| 2.5.2 | VPL..... | 21 |
| 2.5.3 | TIR..... | 22 |
| 2.6 | Resultados | 22 |
| 2.5.1 | Resultados para a primeira alternativa (empresa integradora) | 23 |
| 2.5.2 | Resultados para a segunda alternativa (desenvolvimento interno) | 24 |
| 2.5.3 | Recomendações..... | 24 |
| 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 25 |
| 3.1 | Conclusão..... | 25 |
| 3.2 | Recomendações para trabalhos futuros | 25 |
| | REFERÊNCIAS | 26 |
| | ANEXO A | 27 |

1 INTRODUÇÃO

O calcário é uma rocha sedimentar que tem sido utilizada pela humanidade desde as mais antigas civilizações, estando presente em grandes obras que marcaram a história, principalmente como ligante dos materiais de construção de vários monumentos (ANDRADE, 1991). Ainda segundo o mesmo autor, o calcário é usado em grande escala até os dias atuais por ser um dos aglomerantes de menor custo financeiro, apesar de haver tentativas para substituí-lo por sais e resinas.

De acordo com sua composição química, o calcário pode ser classificado como calcítico, magnesiano e dolomítico (BARBOSA, 2014). Essa classificação vem a partir do teor de magnésio e cálcio presentes nas rochas calcárias.

Atualmente, a indústria do calcário representa um importante papel no desenvolvimento das nações, sendo esta a rocha carbonatada mais comercializada mundialmente. O produto ganha uma expressão ainda maior quando se conhece o amplo leque de setores industriais e sociais que dele se utilizam, graças à sua dupla capacidade de reagir quimicamente, como aglomerante ou ligante (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

Por sua vez, o Grupo SN é uma empresa que tem mais de 60 anos de trajetória com visão de futuro, desde a produção de cal em pequenos fornos de barranco, à criação de um portfólio de negócio amplo e consolidado (GRUPO SN, 2021). Essa empresa possui atuações no ramo de produção e moagem de calcário, produção de brita, usinagem de concreto e o mais recente empreendimento, uma construtora. Nesse contexto, o Grupo SN atua desde 1960 no mercado, tendo a sede de sua matriz em Lavras (MG) e com operações de extração e moagem de materiais no mesmo município, mas também em Ijaci (MG) e São Sebastião da Vitória (MG).

A operação na unidade de São Sebastião da Vitória (MG), Calcinação Vitória LTDA, é dividida em três etapas: na primeira, ocorre o desmonte do material; na segunda, o material é beneficiado por britadores, peneiras e moedores até chegar na forma de produto final; e, por fim, na terceira etapa, o produto é armazenado em silos até que seja carregado em caminhões do tipo cebolão ou ensacados para o transporte. É muito importante conhecer o volume de material nos silos, visando o controle, tanto da etapa de produção, quanto da etapa de vendas. Sendo assim, é necessário monitorar o volume dos silos de forma constante, para que a produção e as vendas estejam alinhadas.

Atualmente, o processo de aferição do volume dos silos é realizado de forma manual, poucas vezes ao dia, sendo executado por um funcionário da planta que sobe nas estruturas metálicas e bate até encontrar um ponto com presença de material. Este tipo de processo se mostra sujeito a falhas grosseiras, e também acarreta em deficiências de informação, devido a grande diferença de tempo entre a realização de cada medição. Além disso, essa atividade é caracterizada como trabalho em altura e traz risco para o funcionário responsável pela medição.

Portanto, buscando melhorias na segurança e no andamento do processo, de acordo com o que foi mencionado, este trabalho propõe a implantação de um sistema automatizado para realizar o monitoramento do volume nos silos. Para isso, foram analisadas duas alternativas como solução do problema, as quais serão detalhadas nas próximas seções, levando-se em consideração os benefícios que serão obtidos e a viabilidade econômica de cada uma delas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Identificação do Problema

2.1.1 Funcionamento atual do processo

Foi identificado na unidade de mineração do Grupo SN de São Sebastião da Vitória (MG), a possibilidade de implementar um sistema de monitoramento do volume de calcário em dois silos. O conhecimento da quantidade de material disponível nos silos é essencial para que a empresa consiga planejar melhor o ritmo de produção, organizar a estrutura de vendas e assim manter um bom relacionamento com os clientes (evitando atrasos nas entregas). Além disso, o armazenamento de informações sobre o rendimento e o ritmo de trabalho dos equipamentos é importante para o planejamento de manutenções periódicas.

Atualmente, a planta opera de forma simples: o desmote da rocha acontece por meio de explosões provocadas por dinamites, que são inseridas em perfurações feitas por máquinas perfuratrizes, quinzenalmente; após o desmote, as máquinas carregadeiras e os caminhões são deslocados até a área de mineração e inicia-se a primeira etapa de transporte, na qual as rochas são encaminhadas até os britadores que reduzem a sua granulometria; em seguida, são transportadas por meio de correias até os moinhos; nos moinhos, as britas (já com granulometria reduzida) são transformadas em calcário, que é finalmente armazenado nos silos em questão (para posterior ensaue) ou despache por meio de caminhões, conhecidos como “cebolões”.

A aferição do volume desses silos é realizada de forma manual, sendo que um funcionário os escala por meio de escadas, algumas vezes por dia, ficando exposto aos riscos pertinentes ao trabalho em altura. Após a medição, os dados são levados até uma sala de controle, sendo que o próprio operador fica responsável por alimentar uma planilha na qual armazena-se o histórico de medições.

2.1.2 Consequências do procedimento de medição manual de nível

Segundo a Norma Regulamentadora No. 35 (NR-35, 2019) considera-se trabalho em altura toda e qualquer atividade executada em desnível acima de dois metros do nível inferior, onde haja risco de queda. E, de acordo com o engenheiro Gianfranco Pampalon, auditor fiscal da DRT/SP (citado por SOUZA, OCLAIR JOSÉ, 2014), sabe-se que “nas atividades industriais e de serviços, o trabalho em altura é hoje uma das atividades em que mais ocorrem óbitos, de acordo com as estatísticas de acidentes laborais. As quedas são a segunda maior causa de acidentes fatais no trabalho”, ficando claro que a atividade de aferir o volume dos silos em questão é de significativo risco para os funcionários.

Observando a estrutura existente, também fica evidente a falta de precisão nas informações a respeito do volume de material armazenado nos silos, o que impacta diretamente na produção e nas vendas, tendo em vista que a estrutura de planejamento comercial é feita de acordo com a quantidade de material armazenado e na capacidade de produção diária. Sendo assim, informações pouco precisas sobre o volume de material podem acarretar em atrasos na produção, o que muitas vezes leva ao descumprimento dos prazos de entrega, provocando multas ou rescisões de contrato e representando um prejuízo significativo para empresa.

2.2 Análise das alternativas

2.2.1 Sensoriamento, coleta e apresentação dos dados aferidos

Ao propor a automação da medição de volume nos silos é necessário entender e dimensionar precisamente os equipamentos para que o sistema funcione corretamente. Além disso, é necessário não só uma avaliação técnica, mas também uma avaliação econômica, para validar a execução do projeto e determinar se, de fato, o investimento trará retornos à empresa.

O sistema de coleta e armazenamento de dados proposto necessita de três componentes essenciais: medidores de nível (um para cada silo), um Controlador Lógico-Programável (CLP) para aquisição e manipulação de dados e um Sistema de Supervisão e Controle (SSC) para a formação de históricos e interface operacional. Considerações detalhadas sobre cada um desses elementos podem ser observadas nos tópicos a seguir.

2.2.1.1 Sensoriamento

Conforme exposto anteriormente, propõem-se a utilização de um medidor para cada silo, sendo que o modelo escolhido foi o Mark-4 (Figura 1), do fabricante Bindicator. O fabricante define o seu sistema de medição da seguinte forma: “Um sensor de nível pendular projetado especificamente para medição contínua de nível de estoque de sólidos a granel e alguns líquidos. O Yo-Yo automatiza o uso de réguas ou fitas métricas para maior segurança e precisão” (BINDICATOR, 2022).

Figura 1 – Sensor de nível do tipo yo-yo Mark-4.



Fonte: Bindicator (2022)

As especificações técnicas do modelo Mark-4 são:

- Alimentação Elétrica: 115/230 VCA;
- Comunicação: 4-20 mA, isolado opticamente em 600 ohms;
- Montagem: Flange 3" NPT ANSI;
- Invólucro: NEMA 4/7/9;
- Grau de proteção: IP67.

O sensor de nível pendular conhecido como Yo-Yo, utiliza-se de um *encoder* e uma haste que desce através de um cabo até o encontro de uma superfície e volta, fazendo assim o movimento de yo-yo. O dispositivo então calcula o tempo de descida e, dessa forma, consegue estimar o volume presente no silo, fornecendo um sinal de saída proporcional ao valor estimado, nesse caso, por meio do padrão 4-20mA.

A escolha desse modelo de sensor se deu pela sua alta precisão em coletar informações. Outra possibilidade levantada foi o uso de pás medidoras, entretanto, essas acabariam por diminuir significativamente a precisão dos dados, tendo em vista que são sensores digitais e que seriam alocados de forma pontual ao longo do silo.

Outra solução descartada para esse projeto foi o uso de células de carga, pois ainda que sejam amplamente utilizadas na indústria, a estrutura dos silos impede as medições por meio delas devido ao fato de que alguns silos compartilham a mesma base estrutural.

2.2.1.2 Coleta de dados

O CLP tem como definição o seguinte conceito:

Um computador industrial, capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle (sequência lógica, temporização e contagem por exemplo), além de realizar operações lógicas aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controle de Sistemas Automatizados. (STURARO; ANDRÉ ZELIOLI, 2009, p. 14).

O modelo de CLP escolhido foi o DVP-14SS211R, fabricado pela empresa DELTA, que pode ser observado na Figura 2, considerado bastante robusto e muito empregado em sistemas de automação de pequeno e médio porte. Sua programação pode ser realizada por meio das linguagens Diagrama Ladder ou Diagrama de Blocos de Funções.

Figura 2 – CLP Delta DVP-14SS2.



Fonte: Delta-Eletronics (2022)

Por já estar familiarizada com este modelo de CLP, a equipe técnica da empresa o considera bastante simples e de fácil configuração, possuindo experiência com sua ferramenta de configuração e programação (ISPSOft) e com o gerenciador de comunicações (COMMGR). Além disso, domina a plataforma de desenvolvimento de aplicativos para os Painéis Eletrônicos de Operação (PEOs) do mesmo fabricante, o que reduz os custos de sua aplicação.

A comunicação do CLP com a estação de trabalho como o SSC, na qual devem ser utilizados tanto a ferramenta de configuração e programação como com o sistema supervisor, será estabelecida por meio da porta RS-232 presente na CPU do CLP, que será ligada a uma das portas USB do PC por meio de um cabo adaptador TSA USB DB9 RS232.

Outra questão importante está relacionada com as entradas analógicas do CLP. Como os medidores de nível especificados fornecem o resultado da medição por meio de um sinal analógico e o modelo escolhido não possui entradas elétricas apropriadas incorporadas em sua CPU, será necessário expandir sua capacidade por meio do módulo DVP-06XA-S, que possui:

- 04 entradas analógicas (+/-10V, 4-20mA) de 12 bits.
- 02 saídas analógicas (0-10V ou 4-20mA) de 12 bits.

Figura 3- Cartão de expansão DVP-06XA-S.



Fonte: Delta-Eletronics (2022)

2.2.1.3 Apresentação dos dados aferidos

Segundo Alex e Wayne (1999), entre outras coisas, os Sistemas de Supervisão e Controle (SSCs) permitem que informações de um processo produtivo ou de uma instalação física sejam monitoradas e rastreadas. Geralmente, tais informações são coletadas por meio de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipuladas, analisadas, armazenadas e então apresentadas ao usuário. Esses sistemas também são chamados de SCADA (do termo em inglês, *Supervisory Control and Data Acquisition*). (ALEX; WAYNE, 1999)

De acordo com VIANNA et al (2008), são três as principais funções de um sistema SCADA:

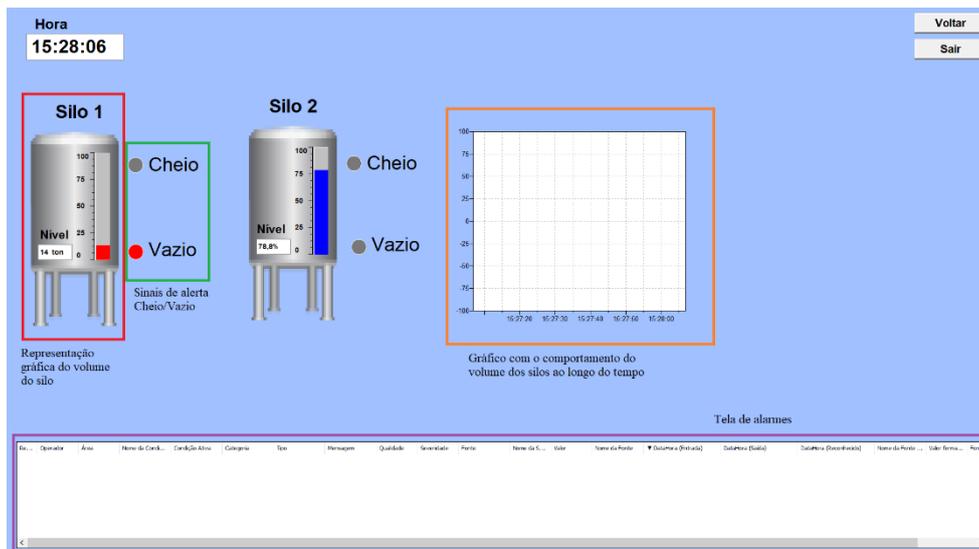
- Funções de supervisão: inclui todas as funções de monitoramento do processo, como: sinóticos animados, gráficos de tendência de variáveis analógicas e digitais, mensagens de alarme, relatórios (em tela e impressos), entre outros.
- Funções de operação: inclui a ação sobre os atuadores, permitindo enviar comandos como ligar e desligar equipamentos e sequência de equipamentos, ajuste de malhas com controle PID, mudança de modo de operação de equipamentos, entre outros.
- Funções de controle: alguns sistemas possuem opções específicas para atuação automática sobre a planta em determinadas situações pré-programadas de acordo com a necessidade e possibilidade de ter esse tipo de automatismo sobre o processo supervisionado.

A ferramenta escolhida para o desenvolvimento do SSC foi o Elipse E3, da empresa Elipse Software, que oferece uma gama muito vasta de modelos de objetos, além de uma interface gráfica bastante intuitiva. Ademais, o Elipse E3 conta com uma enorme quantidade de tutoriais e aulas *online* gratuitas, o que aumenta a produtividade quanto ao desenvolvimento.

A partir do sensoriamento e coleta de dados, pode-se construir várias maneiras de exibir, analisar e controlar as informações em tela. O sistema em questão ficará alocado em uma sala de controle com um computador dedicado à operação, no qual um funcionário terá acesso a telas com informações coletadas sobre a planta. Um croqui da tela a ser utilizada pode ser observado na Figura 4, na qual os silos são representados.

Na figura, um dos silos está marcado em vermelho, sendo que a barra vertical sobreposta à sua representação mostra o volume atual de calcário (que pode ser representado em toneladas ou em percentual); ao lado vê-se dois leds que indicam os estados "cheio" e "vazio"; destacado em laranja, há uma janela para plotagem de gráficos de tendência, que poderá apresentar as variações do volume de material contido em cada silo ao longo do tempo; por fim, na parte inferior da tela, temos uma janela para apresentação de mensagens de alarme.

Figura 4 – Croqui sistema de supervisão e controle.



Fonte: do Autor (2022)

2.2.2 Primeira alternativa de implantação: contratação de uma empresa integradora de sistemas de automação

Após um levantamento feito para se encontrar uma prestadora de serviços com o perfil desejado, foi selecionada uma empresa com os requisitos necessários à execução do projeto. Em seguida, foram trocados diversos e-mails sobre as questões técnicas do processo produtivo, até chegar-se a um acordo referente ao valor cobrado por esse serviço, sendo finalmente agendada uma visita à planta.

A empresa, cuja proposta comercial está em análise, possui sede em Belo Horizonte e foi fundada em 1997, a partir do interesse comum de seus sócios em criar uma empresa que estivesse focada no desenvolvimento de soluções de tecnologia de automação e da informação que fosse compatível com o desenvolvimento econômico e tecnológico no cenário nacional.

Durante a visita à planta, os engenheiros e técnicos da empresa integradora conheceram e levantaram dados sobre o processo produtivo. Foram realizadas diversas reuniões e, por fim, a empresa prestadora de serviço gerou um Plano Diretor (também conhecido como “*Road Map*”) que guiará as aplicações de automação na planta ao longo do ano.

Dentro desse escopo, a empresa apresentou um orçamento específico para a instrumentação e aquisição de dados dos silos em questão, na modalidade conhecida como “*Turn Key*”, em que assume todas as responsabilidades acerca da execução projeto, tais como a aquisição de equipamentos (conforme descrito na Seção 2.2.1), a montagem do sistema e o desenvolvimento do *software*. Neste caso, cabe ao Grupo SN apenas acompanhar a obra e cumprir o cronograma físico-financeiro.

2.2.3 Segunda alternativa de Implantação: Execução pela equipe técnica

Outra possibilidade levantada é a execução da obra, por parte da equipe técnica do Grupo SN que, dentro do seu setor de tecnologia, conta com uma equipe de mais de dez funcionários. Essa equipe é composta por uma engenheira de produção, um engenheiro de controle e automação, sete desenvolvedores de *software*, um engenheiro de computação e dois estagiários.

Neste cenário, a mencionada equipe seria responsável pelo projeto, desenvolvimento e manutenção do sistema. A aquisição de materiais (conforme descrito na Seção 2.2.1) será feita pelo setor de compras da empresa. Por sua vez, os serviços de montagem elétrica e cabeamento estruturado serão realizados em conjunto com técnicos indicados pela empresa fornecedora dos medidores de nível. Já o desenvolvimento dos *softwares* aplicativos (CLP e SSC), ficam a cargo da equipe técnica do Grupo SN.

2.2.4 Método para estimar a economia financeira gerada pelo sistema a ser implantado

Visando uma estimativa da economia gerada pela possível implementação do sistema, se mostra necessária uma avaliação da redução das horas de trabalhos despendidas pelos funcionários com o objetivo de realizar as medições de volume nos silos. Atualmente, os funcionários possuem uma jornada de 44 horas semanais, sendo que um deles dedica pelo menos dez horas à operação de aferição do volume dos silos e alimentação da planilha de dados. Dessa forma, conhecendo-se os gastos mensais da empresa com este funcionário, pode-se estimar o valor financeiro correspondente a essas dez horas de trabalho semanais, as quais poderão ser empregadas em outra função.

Conforme pode ser observado na Seção A (em anexo a este trabalho), a empresa integradora, com sua experiência no mercado, indicou que, com a implantação do projeto em análise, e provável que se tenha uma economia de energia elétrica estimada em 5%, considerando que a operação funcionará de forma mais assertiva, gerando assim menos desperdícios na produção e otimizando o uso das máquinas.

Além da consideração do cenário proposto (redução de 10 horas semanais do expediente de um operador e 5% dos gastos com energia elétrica), este trabalho também avaliará o projeto em questão perante outros valores para estes parâmetros, com o objetivo validar sua viabilidade econômica em conjunturas mais e menos favoráveis a esta.

2.3 Levantamento dos custos

2.3.1 Solução por meio da contratação de uma empresa Integradora de Sistemas de Automação

Como mencionado na Seção 2.2.2, foi apresentado pela empresa integradora, em dezembro de 2021, um orçamento específico para a instrumentação e aquisição de dados dos silos. Em virtude da variação de preços decorrente da inflação, todos os valores apresentados foram corrigidos com base na cotação atual do dólar. Dessa forma, pode-se dizer que o orçamento dado pela empresa integradora possui o valor atual de R\$125.330, que pode ser dividido em dois grupos de custos:

- Sistema de aquisição de dados: Buscando monitorar o sistema e dar luz à produtividade efetiva e disponibilidade de equipamentos, englobando todos os custos relacionados ao CLP, Módulos, mão de obra para instalação e desenvolvimento dos *softwares* (R\$ 26.818).
- Dois sensores de nível do tipo Yo-Yo para aplicação em silos de sólidos, englobando também a instalação e configuração dos equipamentos, bandejamento e cabos elétricos (R\$ 98.512).

Todos os demais custos relacionados na Seção 2.2.1 já estão inclusos no orçamento da empresa. Ademais, cabe ressaltar que a empresa integradora irá arcar com toda a responsabilidade, tanto de aquisição dos equipamentos, quanto da instalação e configuração do sistema.

Em caso de contratação, é prevista uma duração total de 3 meses para a instalação de todo o sistema, contemplando desde a montagem e infraestrutura até a programação e validação da operação.

2.3.2 Solução por meio de Recursos Internos do Grupo SN

2.3.2.1 Materiais

- Medidores de Nível: como mencionado anteriormente, a solução será implantada em dois silos e, portanto, será necessário adquirir dois medidores, despendendo-se um valor total de **R\$ 33.969,69**.
- Cabos elétricos: o Grupo SN já conta com um estoque de cabos tanto de rede *Ethernet* quanto cabos de cobre, seu custo é estimado em R\$ 13,00/m, serão utilizados 50m de cabo, totalizando **R\$ 650,00**.
- Bandeamento: sabendo que a distância da planta até a central de controle é de 50m, teremos um custo de aquisição e instalação das bandejas no valor de **R\$ 1207,89**.
- CLP (CPU): levando em consideração as características do CLP citadas acima, será necessário a aquisição de apenas uma unidade, no valor de **R\$ 998,83**.
- CLP (Módulo): um módulo necessário para entrada de dados analógicos, que custa **R\$1.164,50**.
- Software para programação do CLP: O software é disponibilizado de forma gratuita e livre para download (**Sem custo**).
- PC (Estação de Supervisão e Controle): a unidade já conta com um computador na sala de controle, com isso não haverá custo adicional (**Sem custo**).
- *Software* para desenvolvimento do SSC: o *software* selecionado foi o Elipse E3, em sua versão Lite 50, que tem como fator limitante o cadastro de 50 tags externas e custa **R\$ 3.665,15**
- Painel Elétrico: foi orçado uma caixa de 60x50x20 com a instalação inclusa. Valor **R\$ 1.367,73**.

2.3.2.2 Serviços

- Montagem Elétrica
 - Instalação dos medidores: o custo de instalação dos medidores foi estimado com base no valor do dia de serviço de um profissional especializado. A instalação dos medidores pode ser feita em um dia de serviço, e dentro desse orçamento já está incluso transporte, alimentação e hospedagem totalizando **R\$ 2.000,00**.
 - Instalação do cabeamento de campo: a equipe do Grupo SN ficará responsável pelas instalações de cabeamento estruturado (**Sem custo**).
- Horas de engenharia

Os custos respectivos a horas de engenharia foram avaliados com referência do salário inicial de desenvolvedores júnior. E foi calculado um custo baseado nas horas de serviço dedicadas ao projeto.

- Desenvolvimento do *software* para o CLP (incluindo testes): 40 horas totalizando **R\$ 859,56**.
- Desenvolvimento do SSC (incluindo testes): 40 horas, totalizando **R\$ 859,56**.

Toda a mão de obra extra será realizada pela equipe interna do Grupo SN, ou seja, não terá nenhum custo adicional a implementação do sistema.

Tabela 1 – Solução por meio de Recursos Internos do Grupo SN.

| Materiais | |
|---|----------------------|
| CPU do CLP | R\$ 998,83 |
| Módulo de saídas e entradas analógicas do CLP | R\$ 1.164,50 |
| Medidores de nível | R\$ 33.969,69 |
| Bandejamento | R\$ 1.207,89 |
| Cabos elétricos | R\$ 650,00 |
| Painel elétrico | R\$ 1.367,73 |
| SSC | R\$ 3.665,15 |
| Serviços | |
| Instalação dos medidores | R\$ 2.000,00 |
| Horas de engenharia | R\$ 1.719,11 |
| Total | R\$ 46.472,90 |

Fonte: do Autor (2022)

2.4 Levantamento dos benefícios

2.4.1 Benefícios indiretos

Avaliando a importância de tornar o ambiente da indústria cada vez mais seguro dos acidentes, e sabendo que atividades em altura são as que mais geram acidentes de trabalho, espera-se uma redução dos índices de acidente com a implementação do sistema proposto, contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro, poupando o operador de uma atividade de risco.

Também pode-se ressaltar como benefício desse sistema de automação a previsibilidade da produção que, sem dúvida, é um dos pontos mais importantes dentro da indústria moderna.

Hoje, a intensa competitividade do mercado e a latente necessidade de se operar com custos menores e uma produção em níveis sempre adequados requerem das empresas uma gestão eficaz, capaz de dimensionar com precisão a sua produção, evitando desperdícios, insuficiências ou excessos. (EQUIPE TOTVS, 2019).

Ainda como traz a EQUIPE TOTVS (2019), o ponto central da previsibilidade de produção está em preparar a indústria para cumprir com suas demandas da maneira mais eficiente possível.

A partir da implantação da automação, espera-se ter uma indústria mais consciente quanto a sua produção, o que traz uma série de vantagens, como:

- Redução de custos: o Grupo SN pode se preparar para uma produção mais próxima da demanda, e, com isso, otimizar gastos. Além disso, munido dessa informação, o Grupo SN pode dimensionar melhor os estoques, priorizando compras, investimentos e gastando somente os recursos necessários;
- Produtividade: a partir do momento em que se tem previsibilidade da demanda, as operações podem ser melhor dimensionadas. A equipe de produção, sabendo exatamente a demanda e sua capacidade produtiva, pode se planejar melhor, imprimindo um ritmo de produção mais eficiente e, com isso, tem-se uma redução de custos;
- Melhor aproveitamento dos recursos: a previsibilidade de produção também pode facilitar a obtenção de estimativas sobre os recursos necessários para manter o nível de produção. O que evita o superdimensionamento de produção e permite um melhor planejamento do estoque.

Nesse contexto, outro benefício indireto que o sistema em análise traz é a possibilidade de integração com etapas futuras de controle, como o intertravamento e a partida em cascata de atuadores e a alimentação adequada dos britadores. Todas essas etapas futuras de automação só serão possíveis a partir do sensoriamento dos silos em questão.

2.4.2 Benefícios financeiros

Atualmente, o custo por funcionário dedicado à função de operar o sistema é de R\$ 2.422,00 por mês, o que gera um gasto anual de R\$ 29.064,00. Este custo foi levantado com base na folha de pagamento, incluindo os encargos pagos pela empresa. A estimativa é de que serão economizadas entre 8 e 10 horas semanais de serviço, como apresentado na Tabela 2. Vale ressaltar que a redução de horas pode não se converter diretamente em economia financeira, visto que os contratos não são definidos por horas de serviço. Visando um horizonte mais amplo de possibilidades, três cenários de redução de horas de trabalho serão considerados.

Tabela 2 – Análise de parâmetros de Horas de trabalho x Economia financeira.

| Horas Economizadas | Economia Financeira (mensal) | Economia Financeira (anual) |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 40 h/mês | R\$ 444,00 | R\$ 5.328,00 |
| 45 h/mês | R\$ 499,50 | R\$ 5.994,00 |
| 50 h/mês | R\$ 555,00 | R\$ 6.660,00 |

Fonte: do Autor (2022)

Buscando complementar o estudo da economia financeira gerada pelo sistema, é necessário avaliar o quanto de energia poderá ser economizada. Tomando-se o custo médio mensal da energia elétrica consumida pela planta de São Sebastião da Vitória no período compreendido entre FEV/2021 e FEV/2022, encontra-se o valor de **R\$143.000,00**. Foi estimado através de uma comparação com outras contas de energia da empresa que cerca de 40% desse custo é proveniente da falta de previsibilidade da produção, o que obriga a indústria a trabalhar em horário de ponta.

No entanto, neste trabalho, para a redução de gastos com energia elétrica, será utilizado como referência um estudo financeiro realizado pela empresa integradora de automação, no qual foi especulado um valor de 5% de economia. Assim como foram levantados três cenários de redução de horas de trabalho, também serão levantados três cenários de economia de energia. Com base nesse estudo, será considerada uma faixa de variação de 4% à 6% de economia de energia, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de parâmetros de Economia de energia x Economia financeira.

| Economia de energia | Economia Financeira (mensal) | Economia Financeira (anual) |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 4% a.m | R\$ 5.720,00 | R\$ 68.640,00 |
| 5% a.m | R\$ 7.150,00 | R\$ 85.800,00 |
| 6% a.m | R\$ 8.580,00 | R\$ 102.960,00 |

Fonte: do Autor (2022)

2.5 Análise econômica

Para validar a aplicação do projeto, três métodos de análise econômica foram utilizados: Período de retorno do capital (Payback), Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). A seguir, será explorado o conceito de cada um, bem como fornecidos alguns exemplos.

2.5.1 Payback

O *Payback* representa o tempo de retorno de um investimento, seja em meses ou em anos, ou seja, é o tempo em que o fluxo de caixa gerado pelo investimento irá retornar o valor investido (ASSAF NETO, 2009). Este método do *Payback* se faz importante, pois espera-se que todo investimento tenha um tempo de retorno, e para que determinada aplicação possa ser definida como rentável, o valor investido deve ser pago dentro de um enquadramento de tempo que esteja alinhado à política financeira da empresa. O cálculo do *Payback* pode ser realizado por meio da Equação 1.

$$\textit{Payback} = \frac{\textit{investimento inicial}}{\textit{fluxo de caixa regular}} \quad (1)$$

À título de exemplo, pode-se considerar um investimento inicial de R\$125.330,26 e um fluxo de caixa de R\$ 74.634,00 ao ano. Podemos facilmente calcular o Payback com a Equação 1, chegando ao resultado de.

$$\textit{Payback} = \frac{125.330,26}{74.634,00} = 1,68 \text{ anos}$$

2.5.2 VPL

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica de orçamento de capital que leva em consideração o valor do dinheiro com relação ao tempo, indicando o retorno mínimo que deve ser obtido com o projeto para que o valor de mercado deste último permaneça inalterado (GITMAN, 2017). Na prática, representa o valor gerado pelo (ou agregado ao) investimento. É um método de análise que considera o fluxo anual de caixa, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa e o investimento inicial. A TMA é uma taxa de juros que representa o valor mínimo que um investimento precisa ter de retorno para ser considerado viável. Além disso, são considerados viáveis investimentos com VPL acima de zero. Ainda segundo Gitman (2017), o VPL pode ser calculado conforme pode-se observar na Equação 2.

$$VPL = \left(\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TMA)^t} \right) - FC_0 \quad (2)$$

Em que:

TMA: Taxa Mínima de Atratividade

FC_t : Valor projetado de entradas no caixa

FC_0 : Valor do investimento inicial

n: número de anos em análise

t: ano em análise

Considerando, como exemplo, um caso no qual a TMA de uma determinada empresa é de 5%, o valor projetado de entrada no caixa é de R\$ 35.000,00 a cada ano e investimento inicial de R\$ 20.000,00 para uma análise de dois anos, tem-se o seguinte resultado.

$$VPL = \left(\frac{35000}{(1 + 0,05)^1} + \frac{35000}{(1 + 0,05)^2} \right) - 20000 = R\$ 45.079,37$$

Esse resultado mostra o valor presente de pagamentos futuros com uma taxa de juros adequada ao longo de dois anos.

2.5.3 TIR

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de desconto aplicada a um fluxo de caixa, buscando com que as despesas se igualem aos retornos vindos da implementação do projeto (CASTANHEIRA, 2016). Em outras palavras, a TIR é a taxa de juros que deve zerar o VPL, sendo um indicador que nos mostra se a solução é viável economicamente ou não. A TIR pode ser encontrada por meio da Equação 3. São considerados viáveis projetos em que a TIR é superior ao TMA.

$$VPL = 0 = \left(\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \right) - FC_0 \quad (3)$$

Em que:

TIR: Taxa Interna de Retorno

FC_t : Valor projetado de entradas no caixa

FC_0 : Valor do investimento inicial

n: número de anos em análise

t: ano em análise

Considerando, como exemplo, o mesmo caso no qual o valor presente de entrada no caixa é de R\$ 35.000,00 ao ano e o investimento inicial é de R\$ 20.000,00 em uma análise de dois anos, tem-se o seguinte resultado.

$$0 = \left(\frac{35000}{(1 + TIR)^1} + \frac{35000}{(1 + TIR)^2} \right) - 20000$$

$$TIR = 1,46 = 146\%$$

Como pode ser observado, a TIR obtida representa um lucro de 146% ao ano sobre o valor investido.

2.6 Resultados

Todos os resultados obtidos por meio das equações apresentadas na Seção 2.5 (Análise econômica), são apresentadas a seguir. Para a Taxa Mínima de Atratividade foi levado em consideração a taxa de juros real, que foi projetada para 2022 em 6,5% (RIVEIRA, 2022).

É importante ressaltar que tanto o VPL quanto a TIR serão calculados com base em um horizonte de tempo de 5 anos. Esse valor foi definido baseado nas políticas internas da empresa, que busca dobrar de faturamento nos próximos 5 anos.

A partir dos três cenários de economia de energia elétrica analisadas (4%, 5% e 6%) e dos três cenários de economia de mão de obra, usando como referência a análise de benefícios financeiros apresentada no tópico 2.4.2, combinando-se os cenários de Economia de energia e de Horas de trabalho, foram obtidos fluxos de caixa de R\$ 73.968 mil, R\$ 91.128 mil e R\$ 108.228 mil, respectivamente.

Os resultados de fluxo de caixa apresentados acima se repetem todos os anos durante os 5 anos de análise. O ano 0 é representado pelo fluxo de caixa inicial, ou seja, o investimento inicial do projeto. Com base nestes valores, foram aplicados os métodos descritos na Seção 2.5, para as duas alternativas em análise, sendo que os resultados podem ser observados nos tópicos a seguir.

A Tabela 4 representa a relação de economia financeira, levando em consideração a redução de mão-de-obra e economia de energia elétrica.

Tabela 4 – Análise econômica.

| Mão de obra Energia elétrica | Redução de (40h) | Redução de (45h) | Redução de (50h) |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Redução de 4% | R\$ 73.968,00 | R\$ 74.634,00 | R\$75.300,00 |
| Redução de 5% | R\$ 91.128,00 | R\$ 91.794,00 | R\$ 92.460,00 |
| Redução de 6% | R\$ 108.228,00 | R\$ 108.954,00 | R\$ 109.620,00 |

Fonte: do Autor (2022)

2.6.1 Resultados para a primeira alternativa (empresa integradora)

A Tabela 5 descreve a relação de economia (financeira e de energia) com o VPL, a TIR e o *Payback*. Essa tabela foi elaborada utilizando os dados referentes a solução executada por parte da empresa integradora, é possível caracterizar o projeto como viável (ou não) através da análise dos dados.

Tabela 5 – VPL, TIR e Payback – Empresa Integradora.

| Economia anual de mão de obra | Economia anual de energia | VPL | TIR | Payback |
|-------------------------------|---------------------------|----------------|-----|---------|
| 40h | 4% | R\$ 182.057,04 | 52% | 1,68 |
| | 5% | R\$ 253.368,50 | 67% | 1,37 |
| | 6% | R\$ 324.430,61 | 82% | 1,15 |
| 45h | 4% | R\$ 184.824,72 | 52% | 1,68 |
| | 5% | R\$ 256.136,18 | 68% | 1,37 |
| | 6% | R\$ 327.447,64 | 83% | 1,15 |
| 50h | 4% | R\$ 187.592,40 | 53% | 1,68 |
| | 5% | R\$ 258.903,86 | 68% | 1,37 |
| | 6% | R\$ 330.215,32 | 83% | 1,15 |

Fonte: do Autor (2022)

Os resultados indicam que, para todos os cenários o investimento é viável, tendo em vista que o *Payback* acontece em menos de 2 anos e os valores da TIR são superiores a 50%, chegando até mesmo a 83% para as estimativas menos conservadoras.

2.6.2 Resultados para a segunda alternativa (desenvolvimento interno)

A Tabela 6 também descreve a relação de economia (financeira e de energia) com o VPL, a TIR e o *Payback*, porém essa leva em consideração os custos pertinentes ao Desenvolvimento por parte da equipe interna do Grupo SN.

Tabela 6 – VPL, TIR e Payback – Desenvolvimento Interno.

| Economia anual de mão de obra | Economia anual de energia | VPL | TIR | Payback |
|-------------------------------|---------------------------|----------------|------|---------|
| 40h | 4% | R\$ 260.914,40 | 158% | 0,62 |
| | 5% | R\$ 332.225,86 | 195% | 0,51 |
| | 6% | R\$ 403.287,97 | 232% | 0,43 |
| 45h | 4% | R\$ 263.682,08 | 159% | 0,62 |
| | 5% | R\$ 334.993,54 | 197% | 0,51 |
| | 6% | R\$ 406.305,00 | 234% | 0,43 |
| 50h | 4% | R\$ 266.449,76 | 161% | 0,62 |
| | 5% | R\$ 337.761,22 | 198% | 0,51 |
| | 6% | R\$ 409.072,68 | 235% | 0,43 |

Fonte: do Autor (2022)

Como pode ser observado na Tabela 6, todos os cenários levantados mostram que o investimento é viável. O *Payback* acontece em menos de um ano e a TIR é superior a 150% para as estimativas mais conservadoras. Resultado esse que representa um valor consideravelmente maior do que os cenários descritos pela Tabela 5.

2.6.3 Recomendações

Os resultados mostram que, tanto para a primeira, quanto para a segunda alternativa, o *Payback* é menor que 5 anos, o VPL é positivo e a TIR é maior que a TMA (aqui representada pela taxa de juros real). Com isso, pode-se perceber que o investimento é recomendado, independentemente da alternativa escolhida.

Ao se considerar os cenários econômicos, a alternativa que traz melhores resultados para a empresa é a de implementação do sistema de medição de volume por parte de recursos internos do Grupo SN, tendo em vista que, neste caso, o *Payback* mais demorado é de 219.15 dias, e teremos um VPL positivo de R\$ 260.914,40 ao final de 5 anos. Nessas condições, o Grupo SN apesar de assumir mais responsabilidades quanto a implementação no projeto, poupa recursos financeiros.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

3.1 Conclusão

Com base nas análises feitas, a proposta de automatizar a medição de volume dos silos de calcário da planta de São Sebastião da Vitória mostra-se viável, tanto em relação aos benefícios financeiros, quanto em relação aos benefícios indiretos.

A implantação do sistema automatizado trará informações muito importantes sobre a produtividade da planta, deixando de ser um processo exclusivamente manual e tornando-se um processo mais rápido, eficiente, dinâmico e livre dos erros.

Além dos benefícios citados, há também diversas possibilidades futuras dentro do setor industrial do Grupo SN, sendo que o sistema proposto é apenas um embrião do que vem a ser um processo de automação industrial mais completo.

3.2 Recomendações para trabalhos futuros

Em continuidade a este projeto é recomendada a instalação de balanças integradoras nas correias transportadoras, e, por meio de amostragens do volume de produção, a geração de relatórios de OEE (Overall Equipment Effectiveness), um indicador muito utilizado pela indústria para se estimar o desempenho de linhas de produção.

Além disso, pode também ser citado o controle dos sistemas de alimentação dos britadores em malha fechada, que pode trazer um aumento de produtividade de até 20% nas linhas de produção. (METSO:OUTOTEC, 2018).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.C.F.; **Tijolos de cinza volante e cal, estudo de desempenho quanto a resistência, absorção, durabilidade e aderência.** Dissertação de mestrado UFRGS, (1991).
- ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor.** São Paulo: Atlas, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 35.** Disponível em < <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-35-nr-35> >: Acesso em: 14 de fevereiro de 2022.
- BARBOSA, Raquel Chamone. **Estudo do aproveitamento de resíduo de mineração rico em calcário para a produção de cal e produção de dióxido de carbono.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Química - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2014. p.1.
- CASTANHEIRA, N. P. **Cálculo aplicado à gestão e aos negócios.** 1. ed. Curitiba. Intersaberes. 2016.
- SOUZA, OCLAIR JOSÉ. **NR35 - uma breve análise.** Monografia apresentada ao Setor de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma. 2006
- BINDICATOR. **Sensor de nível pendular Yo-Yo.** Disponível em < <https://bindicator.com.br/sensor-nivel-pendular-yo-yo.html> >. Acesso em: 14 de fevereiro de 2022.
- DANEELS, ALEX; SALTER, WAYNE. **What is SCADA?** Disponível em < <https://accelconf.web.cern.ch/ica99/papers/mc1i01.pdf> >. Acesso em: 14 de fevereiro de 2022.
- EXAME. **Brasil tem maior juro real projetado em 2022 entre principais economias** Disponível em <<https://exame.com/economia/brasil-tem-maior-juro-real-projetado-em-2022-entre-principais-economias/>> . Acesso em: 13 de março de 2022.
- GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira.** 14. ed. São Paulo. Pearson. 2017.
- METSO:OUTOTEC. **Embu aumenta 20% da produção com automação.** Disponível em <https://www.mogroup.com/pt/insights/historias-de-sucesso/agregados/embu-aumenta-20-da-producao-com-automacao/> >. Acesso em: 19 de abril de 2022.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – **PERFIL DA CAL.** 39P. (2009)
- STURARO, ANDRÉ ZELIOLI. **Automação de bombas dosadoras com auxílio de controlador lógico programável.** Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica – Automação e Sistemas da Universidade São Francisco, Campinas. 2009
- TOTVS. **Previsibilidade da produção: entenda sua importância!** Disponível em < <https://www.totvs.com/blog/negocios/previsibilidade-da-producao/> >. Acesso em: 18 de fevereiro de 2022.
- VIANNA, W.D.S.; BRINGHENTI, P.M. e MARTINS, L.D.S. **Sistema SCADA Supervisório.** Instituto Federal Fluminense de Educação Ciência e Tecnologia. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008.

ANEXO A

| | | | |
|---|--|---|-------------------------|
|  | | PROJETO: GRUPO SN PLANTA DE SÃO JOÃO DEL REY | |
| TÍTULO: ROAD MAP PARA INDUSTRIA 4.0 | | CLIENTE Nº.: | FOLHA: 52/ 54 |
| | | ----- Nº.: AE-GR-0795-RT001 | REV.: 0 |

9. ESTIMATIVAS DE BENEFÍCIOS

Nessa seção serão apresentados os benefícios relativos ao sistema proposto com considerando a etapa imediata apresentada no Road Map.

9.1. VITÓRIA MINERAIS

| ITEM | BENEFÍCIOS | BENEFÍCIOS TANGÍVEIS |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| SISTEMAS PARA VITÓRIA | | |
| SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS | OEE dos equipamentos; Democratização da informação; Histórico de dados | Redução no consumo de energia em 5% |
| INSTRUMENTAÇÃO DOS SILOS | Sensor de nível Tipo Yo-Yo para aplicação em silos. Foi considerado 2 sensores correspondente aos principais silos | |