

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA COMPUTAÇÃO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



**APLICAÇÃO DO CONCEITO INDÚSTRIA 4.0 NO BENEFICIAMENTO DE
CALCÁRIO**

Matheus Elias Camargos

GOIÂNIA
2020

MATHEUS ELIAS CAMARGOS

**APLICAÇÃO DO CONCEITO INDÚSTRIA 4.0 NO BENEFICIAMENTO DE
CALCÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Ciências Exatas e da Computação, da
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como
parte dos requisitos para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador(a):

Prof^a. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos
Banca examinadora:

Dr. José Luiz de Freitas Júnior
Me. Fernando Gonçalves Abadia

GOIÂNIA
2020

MATHEUS ELIAS CAMARGOS

**APLICAÇÃO DO CONCEITO INDÚSTRIA 4.0 NO BENEFICIAMENTO DE
CALCÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em sua forma final pela Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, em ____/____/____.

Prof^a. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos
Coordenadora de Trabalho de Conclusão de Curso

Banca examinadora:

Orientador: Prof^a. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos

Prof. Dr. José Luiz de Freitas Júnior

Prof. Me. Fernando Gonçalves Abadia

GOIÂNIA
2020

A Deus pela minha vida e oportunidades.

Aos meus pais e familiares.

AGRADECIMENTOS

A Prof.^a. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos, minha orientadora acadêmica, pelo apoio e confiança depositada.

Aos meus professores e coordenação da Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás pelo ensino e disponibilidade.

Aos meus pais pelo apoio e confiança.

Aos meus amigos e familiares pela ajuda e confiança.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para materialização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a Indústria 4.0 e as etapas de beneficiamento do calcário. Foram detalhados os processos de extração e produção do calcário, para análises de problemas relacionados ao monitoramento da pesagem do material. Imprecisões na pesagem do minério durante toda a cadeia de beneficiamento do calcário, geram problemas relacionados a conformidade legal, em tomadas de decisões e produtividade. Dados foram coletados para elaboração do trabalho através de: (a) pesquisas de campo; (b) visitas realizadas na indústria; (c) métodos qualitativos, como entrevistas realizadas com funcionários da área; (d) pesquisa exploratória, com análise de processos em pesquisas e leituras de artigos. Durante a elaboração deste trabalho foram identificadas em várias etapas de beneficiamento do calcário a presença de trabalho manual. Para minimizar estes problemas, é proposto o uso de ferramentas que a Indústria 4.0 utiliza, como a interligação de máquinas automatizadas com computadores para coleta de dados como: balanças rodoviárias automatizadas, balança integradora, balança de fluxo e ensacador automatizado. A implantação destes equipamentos no beneficiamento do calcário, possibilita um controle da produção com maior precisão e impactando outras áreas da indústria.

Palavras-Chave: Indústria 4.0, Calcário, Beneficiamento, Balança;

ABSTRACT

This work presents a study on Industry 4.0 and the steps of limestone processing. The limestone extraction and production processes were detailed to analyze problems related to the monitoring of material weighing. Inaccuracies in weighing ore along the limestone processing chain create problems related to legal compliance, at the beginning of decisions and in productivity. The data were collected for the elaboration of the work through: (a) field research; (b) visits to the industry; (c) qualitative methods, as assigned to area employees; (d) exploratory research, with analysis of research processes and reading of articles. During the preparation of this work, the presence of manual work was identified in the various stages of limestone processing. To minimize these problems, it is proposed to use tools that Industry 4.0 uses, such as the interconnection of automated machines with computers for data collection such as: automated road scales, integrating scales, flow scales and automated baggers. The implantation of this equipment without limestone processing, makes it possible to control production with greater precision and impact in other areas of the industry.

Keywords: *Industry 4.0, Limestone, Processing, Scale;*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas de beneficiamento do calcário.....	17
Figura 2 - Fluxo do registro de viagens.....	20
Figura 3 – Balança rodoviária com duas cancelas.....	28
Figura 4 – Tela de pesagem no sistema.	29
Figura 5 – Fluxograma das etapas com correia transportadoras com balança.	30
Figura 6 – Balança integradora	31
Figura 7 – Balança de fluxo	32
Figura 8 – Ilustração do ensacador automático	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo geral	13
1.2 Objetivos específicos	13
1.3 Justificativa.....	13
1.4 Método.....	14
1.5 Organização do trabalho	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Indústria 4.0	15
2.2 Calcário	16
2.2.1 Aplicações do calcário	16
2.3 Etapas de produção	17
2.3.1 Rocha	17
2.3.2 Perfuração	18
2.3.3 Desmonte por explosivo	18
2.3.4 Carregamento.....	18
2.3.5 Transporte	19
2.3.6 Britagem primária	21
2.3.7 Moagem.....	21
2.3.8 Venda	22
2.4 Manufatura	22
2.5 Trabalhos relacionados	22
2.5.1 Estudo do processo de mineração do calcário	23
2.5.2 Avaliação da eficiência de peneiramento e perdas de produtividade em usina de beneficiamento de calcário	24
2.5.3 Processo da implantação de um software de gerenciamento de fretes em uma indústria de calcário agrícola	25
2.5.4 INDÚSTRIA 4.0: Um novo paradigma para a indústria	26
2.5.5 INDÚSTRIA 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção.....	26

2.5.6 Análises dos trabalhos relacionados.....	27
3. PROPOSTAS DE SOLUÇÃO.....	28
3.1 Balança integradora com semáforo	28
3.2 Correia transportadora com balança	30
3.3 Balança de fluxo.....	32
3.4 Ensacador automático.....	33
4. IMPACTOS DA SOLUÇÃO	35
4.1 Impacto da balança integradora com semáforo.....	35
4.2 Impactos da implantação da correia transportadora com balança.....	36
4.3 Impactos da balança de fluxo	36
4.4 Impactos do ensacador automático	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	39
REFERÊNCIAS:	40
ANEXO A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE PUBLICAÇÃO DE PRODUÇÃO ACADÊMICA	43

1. INTRODUÇÃO

Em toda história ocorreram quatro revoluções importantes para o crescimento e desenvolvimento tecnológico industrial. A primeira revolução industrial teve início na Inglaterra no final do século XVIII, com o objetivo de acelerar e mudar os processos artesanais, o que resultou em mudanças na indústria mundial, sendo marcada pelo uso do carvão, ferro e vapor. A segunda revolução industrial começou no século XIX, sendo marcada pela presença da eletricidade, petróleo e a popularização da manufatura. A terceira revolução industrial foi instituída na segunda metade do século XX, e a informação se tornou o principal dado a ser analisado (ORTEGA, 2019).

Em meados do ano de 2011, a indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial surgiu a partir das mudanças nos processos industriais, englobando automação e tecnologia da informação aplicados à manufatura. As principais tecnologias presentes na indústria 4.0, permitem a integração entre os mundos físico, digital e biológico. Com o uso da inteligência artificial, sistemas ciber-físicos, impressão 3D, biologia sintética e internet das coisas, podendo transformar o modo de comunicação de máquinas e utilizar a informação para otimizar o processo de produção (HARADA, 2019).

A inovação tem proporcionado melhorias em vários setores industriais, impactando até mesmo o setor de mineração. Neste cenário o desenvolvimento de novas tecnologias modifica sua estrutura produtiva, devido a necessidade de ampliar seus processos para torná-los mais eficientes e flexíveis. Indústrias no ramo da mineração de calcário também vem implantando o conceito da Indústria 4.0 em sua produção (CESÁRIO NETO, 2019).

O calcário é uma rocha de origem sedimentar constituída de carbonato de cálcio, tendo aplicações em indústrias de produção de cimento, corretivos de acidez dos solos, e indústrias de cal, metalúrgica, química e tintas (ESCOLA BRITANNICA, 2020).

A utilização de calcário na agricultura é uma prática importante devido à etapa de calagem, que utiliza o calcário para a preparação do solo, tendo como objetivo controlar a acidez, tornando um insumo vital e essencial para o plantio de soja e cana-de-açúcar (LANTMANN, 2016).

O calcário agrícola é o produto mais consumido no Brasil. Segundo a Agência Nacional de Mineração (ANM), 70% do solo brasileiro é ácido, e para controlar a acidez do solo é feita a calagem, que é a adição do calcário ao solo a fim de corrigir a acidez (BRASIL, 2020).

A indústria do álcool e do açúcar mostram como o consumo do calcário pode ser importante. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Calcário (ABRACAL), o setor do calcário agrícola bateu recorde de utilização na calagem em 2019, o aumento representou 10,5% no uso do calcário agrícola nas usinas, devido também ao crescimento em 3,1 bilhões de litros a mais comparados com a produção em 2018 (BRASIL, 2020).

A necessidade de atender as demandas do mercado, devido as variedades de produtos que o calcário oferece, requer um processo de produção longo desde sua extração até o produto final comercializado. A transformação da rocha de calcário é realizada através de vários processos separados por várias etapas.

Os processos para a extração do calcário são feitos a partir das etapas: (1) rocha, em que é identificado a presença do calcário no solo; (2) perfuração, nesta etapa é feita perfurações no solo com o uso de uma perfuratriz pneumática; (3) desmonte por explosivos, é realizado a detonação de todos os explosivos inseridos nas perfurações que foram realizados na rocha; (4) Carregamento, o caminhão é carregado por meio de uma pá carregadeira; (5) Transporte, todo material recolhido pelo caminhão é transportado até o beneficiamento; (6) Britagem primária, a rocha de calcário é depositada em um britador e recolhido por uma correia transportadora; (7) Moagem, o material produzido pela britagem primaria é transformado em pó; (8) Vendas, com o material em forma de pó torna-se possível a realização da comercialização do calcário.

Estas são as etapas presentes no beneficiamento do calcário, mostrando a quantidade processos em que se pode aplicar o conceito da indústria 4.0 para otimização e melhoria do beneficiamento do calcário.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho objetiva estudar melhorias na cadeia de processos relativos às etapas de produção em uma indústria de beneficiamento de calcário.

1.2 Objetivos específicos

- Estudar, identificar e propor melhorias nos processos envolvidos nas etapas de beneficiamento do calcário;
- Analisar os impactos das melhorias propostas nas etapas de beneficiamento do calcário;
- Analisar a viabilidade e os impactos da implantação de um sistema de pesagem em caminhões, e as áreas impactadas por esse sistema;
- Analisar a viabilidade e os impactos da implantação da correia transportadora com balança, da balança de fluxo e do ensacador automático.

1.3 Justificativa

Este trabalho se justifica devido o atual cenário das etapas de beneficiamento do calcário, e problemas relacionados às imprecisões presentes nas etapas, como exemplo: preenchimento manual de planilhas para anotações dos pesos do caminhão, anotações da quantidade de viagens realizadas com o caminhão.

O estudo do processo é importante para levantamento de possíveis soluções nas etapas de beneficiamento do calcário, minimizando o tempo e processos, resultando no aumento da produtividade.

A produtividade está ligada diretamente à capacidade da indústria de beneficiamento do calcário, justificando a necessidade de melhorar o transporte do calcário da mina para a indústria, e analisar o envolvimento de processos manuais existentes.

1.4 Método

O trabalho foi desenvolvido dentro do ambiente de trabalho, em que foram utilizados para a sua elaboração: (a) pesquisas de campo, realizadas através de visitas feitas na indústria; (b) métodos qualitativos, como entrevista feitas com funcionários de áreas específicas, a fim de entender e levantar mais informações sobre o motivo de determinados processos; (c) pesquisa exploratória, na análise de processos realizada através de pesquisas e leitura de artigos.

Em que foi complementado utilizando documentos dentro do ambiente, como forma de estimular a compreensão das etapas na indústria de beneficiamento do calcário.

Para a exemplificação da interface de um possível sistema de pesagem, foi utilizado no trabalho imagens exemplo do sistema TOTVS, utilizado pela indústria analisada na elaboração do trabalho para registro da pesagem com informações de peso de entrada, peso de saída, horário, data, placa do caminhão e código da pesagem.

1.5 Organização do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos.

Este capítulo apresentou a introdução do tema do trabalho, todos os objetivos do trabalho, justificativa e métodos do trabalho.

No capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, explicando o que é a Indústria 4.0, suas aplicações e os processos envolvidos na indústria de beneficiamento do calcário.

No capítulo 3 são apresentadas as propostas de soluções, descrevendo onde são aplicadas e seu funcionamento.

O capítulo 4 aborda os impactos de cada solução apresentada, como vantagens e desvantagens.

O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta um estudo relacionado à Indústria 4.0, ao calcário, as etapas de produção e cinco trabalhos relacionados.

2.1 Indústria 4.0

A evolução da tecnologia da informação e sua introdução nos processos de produção está transformando a indústria tradicional, trazendo-a para um novo nível de desenvolvimento organizacional. Para se apropriar dos benefícios dessas tecnologias, para fortalecer a competitividade no mercado global, uma mudança de paradigma na fabricação está sendo discutida em todo o mundo.

Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial são alguns dos termos usados para descrever este conceito de indústria, que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura.

Nesse contexto, tecnologias como os sistemas ciber-físicos (CPS) se auto organizam, monitoram processos e criam uma cópia virtual do mundo real, a Internet das Coisas (IoT) conecta máquinas, objetos e pessoas em tempo real, oferecendo soluções, além de permitir a troca e o gerenciamento de informações, combinando processos de produção e negócios para criar valor para as organizações (TELES, 2017).

O objetivo geral deste trabalho é analisar melhorias na cadeia de processos relativos às etapas de produção existentes em uma indústria de beneficiamento de calcário. Como objetivos específicos, este estudo pretende, através de uma breve revisão da literatura que descreve seus componentes, demonstrar as relações da indústria 4.0 com a indústria do calcário. Para entender este cenário, é preciso descrever o que é o produto, e como são os processos industriais voltado para os negócios do calcário.

2.2 Calcário

O calcário é uma rocha de origem sedimentar constituída de carbonato de cálcio, sendo encontrado como rocha macia ou rígida podendo receber denominações variadas, por exemplo o mármore, que é uma variação muito rígida do calcário. Isso faz com que o calcário possa ter diversas aplicações, sendo que a mais utilizada e conhecida é o calcário agrícola (MORAES, 2020).

Com o crescimento da população mundial, a agricultura tem como desafio aumentar lucratividade e competitividade da produção. Segundo Moreira (2019), cerca de 30% da área total do planeta consiste em solos ácidos e, desses, 50% são cultiváveis, tal fato poderia significar limitação para a produção agrícola em muitas regiões do mundo.

Nesse sentido, a agricultura de precisão é uma das tecnologias adotadas nos processos de modernização da agricultura, a qual consiste em um conjunto de tecnologias para a aplicação localizada da quantidade correta dos insumos no momento adequado, sem comprometer a produtividade da agricultura, tornando-se uma importante ferramenta para o agricultor. Para se executar essa prática, é necessário estabelecer a quantidade adequada de calcário para a operação agrícola, com base nos atributos químicos e físicos do solo (MANFROI, 2020).

2.2.1 Aplicações do calcário

O calcário é usado para produzir fertilizantes, cimento, bicarbonato de cálcio para indústrias químicas, farmacêuticas, por exemplo para fabricação de tintas, alvejantes, ligas metálicas e construção civil, também é utilizado como corretivo de solos. Na agricultura o calcário moído é aplicado no solo na correção da acidez e promoção do crescimento das plantas (MORAES, 2020).

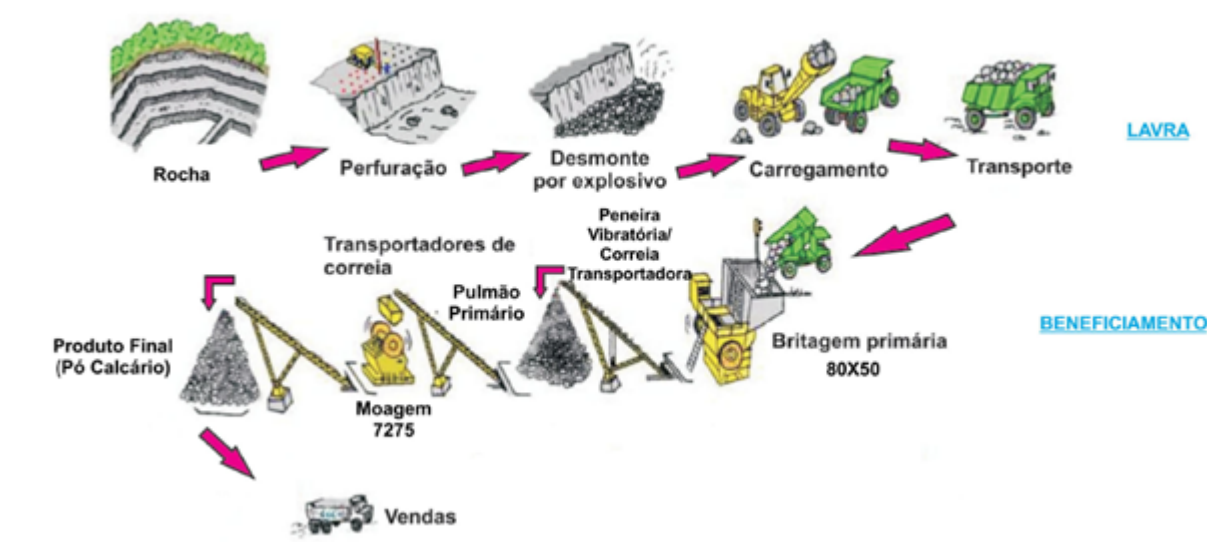
Na indústria do aço, as principais funções do calcário consistem em escorificar as impurezas da carta e diminuir a temperatura de fusão da mesma. Na indústria de cimento, para cada tonelada produzida, são necessárias 1,4 toneladas de calcário (LINS, 2007). O carbonato de cálcio é empregado como extensor sendo fundamental na composição de tintas, na indústria cerâmica. A aplicação do calcário calcítico ou

dolomítico na composição das massas cerâmicas fornece ao produto uma redução nas expansões térmicas e por umidade(MORAES, 2020).

2.3 Etapas de produção

A Figura 1 apresenta as etapas a partir da rocha até a venda no beneficiamento do calcário, as quais serão descritas nas próximas subseções.

Figura 1 – Fluxograma das etapas de beneficiamento do calcário.



Fonte: Mineração de Calcário Montividiu Ltda, 2016.

2.3.1 Rocha

Nesta etapa existem as fases de sondagem, em que será identificado o calcário no solo, em seguida a decapagem do solo, onde será retirada toda a camada de terra e conteúdo até chegar na rocha, uma preparação para a etapa de perfuração.

2.3.2 Perfuração

Após decapagem do solo na etapa de rocha, tem-se a etapa de perfuração. Nessa etapa é feita perfurações no solo, sendo que a extração das rochas do calcário é feita por uma perfuratriz pneumática, para colocar os explosivos a fim de preparar para a etapa de desmonte por explosivos.

2.3.3 Desmonte por explosivo

Após a realização de perfurações no solo na etapa de perfuração, executa-se a etapa de desmonte por explosivos. Nesta etapa é executado a detonação, em que são acionados os explosivos que foram colocadas dentro das perfurações.

A dureza do calcário impossibilita o seu desmonte unicamente por meios mecânicos, requerendo a perfuração na rocha e a utilização de explosivos, de modo a promover o fraturamento e o desmonte da rocha para geração do minério bruto.

2.3.4 Carregamento

Finalizada a etapa de desmonte por explosivos, é obtido pedras menores do minério bruto para realização do carregamento da matéria prima. O carregamento da rocha de calcário é feito através de uma pá carregadeira sobre pneus, adequada à escala de produção prevista e às características da rocha. A produção por hora da lavra é fornecida pela equação [1], utilizada na engenharia de minas.

$$C = \frac{V_c * R_m * R_h * F_e * 60}{T_c * E} \quad [1]$$

onde:

- C – Produção horária (m^3/h);
- V_c – Volume da caçamba = $1,80m^3$;
- R_m – Fator de disponibilidade mecânica = $0,80h/dia$;
- R_h – Fator de rendimento horário = $0,85m^3/h$;
- F_e – Fator de enchimento da caçamba = $0,85m^3$;
- T_c – Tempo de ciclo total (carregamento + manobras) = 2 minutos;
- E – Fator de empolamento = $1,50m^3$.

Dessa forma, a indústria analisada para o estudo de caso possui uma média de produção de 20,81 m³/h.

2.3.5 Transporte

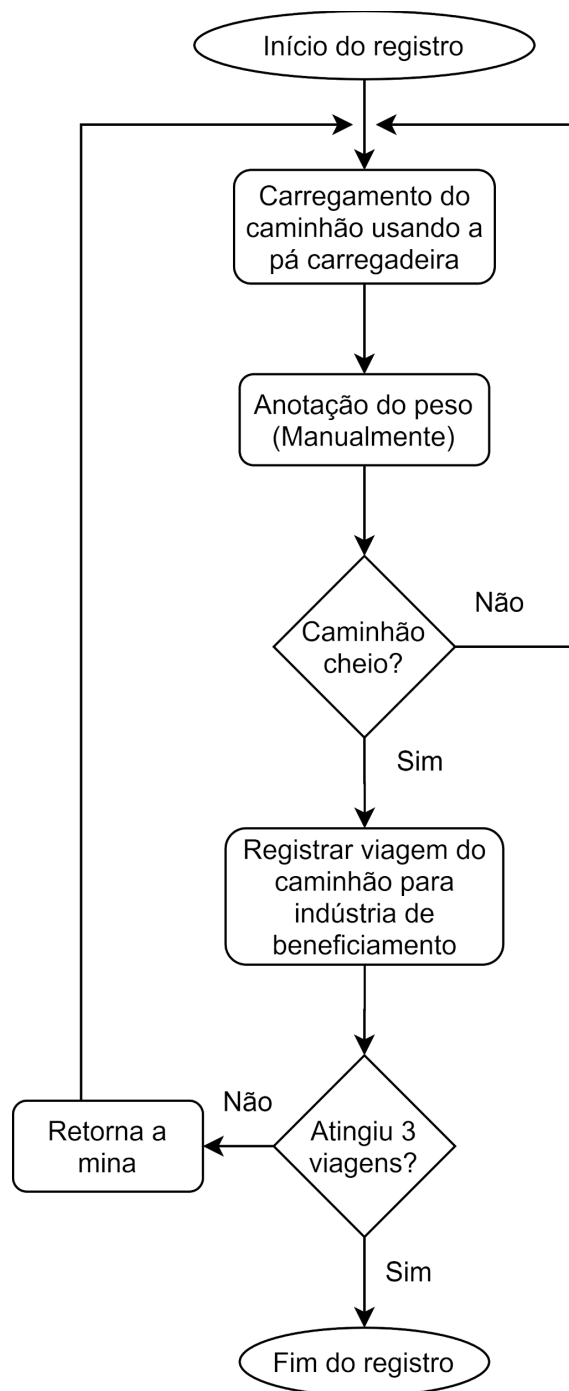
Ao concluir a etapa de carregamento, inicia-se a etapa de transporte do minério para a indústria de beneficiamento realizado com caminhões.

Na etapa do transporte da rocha de calcário existe um fluxo de processos de como é realizado o transporte, Figura 2, onde no início do fluxograma de viagens, o carregamento é feito através de pás carregadeiras que pegam a rocha do calcário da mina e fazem o carregamento no caminhão.

Uma balança existente na concha da pá carregadeira faz a pesagem, que é exibida em um display dentro da cabine da mesma, em seguida o condutor da pá carregadeira informa o valor do peso que está sendo carregado ao condutor do caminhão, que faz anotações em uma planilha dentro do mesmo, somando todos os valores para obter a pesagem total do caminhão.

O condutor faz este ciclo nos três primeiros carregamentos a cada período trabalhado: matutino, vespertino, noturno. Após isso, o condutor faz a média dos três carregamentos e alimenta a planilha com este valor nas demais viagens, finalizando a última etapa realizada na lavra.

Figura 2 - Fluxo do registro de viagens.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Finalizado o registro da viagem, o caminhão realiza o transporte do minério até a indústria de beneficiamento para a etapa de britagem primária.

2.3.6 Britagem primária

A planta de beneficiamento é composta por uma linha contínua de britagem, que é alimentada pelas rochas de calcário trazidas pelos caminhões da etapa de transporte. O caminhão realiza a efusão do material no britador primário, que transforma a matéria prima (rocha calcária) em pedras menores.

O material britado será recolhido pela primeira correia transportadora que contém uma peneira vibratória, onde será realizado a separação do material alterado/terra (rejeito-expurgo), que é transportado através de tubulações e descartado em um local apropriado.

Após a separação do material, o minério é encaminhado para um local apropriado na indústria utilizando uma correia transportadora, formando um pulmão primário.

Uma pá carregadeira faz a coleta do material para realizar o despejo em uma balança de fluxo contínuo, direcionada para uma segunda correia transportadora que leva o material até um rebitador (Moagem).

2.3.7 Moagem

Depois de ser rebitado, o material é inserido diretamente em uma terceira correia transportadora, sendo encaminhado o pó calcário para a pilha pulmão (produto final), sendo esse comercializável como pó calcário corretivo de solo.

O funcionamento da produção é geralmente realizado em turnos de 8 horas diárias durante 22 dias por mês de segunda-feira a sexta-feira. A capacidade de

processamento de uma produção mensal é em média de 30.000 t/mês de rocha britada para corretivo de solo.

2.3.8 Venda

Após todo processo executado, realiza-se a venda do produto final, para isso utiliza-se uma balança rodoviária para que o caminhão do comprador seja pesado na entrada da indústria. Em seguida, é realizado o carregamento do produto final por uma pá carregadeira, e após o carregamento é realizado uma nova pesagem para realizar o registro e faturamento da quantidade do calcário a ser vendido.

2.4 Manufatura

As atividades manuais presentes no fluxo do registro de viagens de fato gera algumas dificuldades e imprecisões, por exemplo: (a) Controle da produção, em que a pesagem em processos industriais poderiam proporcionar um maior controle de produção, evitando desperdício de insumos e matéria prima; (b) Gestão de estoque, em que falhas da pesagem ou imprecisões afetam a gestão de estoque; (c) Redução de custos operacionais, é dimensionar corretamente o custo receita e despesas; (d) Otimização de processos que existem sistemas de pesagem em que registra valores automaticamente; e (e) Conformidade legal: em que os transportes de cargas são regulados e fiscalizados.

2.5 Trabalhos relacionados

Nas próximas seções serão apresentados os trabalhos relacionados a este trabalho.

2.5.1 Estudo do processo de mineração do calcário

O trabalho de conclusão de curso **Estudo do processo de mineração do calcário** apresentou um estudo feito na empresa Minerado e Indústria Carbomil Química S.A., que tem uma Matriz na região da Chapada do Apodi, em Limoeiro do Norte. A empresa trabalha com a mineração de calcário, em que seu objetivo é a transformação da rocha de calcário (matéria prima), para a comercialização de produtos fabricados a partir do calcário para o mercado. São estes produtos cálcio, óxido de cálcio e hidróxidos de cálcio, em que todo o processo é acompanhado por um setor de qualidade, que são tratados como prioridades: a preocupação com a degradação do meio ambiente e medidas que possam abranger possíveis danos (REGIS, 2019).

Foi realizado um estudo com o acompanhamento dos setores presentes na empresa, por exemplo, extração do recurso mineral, setor produtivo, qualidade e logística (REGIS, 2019).

Para o estudo foram realizados testes de peneira, de cor e distribuições granulométricas, com o objetivo de obter análises físicas do mineral através da separação do mesmo. A finalidade das análises laboratoriais consistiu em monitorar a perda por calor e na amostragem de produtos químicos produzidos a partir do calcário (REGIS, 2019).

As análises laboratoriais foram realizadas através da separação por análises físicas que foram feitas com testes de peneira, teste de cor e distribuições granulométricas, e em seguida foram feitas análises químicas em que foram analisadas a perda por calor e amostras de produtos químicos (REGIS, 2019).

Foram realizados acompanhamentos dos principais setores da empresa: micronização, fornos, hidratação e laboratório químico, com o acompanhamento do processo desde o recebimento de calcário até o estoque do produto final. O setor laboratorial foi o setor de maior acompanhamento, pois os processos de cada produto fabricado na empresa foram acompanhados, além dos registros destas análises com fórmulas químicas ou físicas em uma planilha Excel (REGIS, 2019).

Foi verificado que alguns pontos, como o uso de EPIs, mostraram que a empresa está atenta com o bem-estar do funcionário. Além disso, nos processos que

utilizam fornos a lenha existe uma preocupação em buscar madeira de reflorestamento. Um ponto que ficou como incentivo para melhoria da produção, foi no sistema de instrumentação e controle que poderia conceder um aumento de produção e diminuição das perdas (REGIS, 2019).

2.5.2 Avaliação da eficiência de peneiramento e perdas de produtividade em usina de beneficiamento de calcário

No trabalho de conclusão de curso **Avaliação da eficiência de peneiramento e perdas de produtividade em usina de beneficiamento de calcário** foi apresentado a relação entre a queda de produtividade da usina de beneficiamento relacionada com a umidade, e também proporcionar melhorias como as trocas das calhas por outras com menor aderência à umidade, troca de peneiras que não concentre todo material despejado somente no meio nas etapas de beneficiamento da empresa chamada Mario Razzera & cia LTDA (RODRIGUES, 2019).

Foram utilizadas ferramentas para medir, quantificar e determinar as relações existentes do problema de umidade no beneficiamento do calcário, melhorando significativamente a produção. As análises foram feitas através de amostras retiradas de calhas que fazem a alimentação de moinhos, do material que foi retido em peneiras e do passante nas mesmas, além da produção resultante. Foram realizadas análises em dias de climas diferentes, por exemplo dias chuvosos e em dias ensolarados, a fim de identificar variações na produção relacionada ao clima (RODRIGUES, 2019).

Foi possível saber que uma porcentagem de umidade interfere diretamente no beneficiamento do calcário. Percebeu-se que, na linha da produção nunca tiveram o dimensionamento da produção em toneladas por horas, sendo que antes tinham apenas uma estimativa de quanto se produziu, de 38 a 40 toneladas por hora. As medidas da vazão de material apontaram um resultado de 28,4 toneladas por hora, o que surpreendeu a empresa que achou baixo em relação ao que acreditava ser produzido (RODRIGUES, 2019).

As análises apontavam os motivos, algumas montagens sendo feita na empresa e haveria falta de alguns materiais, ou seja, sua produção não estava no

pico, além de falhas mecânicas como quebra de alguns motores, grelhas, martelos, rotores e rompimento de correio (RODRIGUES, 2019).

Durante a pesquisa os problemas foram sendo apontados para que a empresa pudesse melhorar seu planejamento em relação à produção, e consequentemente aumentasse o lucro, minimizando as perdas durante o processo de produção do calcário (RODRIGUES, 2019).

2.5.3 Processo da implantação de um software de gerenciamento de fretes em uma indústria de calcário agrícola

O artigo **Processo da implantação de um software de gerenciamento de fretes em uma indústria de calcário agrícola** focou na demonstração de um software de gerenciamento de fretes, utilizada como ferramenta de gestão da informação em 2019, em um escritório administrativo de uma indústria de calcário agrícola. Foi utilizado o método indutivo, em que foram observadas premissas que passam do individual para o geral, a fim de identificar acontecimentos da realidade com base na natureza aplicada (OLIVEIRA; SILVA; BRASILEIRO, 2019).

Os processos aplicados na utilização do software, desde processos de cotação às análises de propostas e demais atividades relacionadas ao processo. Para o funcionamento do software de maneira precisa, foi necessário que os usuários inserissem os dados de forma precisa e correta. O sistema desenvolvido foi mobile integrado com um ERP da empresa, em que sua função foi gerenciar e organizar processos de contratações de fretes de ponta a ponta (OLIVEIRA; SILVA; BRASILEIRO, 2019).

O trabalho mostrou que o software forneceu funções e módulos necessários nos processos, e incluiu todos os processos relacionados a logística, otimização de processos, melhor controle das operações, comunicação eficaz, centralização de informações, diminuição de retrabalho, segurança e troca eletrônica de dados. A implantação do software resultou em facilidade na transferência de informações com garantia de autenticidade (OLIVEIRA; SILVA; BRASILEIRO, 2019).

2.5.4 INDÚSTRIA 4.0: Um novo paradigma para a indústria

O artigo **INDÚSTRIA 4.0: Um novo paradigma para a indústria** teve como objetivo demonstrar e explorar os conceitos da Indústria 4.0, suas principais áreas de atuação, consequências geradas e os efeitos gerados no século XXI. O artigo mostrou que a Indústria 4.0 surgiu para modernizar, facilitar, e aumentar a produção de indústrias, devido ao aumento da população mundial (LIMA; PINTO, 2019).

O artigo foi elaborado através de pesquisas em outros artigos da área, livros, teses e materiais relacionados à Indústria 4.0, apresentando a situação das indústrias diante do avanço e popularização da internet (LIMA; PINTO, 2019).

O resultado obtido foi que algumas indústrias não evoluíram com o tempo, e que se estas empresas não evoluírem tecnologicamente, podem correr o risco de perderem espaço, principalmente a nível global (LIMA; PINTO, 2019).

A resposta para problemática acerca de políticas globais para melhores produtos e serviços, podem ser percebidas em países de ponta, em que está diretamente ligada à capacidade de investimentos, qualificação profissional e outros fatores que são necessários para a implantação da Indústria 4.0. Um exemplo dessa evolução é percebido em grandes países como Alemanha, EUA e China que criaram políticas de investimentos, incentivos e qualificações profissionais; visto que o Brasil se compararmos com estes países há uma deficiência; podendo perder um importante mercado produtor (LIMA; PINTO, 2019).

2.5.5 INDÚSTRIA 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção

O artigo **INDÚSTRIA 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção** objetivou analisar as políticas de implantações mais recentes da evolução industrial na indústria. No trabalho foram detalhados e abordados os aspectos da Indústria 4.0 do cenário atual abordando a características de indústrias atuais como SMED, Kanban e Lean (BORLIDO, 2017).

Foi possível caracterizar e sintetizar informações sobre o sistema de manutenção destas indústrias. O momento atual foi abordado pelo autor como “Pré – Indústria 4.0”, identificando assim todos os requisitos para implantação de um sistema

de manutenção, que envolva virtualizações e descentralizações da chamada nova era industrial (BORLIDO, 2017).

As vantagens da Indústria 4.0 foram levantadas e abordadas principalmente no setor de automóveis, pois a elevação tecnológica apresentada proporcionou inúmeras vantagens relacionadas aos níveis de flexibilização e tempos de resposta, comparando com modelos passados que esta característica não era possível (BORLIDO, 2017).

2.5.6 Análises dos trabalhos relacionados

Os trabalhos relacionados à Indústria 4.0 e suas aplicações, principalmente na indústria de calcário, trouxeram uma maior familiaridade com o problema a ser considerado, além de trazer alguns pontos de semelhanças e diferenças entre variadas indústrias do mesmo e de outros ramos. Considerando que, soluções tecnológicas tem suas particularidades se tratando de diferentes negócios, as semelhanças tratadas nestes artigos é de que todos buscam a redução da probabilidade de erros e o aumento da produção.

Várias questões como controle de produção, gestão de estoques, redução de custos operacionais, otimização de processos e gestão de logísticas, estão presentes indiretamente ou diretamente em cada trabalho, e estão apropriadas a cada empresa de acordo com suas políticas.

Foi possível observar uma forte tendência de automação e evolução tecnológicas presentes nos vários processos industriais discutidos.

3. PROPOSTAS DE SOLUÇÃO

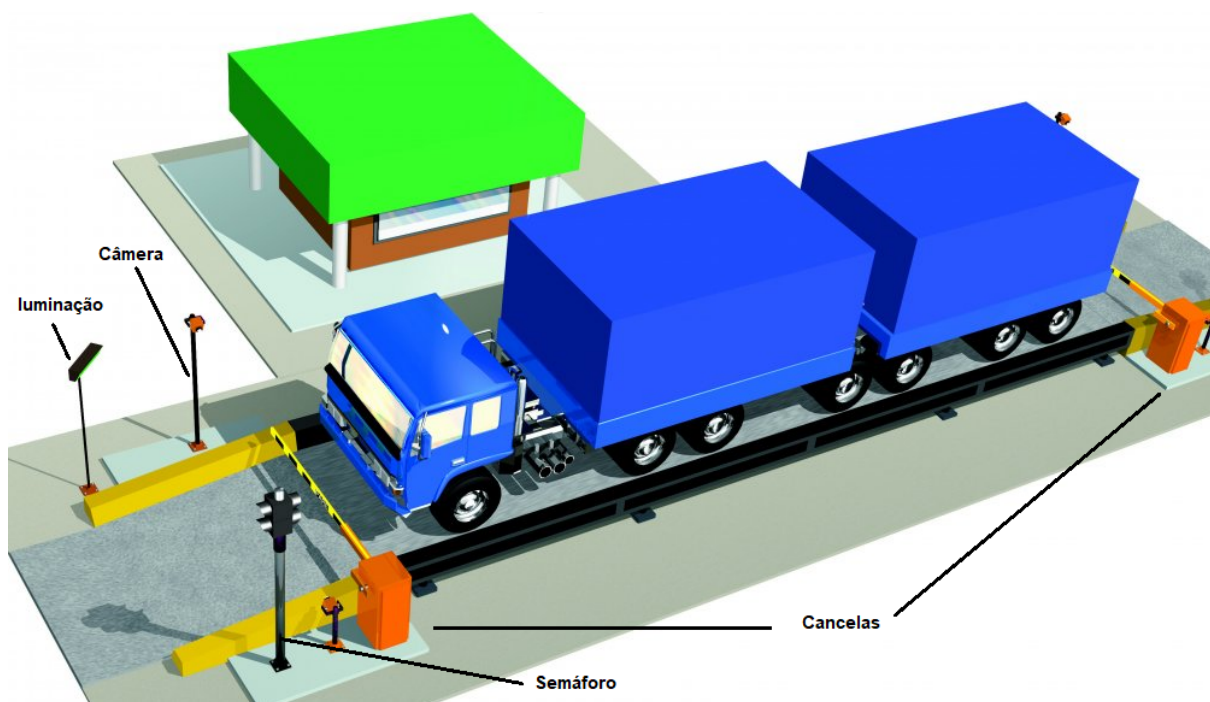
Este capítulo apresenta as propostas de soluções relacionadas a este trabalho.

3.1 Balança integradora com semáforo

Na etapa de transporte do calcário, a balança rodoviária integrada com semáforos permite registrar o número de viagens e a quantidade carregada por cada caminhão. Para realizar o processo de pesagem do calcário, após o processo de carregamento na lavra, registra-se o peso do caminhão sem carga (tara), para subtrair a carga total, resultando na quantidade de calcário que foi carregada.

No início da pesagem, o caminhão é carregado com calcário por uma pá carregadeira e encaminhado à balança rodoviária, onde duas cancelas certificam que o caminhão esteja posicionado corretamente, conforme a Figura 3. Após o caminhão ser posicionado, o semáforo com sinal vermelho indica ao condutor do mesmo que a pesagem está sendo realizada.

Figura 3 – Balança rodoviária com duas cancelas.



Fonte: SETCESP, 2019.

Uma câmera instalada próximo à balança, classifica e identifica a imagem da placa do veículo, registrando data e hora em que o veículo foi pesado. Em seguida, é realizado a pesagem em que a balança comunica com um computador, informando dados como peso de entrada, peso de saída, horário, data, placa do caminhão e código da pesagem através de um software, como exemplificado na Figura 4.

Figura 4 – Tela de pesagem no sistema.

TOTOVS D&L - 01.9.5078 | Portaria - [Pesagem]

Operação Cadastros Consultas Manutenção Depot Portal WEB Ajuda

CESV/CESP Pesagem Pesagem Avulsa Transit-time Consultas Comp. Férrea Pré-cadastro Sair

Veículo: ABC1111 Reboque: Ano: 2018 Cesv: 0003522

Operação: DESCARGA
Sub-Operação: DESCARGA GRANEL SOLIDO

Veículo Placa : ABC1111, Ult. Pesagem 170
Peso de Entrada : 170
Peso de Saída :

Balança: INEXISTENTE F4 - Alterna Balança
Peso: 170,0000000 1ª Pesagem
Data: 03/09/2018
Hora: 18:32:22 Balança não conectada.
Obs.:

Container Documentos

Doc. de Entrada	Pesagem	Peso Bruto

Peso Documental: ,00

Tara: 0,0000000 Peso Liq. 2ª: 0,0000000 Peso Liq. 3ª: 0,0000000
Carga/Descarga Prevista: Não Informado
Natureza de Carga: CARGA SOLTA

Inserir Editar Excluir Ticket Pesagem Ticket CESV Gravar Fechar

Código	CESV	Placa	CESV	Ano	Nº Ticket	Peso	Data	Tipo	Ordem	Container	Documento	Controle
18	2018V0003522		0003522	2018	18/000010	170,0000000	03/09/2018 18:32:22	AT		1		19

Fonte: *Print screen* do software TOTVs, 2018.

Após os dados serem coletados e informados ao sistema, o semáforo irá alterar a cor para verde e irá liberar as cancelas, indicando a finalização da pesagem, com isso o condutor poderá seguir para a próxima etapa do beneficiamento de calcário.

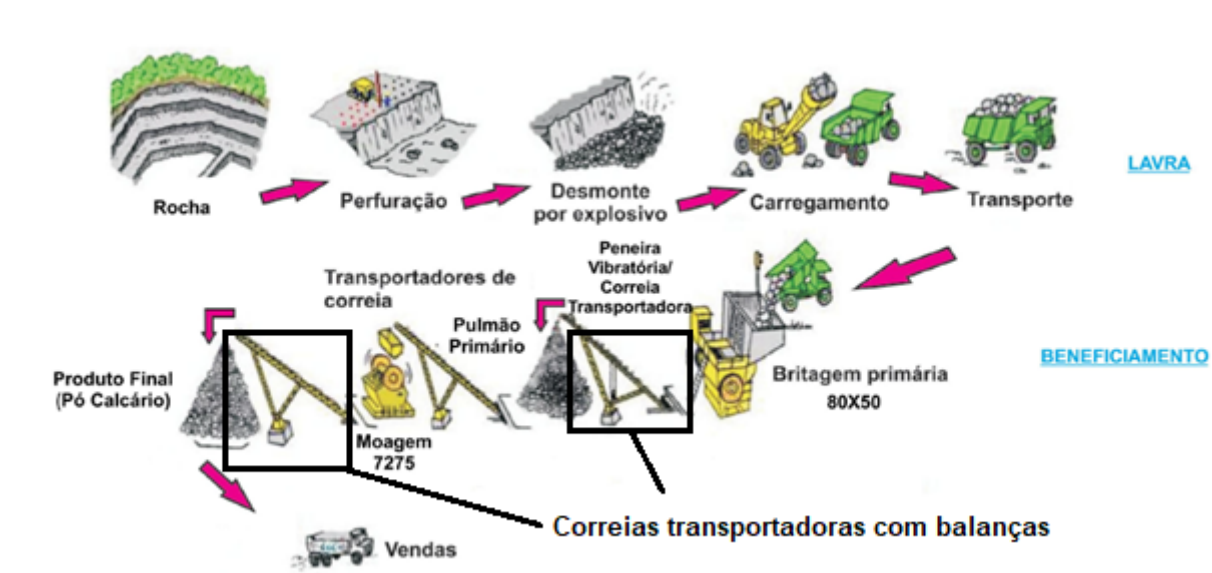
Segundo Urano (2020), a aquisição de uma balança rodoviária com características similares a esta custa aproximadamente 384 mil reais.

3.2 Correia transportadora com balança

Conforme a Figura 5, nas etapas de beneficiamento do calcário estão presentes três correias transportadoras entre: (a) britagem primária 80x50 e pulmão primário; (b) pulmão primário e moagem 7275; e (c) moagem 7275 e produto final.

A proposta de solução é a instalação de duas correias transportadoras com balanças, Figura 5, possibilitando o acompanhamento e monitoramento da produção da indústria.

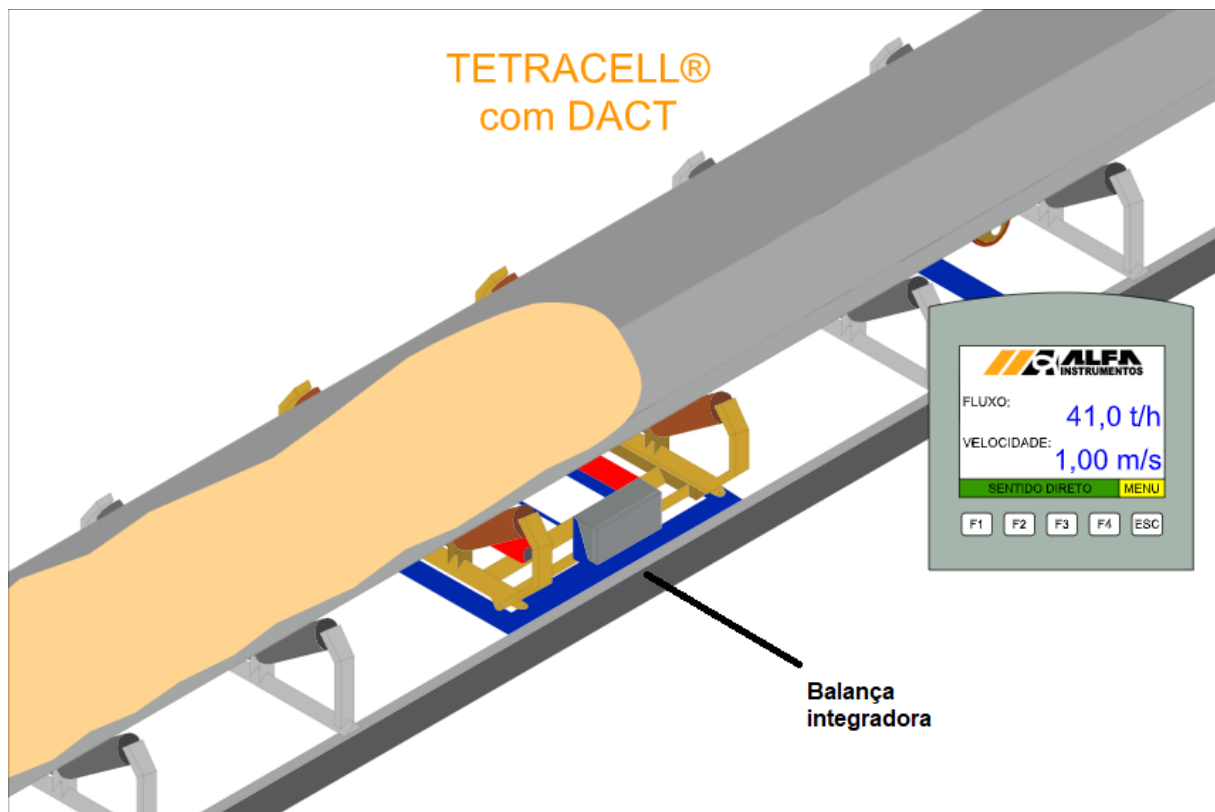
Figura 5 – Fluxograma das etapas com correia transportadoras com balança.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O dispositivo pode fazer a pesagem do material conduzido pela esteira, conforme exemplificado na Figura 6, sendo o registro do peso realizado em um computador.

Figura 6 – Balança integradora



Fonte: Tetracell, 2019.

O fluxo da pesagem é fornecido em toneladas por horas, podendo variar de acordo com a velocidade em que a esteira se movimenta. Ao passar o material transportado pela esteira, a balança informa os dados para um computador que realiza o registro.

O computador deve estar conectado a um calibrador, responsável por informar e monitorar a quantidade desviada durante o transporte do material na esteira. O registro da produção é informado de forma imediata no sistema, alimentando o estoque com a quantidade produzida. Segundo Rural (2020), a aquisição de uma balança integradora com características similares a esta custa aproximadamente 299 mil reais.

3.3 Balança de fluxo

Na Figura 1 há a presença de dois britadores nas etapas de britagem primária e moagem, que fazem o derramamento do material de forma direta na correia transportadora em ambas as etapas, não registrando e informado o desvio que o rejeito proporciona a toda cadeia produtiva.

Abaixo desses dois britadores é possível a instalação de balanças de fluxos, permitindo comunicar e informar o fluxo do material, como exemplificado na Figura 7.

Figura 7 – Balança de fluxo



Fonte: Tetracell, 2019.

A balança de fluxo é composta por duas comportas acionadas através de válvulas pneumáticas. O material é despejado na primeira comporta que ao encher, derrama o material para a segunda comporta, até chegar em sua capacidade máxima, definida de acordo com o modelo de produção.

O equipamento informa para um computador o fluxo monitorado, em toneladas por horas do material, quando esse fluxo é completado um ciclo é contado. Segundo Rural (2020), a aquisição de uma balança de fluxo com características similares a esta custa aproximadamente 60 mil reais.

3.4 Ensacador automático

Após a etapa de moagem, apresentado na Figura 1, o material é despejado diretamente para uma correia transportadora de calcário em pó, para a comercialização do produto.

Nesta etapa, para a melhoria no beneficiamento do calcário utiliza-se um ensacador automático instalado e posicionado após a correia transportadora, proporcionando praticidade e precisão na contagem, já que a atual linha de produção não realiza o registro da pesagem do material transportado durante a produção.

O ensacador automático permite que duas caçambas internas para pesagem, façam o despejo do material a ser ensacado, como exemplificado na Figura 8.

Figura 8 – Ilustração do ensacador automático



Fonte: Alfa Instrumentos, 2017.

O equipamento é totalmente automatizado, onde sensores detectam a presença do material e realizam o despejo na saca. A produção é dada em sacas/hora que é realizada por um contador, que faz a contagem de cada saca de 25 quilos produzidos. Segundo Gilmaq (2020), a aquisição de um ensacador automático com características similares a esta custa aproximadamente 7,5 milhões de reais.

4. IMPACTOS DA SOLUÇÃO

Este capítulo apresenta os possíveis impactos da solução relacionadas a este trabalho.

4.1 Impacto da balança integradora com semáforo

A implantação da balança integradora com semáforos pode afetar várias áreas, começando pela manufatura, de modo que com as mudanças realizadas o registro da pesagem não será realizado manualmente, por meio de planilhas dentro da cabine, pelo operador da pá carregadeira e o condutor do caminhão, sendo o registro realizado por um computador de forma precisa e sem interferências humanas.

Os dados inseridos com uma maior precisão no sistema possibilitarão o uso de ferramentas como *Business Intelligence* (BI) para análise da produção e previsões, não necessitando de inserções manuais das pesagens para compensar a relação do total das vendas e a produção.

Para a manutenção preventiva de ativos, será possível estabelecer o tempo de vida e o tempo das manutenções de cada caminhão, garantindo o funcionamento dos caminhões na etapa do carregamento.

Um dos pontos negativos é o alto custo para implantação da balança rodoviária, por ser feito de forma personalizada de acordo com o tamanho do caminhão, segmento e necessidade. Podem apresentar falhas na leitura e reconhecimento da placa de cada caminhão, em que ocasiões que a placa do caminhão contenha algum tipo de sujeira dificultando as identificações em algumas placas.

A mudança nas etapas do transporte tem como responsabilidade registrar toda a movimentação do calcário da mina para indústria, proporcionando melhorias no controle da produção, evitando desperdício de insumos e matéria prima, disponibilizando um controle de estoque, e proporcionando conformidade legal.

A mudança também acarretará impactos na área contábil, pois há a presença de impostos e tributos sobre a quantidade da produção e da venda do produto comercializado.

Dessa forma, a quantidade de viagens será definida com maior precisão, visto que toda viagem realizada pelo caminhão da lavra para a indústria do beneficiamento será registrada.

4.2 Impactos da implantação da correia transportadora com balança

A necessidade da pesagem do material no beneficiamento do calcário tem como objetivo diminuir as imprecisões existentes no atual cenário. Com uma balança integrada na correia transportadora logo após a etapa de moagem, possibilitará a coleta da quantidade produzida em tempo real, processo sem mão de obra, mecanismo seguro com retenção de pesos e confiabilidade dos resultados.

A desvantagem da implantação desta solução é o alto custo de aquisição dos equipamentos, infraestrutura e manutenção que a balança necessita.

4.3 Impactos da balança de fluxo

A instalação de balanças de fluxo nas etapas permitirá o monitoramento do fluxo da produção, não somente do material aproveitado, mas também da quantidade de rejeito que é descartado. O material descartado pode ser reaproveitado na indústria de fertilizantes, podendo gerar lucro e evitando o desperdício com medições precisas e confiáveis.

O aumento da precisão da produção pode proporcionar melhorias como em tomadas de decisões adequadas, além de manter a conformidade legal sem problemas de auditoria internas e externas. A detecção do desgaste de equipamentos da balança de fluxo pode ser identificada através de calibrações periódicas.

A desvantagem apresentada na balança de fluxo é a necessidade constante de calibração do equipamento, pois o mesmo pode sofrer desgaste ou estresse mecânico e apresentar desvios de medições.

O consumo de energia elétrica é considerável médio, em que há presença de motores elétricos para operar as comportas do equipamento. O custo é considerado médio para aquisição do equipamento, instalação e manutenção necessárias à curto prazo.

4.4 Impactos do ensacador automático

A utilização do ensacador automático na linha de produção, após a etapa de moagem, ou seja, com o produto pronto para a comercialização, possibilita a redução na quantidade de profissionais para manter a linha em sua velocidade de produção.

A instalação do equipamento proporciona além da organização, facilidade no armazenamento e controle do produto ensacado, o equipamento incorre baixos custos para aquisição e manutenção em curto prazo.

A utilização do produto ensacado pode ser também uma desvantagem para clientes produtores rurais, que fazem a utilização do calcário a granel em grandes quantidades com seus caminhões para a pulverização, podendo dificultar a praticidade na hora do uso, em que será necessário a abertura de várias sacas do produto.

É considerado também a estrutura física de saída do equipamento para saca, podendo haver empolamento do produto em pó, em que o calcário em pó não oferece tanta fluidez por conta do fator de empolamento como sua característica.

O custo do uso da energia elétrica para o funcionamento do ensacador automático é alto devido a força que os motores exercem para o funcionamento do equipamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Indústria 4.0 na produção de calcário certamente é uma ferramenta eficiente para a produção, automação, engenharia de minas e outras áreas de conhecimento.

Apesar da Indústria 4.0 ser uma área de estudo relativamente nova, avanços estão sendo realizados para melhorá-la e integrá-la às diversas aplicações, sendo que no beneficiamento do calcário pode proporcionar melhores resultados relacionados a produtividade e aproveitamento, se compararmos a sistemas de produção que não fazem o uso destas aplicações.

Este trabalho demonstrou a necessidade da indústria de calcário resolver problemas relacionados às etapas de beneficiamento da mesma, e quais aspectos podem impactar estas aplicações industriais com intuito de melhorar a produção.

As propostas de soluções apresentadas em várias áreas da produção, por exemplo a balança integradora com semáforo, fazem a abordagem dos problemas relacionados a etapa de transporte oferecendo como benefício, maior controle e precisão relacionados a pesagem e registro de viagens de caminhões envolvidos no processo produtivo da indústria.

Nas etapas de britagem primária e moagem apresentou-se como solução a troca das correias transportadoras atuais, pela instalação de correias transportadora com balança, realizando a pesagem do material conduzido por toda a esteira, registrando os dados em um computador. Com isso, pode-se obter o controle e a precisão do fluxo de material durante as etapas de beneficiamento.

A balança de fluxo também é apresentada como solução nas etapas de britagem primária e moagem. O equipamento consiste em informar o fluxo do material que é pesado no mesmo através de comportas acionadas por válvulas pneumáticas. A balança é ligada diretamente a um computador, proporcionando controle e precisão do registro do fluxo do material que passa no equipamento.

Na etapa após a moagem é apresentado como proposta de solução a utilização de um ensacador automático, para coletar o material para dentro do equipamento que realiza o despejo do material na saca, realizando a contagem por hora de quantas sacas são produzidas.

Entretanto, neste trabalho obteve-se como desvantagem o alto custo de alguns equipamentos e sistemas. A Indústria 4.0 pode mudar e melhorar a forma do beneficiamento do calcário e de outros segmentos semelhantes, melhorando a comunicação, tempo e monitoramento de processos existentes em uma Indústria.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Estudar e aplicar os conceitos de *Internet das Coisas*, sistemas cibernéticos e armazenamento em nuvem para melhorar a produtividade e inviolabilidade dos dados para garantir a segurança da produção;
- Testar e integrar ferramentas da Indústria 4.0 para permitir a comunicação entre os equipamentos.

REFERÊNCIAS:

BORLIDO, David José Araújo. **Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção**. 2017. 77 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2017.

BRASIL, Metso. **Calcário: 7 fatos sobre a importância do calcário agrícola no país**. 2020. Disponível em: <https://www.metso.com/br/blog/agregados/conheca-7-fatos-sobre-a-importancia-do-calcario-agricola-no-pais/>. Acesso em: 11 abr. 2020.

COLUSSI, Joana. Entenda como é produzido o calcário, insumo essencial para a correção de solo. **Gauchazh: Da rocha ao pó**. De Caçapava do Sul, p. 1-6. jun. 2019.

CESÁRIO NETO, Euler Daltro. **OS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA MINERAÇÃO**. 2019. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – Mg, 2019.

ESCOLA BRITANNICA. **Calcário**: artigo. 2020. Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/calcario/481747>. Acesso em: 15 set. 2020.

GADIOLI, Monica Castoldi Borlini; CAMARGO, Jefferson Luiz; DRUMOND, Renata Costalonga; OLIVEIRA, Vitória Izabela Schrioder de; VIDAL, Francisco Wilson Hollanda. **CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS PARTICULADOS AMOSTRADOS PRÓXIMOS AOS PROCESSOS DE EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO**. 2020. Disponível em: <https://www.tecnologiammm.com.br/article/10.4322/2176-1523.20191926/pdf/tmm-16-Especial-5e2b4c190e8825a01d7a09c5.pdf>. Acesso em: 26 set. 2019.

GILMAQ. **Ensacadora Automatizada**. Disponível em: <https://zipanuncios.com.br/ads/ensacadeira-automatizada-temporizada-ensaca-areiapedrascalcarioaduboterra-vegetal-gilmaq/>. Acesso em: 8 dez. 2020.

HARADA, Eduardo. **Indústria 4.0: entenda quais são as tecnologias e os impactos da Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <https://www.profissioaisti.com.br/industria-4-0-entenda-quais-sao-as-tecnologias-e-os-impactos-da-quarta-revolucao-industrial/>. Acesso em: 25 nov. 2020.

LANTMANN, Áureo. **Calcário: não basta aplicar, é preciso entender sua importância**. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/calcario-nao-basta-aplicar-e-preciso-entender-sua-importancia/>. Acesso em: 20 dez. 2020.

LIMA, Alison Gustavo de; PINTO, Giuliano Scombatti. **INDÚSTRIA 4.0. Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 16, n. 2, p. 299-311, 26 dez. 2019. Interface Tecnológica. <http://dx.doi.org/10.31510/infa.v16i2.642>.

MANFROI, Cicilio. **O que é agricultura de precisão? Como ela pode ajudar no manejo eficiente?** Disponível em: <https://www.sagri.com.br/blog/agricultura-de-precisao-o-que-e/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

MINERAÇÃO DE CALCÁRIO MONTIVIDIU LTDA. **Requerimento de Autorização de Pesquisa**. Campinaçu, 2016. (Processo n. 860.062/2010).

MORAES, Michelly. **Calcário no Solo: Conheça 5 Tipos e sua Importância!** Disponível em: <https://agropos.com.br/o-que-e-calcario/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

MOREIRA, Wendel Kaian Oliveira. **Módulo computacional para delineamento de mapas de aplicação de calcário a partir dos atributos químicos do solo**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola (Cvl), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - Pr, 2019.

OLIVEIRA, Vinícius Koch; SILVA, Mayara Cristina Ghedini da; BRASILEIRO, Luis Daniel. **PROCESSO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE FRETES EM UMA INDÚSTRIA DE CALCÁRIO AGRÍCOLA**. 2019. 4 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia em Logística, Faculdade Sant'Ana, Ponta Grossa, 2019.

ORTEGA, João. **Indústria 4.0: entenda o que é a quarta revolução industrial**. Disponível em: <https://www.startse.com/noticia/nova-economia/industria-4-0-entenda-o-que-e-quarta-revolucao-industrial>. Acesso em: 1 fev. 2019.

REGIS, Wander Luis Belmino Holanda. **ESTUDO DO PROCESSO DE MINERAÇÃO DO CALCÁRIO**. 2019. 43 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/rn, 2019.

RODRIGUES, João Propício Dutra. **Avaliação da eficiência de peneiramento e perdas de produtividade em usina de beneficiamento de calcário**. 2019. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Mineração, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2019.

RURAL, Mf. **Balança Industrial**. Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/detalhe/398873/balanca-de-fluxo>. Acesso em: 10 dez. 2020.

RURAL, Mf. **Esteira transportadora**. Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/detalhe/222277/esteira-transportadora-de-sacaria-dalla>. Acesso em: 5 dez. 2020.

SETCESP (São Paulo). **Balanças para pesagem de caminhões param de funcionar em postos de fiscalização pelo Piauí**. 2019. Disponível em: <https://setcesp.org.br/noticias/balancas-para-pesagem-de-caminhoes-param-de-funcionar-em-postos-de-fiscalizacao-pelo-piaui/>. Acesso em: 13 nov. 2020.

TELES, Jhonata. **Indústria 4.0 - Tudo sobre a Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <https://engeteles.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 21 out. 2021.

URANO. **Balança Rodoviária**. Disponível em: https://www.superplanador.com.br/balanca-rodoviaria-metalica-linha-rodo-movel-urano?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&sku=mo24&gclid=Cj0KCQiA1KiBBhCcARIsAPWqoSpvp0Ditoto77NEAGIfPPBrOV86vMn7e4qFy0g0iDYBXaiFiOGeO00aAolmEALw_wcB. Acesso em: 15 dez. 2020.

ANEXO A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE PUBLICAÇÃO DE PRODUÇÃO ACADÊMICA



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante MATHEUS ELIAS CAMARGOS
do Curso de CÍRCULO DA COMPUTAÇÃO, matrícula 20191002800420,
telefone: (62) 33555-0843 e-mail matheus.camargos@gmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
APLICAÇÃO DO CONCEITO INDÚSTRIA 4.0 NO BENEFICÍPIO DE
CALCÁRIO, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MOV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 17 de FEVEREIRO de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Matheus Elias Camargos

Nome completo do autor: MATHEUS ELIAS CAMARGOS

Assinatura do professor-orientador: Ludmilla R. P. dos Santos

Nome completo do professor-orientador: Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos