

**PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DE DECANTAÇÃO NO
TRATAMENTO DE CALDO DE UMA USINA DE AÇÚCAR E ETANOL**

***PROPOSAL FOR IMPROVEMENT IN THE SETTING PROCESS IN THE BROTH
TREATMENT OF A SUGAR AND ETHANOL PLANT***

David Gonçalves da Silva – david15-10@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Daniela Rodolpho – danirodolpho@yahoo.com.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/infra.v19i2.1504

Data de submissão: 01/09/2022

Data do aceite: 28/11/2022

Data da publicação: 20/12/2022

RESUMO

Em processos contínuos, a variabilidade é um grande desafio para um bom desempenho. Este artigo aborda, a identificação de um problema de instabilidade no processo de decantação no setor de tratamento de caldo de uma usina sucroenergética e a aplicação de um equipamento de operação automática que sana este problema. O objetivo da proposta foi reduzir a instabilidade processual e através do êxito, alcançar a economia de insumos. Para tanto, usando ferramentas da qualidade, através do Diagrama de Ishikawa, possibilitou a identificação da causa raiz e por meio do ciclo PDCA, a aplicação do novo equipamento de forma clara, eficaz e eficiente. Este projeto gerou inúmeros benefícios pelo fato da estabilidade, pois ao diminuir a variabilidade ganha-se com o aumento da padronização nos processos, como o da especificação do produto e do operacional. Logo, este impacto alcança consideravelmente outros setores, como o financeiro, pela economia na dosagem dos produtos.

Palavras-chave: Qualidade. Estabilidade. Economia. Ciclo PDCA. Diagrama de Ishikawa.

ABSTRACT

In continuous processes, variability is a major challenge for good performance. This article addresses the identification of a problem of instability in the decanting process in the juice treatment sector of a sugarcane plant and the application of an automatic operation equipment that solves this problem. The purpose of the proposal was to reduce procedural instability and, through success, achieve economy of inputs. Therefore, using quality tools, through the Ishikawa Diagram, it made it possible to identify the root cause and, through the PDCA cycle, the application of the new equipment in a clear, effective and efficient way. This project generated numerous benefits due to the fact of stability, because by reducing variability, it is gained with the increase in standardization in the processes, such as the specification of the final product and the operational one. Therefore, this impact considerably affects other sectors, such as finance, due to the economy in the dosage of products.

Keywords: Quality. Stability. Economy. PDCA cycle. Ishikawa diagram.

1 INTRODUÇÃO

A produção de açúcar e etanol vem se destacando em nosso país através das indústrias sucroenergéticas. “O setor sucroenergético brasileiro, no ano de 2019, representou 2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional” (FINGUERUT, 2019).

Diante de um crescimento exponencial, nota-se uma preocupação das organizações, cada vez maior, em desenvolver a gestão da qualidade (FERNANDES *et al.*, 2007). Através de ferramentas da qualidade, identifica-se a ineficiência do preparo do polímero num processo de tratamento de caldo de cana-de-açúcar, especificamente na decantação. Logo, surge a necessidade da aplicação de um sistema de preparo automático desta solução, pois segundo Lima (2017), “um preparo de forma adequada aumenta a eficiência do processo”.

Em uma usina que produz açúcar e etanol, a decantação é uma das etapas de maior importância (ALBUQUERQUE, 2011). Araújo (2017, p. 116) destaca que “a decantação é um processo natural onde a ação da força da gravidade atua sobre as partículas com densidade maior do que a água, arrastando-as para o fundo do recipiente”. Logo, destaca-se as atividades desenvolvidas no tratamento de caldo e a justificativa para a implantação deste sistema automatizado. A necessidade de um novo sistema é importante e a automação beneficia para o desenvolvimento.

Segundo a Prominent (2022) o homogeneizador de polímero automático é configurado pelo usuário através do painel de controle com CLP Siemens integrado, chave de nível tipo boia (3 estágios) e um medidor de vazão tipo rotâmetro, onde torna o sistema mais econômico. Assim, cita-se o caminho tomado para provar e evidenciar as fraquezas e deficiências dos processos em questão, onde é manifesto as ferramentas da qualidade utilizadas para expor estas necessidades e os seus respectivos conceitos.

As etapas para a aplicação das ferramentas da qualidade identificam as causas da raiz de deficiência e a implementação do equipamento. Assim, a importância de cada ferramenta da qualidade no pós implantação, apresenta os fatores benéficos que este sistema gera.

Portanto, este artigo tem por objetivo implantar um homogeneizador automático de polímero floculante, a fim de alcançar a consistência da estabilidade e padronização no processo de decantação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em usinas sucroalcooleiras e açucareiras o processo de tratamento de caldo é a etapa que mais atrai a atenção de líderes e supervisores. O objetivo do tratamento de caldo é eliminar a maior concentração de impureza possível, como terra, bagacilho e outros materiais (HENRIQUE, 2019). A dosagem correta de produtos químicos como: cal hidratado, polímero floculante e ácido fosfórico (quando necessário), são os principais fatores contribuintes para o sucesso em uma decantação, eles necessitam de uma dosagem extremamente rígida quanto a quantidade, pois um tratamento brando quanto a dosagem, implicará diretamente na eficiência da decantação.

Em específico ao polímero floculante, se utilizar uma dosagem abaixo dos parâmetros ideais acarretará uma precipitação fraca e lenta, se ocorrer exatamente o inverso, ou seja, uma dosagem em excesso, acontecerá a repulsão e não floculação, porém, se a dosagem for conforme os parâmetros recomendados, será alcançado êxito com melhor eficiência na precipitação (JANOTTI, 2021). Diante destes fatos, sabendo-se que quando abordamos uma proposta de melhoria, precisamos de um conhecimento amplo e sólido para que todos os caminhos até a melhoria possa ser percorrido, assim, o início deve ser pela identificação de todos os problemas dentro do processo em questão. Guedes (2021) destaca que o processo de identificação inicia a partir do reconhecimento da existência do problema, e para isso é essencial o conhecimento do processo para que possa chegar até o ponto da causa, ou seja, o local exato da causa do problema.

Neste caso foram levantados todos os problemas possíveis que ocasionam uma má decantação através de uma ferramenta da qualidade chamado diagrama de Ishikawa, onde foi destacado a deficiência no preparo e homogeneização do polímero floculante como principal causa para o efeito de instabilidade na decantação. Ao acompanhar o operador de dosagem de produto químico, foi possível identificar também que o processo de homogeneização do polímero floculante é totalmente manual, ocasionando a falta de padronização e estabilidade na concentração do produto. No tocante aos procedimentos para a aplicação da melhoria, foi escolhida uma ferramenta da qualidade que nos possibilitam tomar uma direção por onde dar início em todo o processo e também o seu desenvolvimento, chamado ciclo PDCA.

Existem vários setores que cooperam para a extração do produto final, sendo eles: Moenda (extração de caldo vindo da cana de açúcar), Caldeira (produção de vapores para aquecimento e operação de turbinas), Fermentação (Fermentação do caldo através da

levedura), Destilação (Destilação de vinho centrifugado), Tratamento de Caldo e Fabricação de Açúcar (MACHADO, 2012). Todos setores dependem de muita atenção e rigorosidade para com o processo, porém o processo de tratamento de caldo, exclusivamente a decantação, necessita de uma atenção ainda maior, sendo que o sucesso de todos outros setores que extraem o produto final é fruto de um bom e estável tratamento do caldo. Existem vários processos dentro do tratamento de caldo, porém este artigo irá enfatizar a decantação.

2.1 O Processo

Após o bombeamento do caldo da moenda para o tratamento, é submetido ao processo de sulfitação, onde após o impacto do caldo com gás de enxofre (SO₂) é iniciado um processo químico, que por sua vez, gera a coagulação das matérias coloidais, que farão o arraste das impurezas durante a sedimentação e na desinfecção (MACHADO, 2012). Assim, é injetado cal hidratado para o controle de pH buscando eliminar a acidez e dar início a formação de substâncias insolúveis que precipitam, dando origem a floculação primária (HUGOT, 1969). Em seguida, o caldo é introduzido em aquecedores realizando um aquecimento de aproximadamente 105°C, que posteriormente passará pela evaporação de flash, adentrando ao decantador (COPERSUCAR, 2004). Por fim, é dosado uma quantidade específica de polímero floculante, que possui grande massa molar, para melhorar a floculação, possibilitando decantação rápida e menor volume de lodo decantado (PAYNE, 1989).

2.2 Automação

Automação, do latim Automatus, que significa mover-se por si, é a aplicação de técnicas, softwares e/ou equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial, com o objetivo de aumentar a sua eficiência, maximizar a produção com o menor consumo de energia e/ou matérias primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou das informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse processo ou máquina (AMÉRICO *et al*, 2011, apud MARAFON, 2018).

Esta nova tecnologia terá um papel crucial no desenvolvimento desta proposta de melhoria, pois preencherá lacunas que precisamos para um processo estável, sendo elas: maior qualidade dos processos, aumento da flexibilidade e redução de perdas (FREITAS *et al*, 2020).

Segundo Márcio Venturelli, coordenador técnico do Instituto SENAI de tecnologia e especialista em Digitalização e Indústria 4.0:

O Setor Sucroenergético também evoluiu no quesito Automação Industrial, no início da década de 80 os painéis de controle pneumático foram substituídos por eletrônicos, depois por redes industriais na década de 90 e no início do século XXI, vemos as Usinas com Centro de Operações comandando toda a planta, a partir de tecnologias de Controladores Programáveis, todos conectados em redes de informação e controle (VENTURELLI, 2021, p. 1).

2.3 Polímero Floculante

São produtos sintéticos ou naturais que são comercializados em pó para melhor solvência nas atividades de tratamento de fluídos. De acordo com Cunha (2017), “como a sedimentação natural de partículas finas é lenta, polímeros floculantes são utilizados para desestabilizar cargas e agregar partículas finas e, conseqüentemente, aumentar a velocidade de sedimentação dos sólidos”. Desta forma, as partículas agregadas ganham peso e decantam.

Segundo Quevedo (2016), os polímeros naturais são aqueles encontrados na natureza, ou seja, que não são sintetizados pelo homem através de processos de transformação. Os mais conhecidos podem ser destacados como: Amido, Borracha Natural (Látex), Celulose, Quitina, entre outros.

De acordo com Quevedo (2016), os polímeros sintéticos são aqueles que são produzidos através de procedimentos industriais, de maneira artificial, ou seja, são sintetizados pelo homem. São inúmeros os polímeros sintéticos disponíveis no mercado: Polietileno (PE), Resina Epóxi, Borracha Sintética – SBR etc.

No setor sucroenergético, na etapa de clarificação do caldo os polímeros mais utilizados são os sintéticos chamados poliacrilamidas que são de alto peso molecular e são solúveis em água (LIMA; ESTEVES JUNIOR; CASTILHO, 2014). Ainda segundo Lima, Esteves Junior e Castilho (2014), a diluição do polímero em água deve estar na faixa de 0,03 a 0,1% no tanque de preparo, ou seja, para um tanque de volume de 10 m³ deve-se diluir de 3 a 10 kg de polímero.

2.4 Homogeneizador Automático

Sistemas preparadores de polímeros são desenvolvidos e confeccionados especialmente para polímeros em pó ou em solução (emulsão). Os polieletrólitos são utilizados como auxiliares de floculação numa ampla gama de aplicações onde os sólidos coloidais ou líquidos têm de ser separados de uma maneira econômica. O tanque de

estocagem é subdividido em três câmaras independentes ligadas entre si por um sistema de transbordo, impedindo o transporte de polímero não preparado para o processo (PROMINENT, 2022).

2.5 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta que apresenta cada etapa de um processo deficiente até evidenciar a causa raiz do problema. Segundo Miguel (2006), consiste em uma forma gráfica empregada como metodologia de análise para representar fatores que influenciam (causas) sobre determinado problema (efeito).

Pelo fato de através do processo de análise de causas que levam ao problema costumarem ser muito extenso, nesta ferramenta todas causas são divididas por categorias, podendo ser divididas por causas ou famílias. Segundo Campos (1999), são elas: maquinários, meio ambiente, medidas, materiais, métodos e mão-de-obra.

2.6 Ciclo PDCA

De acordo com Arruda (1997, apud GOMES; GASPAROTTO, 2019), na década de 20, foi criada a ferramenta de qualidade PDCA, conhecida também como ciclo de Shewhart ou ciclo de Deming. Seu idealizador foi Walter Shewhart e ela foi disseminada mais tarde pelo norte-americano William Edward Deming. Segundo Arruda (1997, apud GOMES; GASPAROTTO, 2019), o PDCA é um ciclo que, ao ser implementado constantemente em um processo, possibilita altos níveis de melhorias contínuas de desempenho.

Conhecido pelas iniciais de seu nome, *Plan* (planejar), *Do* (fazer), *Check* (checar) e *Action* (agir), essa ferramenta traz uma grande importância numa proposta de melhoria, pois após repetir todo esse procedimento várias vezes em um determinado processo, é possível chegar ao êxito de uma melhoria contínua.

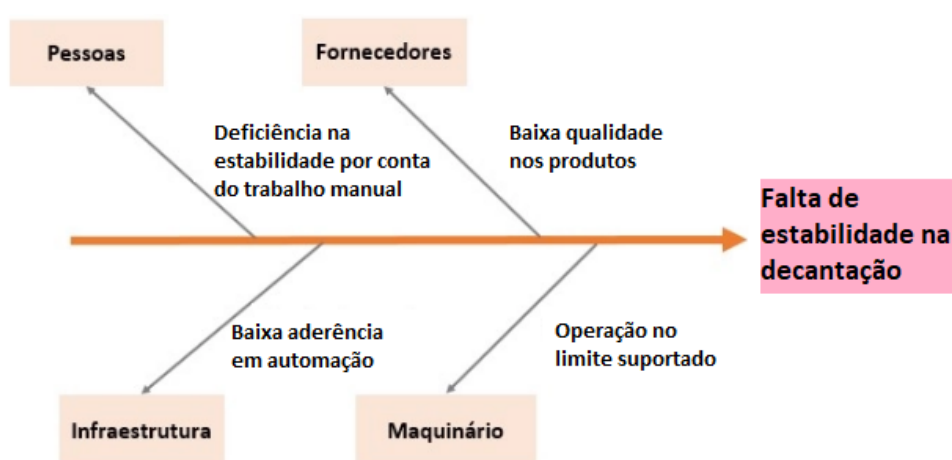
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste artigo foi realizado um estudo sobre ferramentas da qualidade que organizam a identificação de causa raiz de algum problema e de outra ferramenta que compartilhasse para a aplicação de uma melhoria, onde foram aplicadas em uma indústria sucroenergética. A partir deste estudo, foi aplicado duas ferramentas, o Diagrama de Ishikawa e o ciclo PDCA.

3.1 Aplicação Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa discorre a partir da identificação das causas principais do problema em questão, posteriormente categorizado entre pessoas, fornecedores, maquinário e infraestrutura. Assim, ao aplicar os dados no diagrama “espinha de peixe”, imergindo as causas raízes por categoria, foi possível identificar a falta de estabilidade na decantação, conforme a ilustração da figura 1.

Figura 1 - Diagrama de Ishikawa aplicado à falta de estabilidade na Decantação



Fonte: Autoria Própria (2021)

3.2 Aplicação Ciclo PDCA

Antes mesmo de entender como aplicar, é importante conceituar o ciclo PDCA. Sigla de *Plan* (Planejar), *Do* (Fazer), *Check* (Checar) e *Act* (Agir). Segundo publicação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, o SEBRAE (s.d), conceitua-se ciclo PDCA como uma ferramenta da qualidade que visa facilitar tomadas de decisões, com a busca do alcance das metas posteriormente fixadas, através de ações cíclicas.

Bueno *et al.* (2013) trazem uma posição mais incisiva sobre o ciclo PDCA, bem como a sua visão de conceito e implantação:

Cada vez que um problema é identificado e solucionado, o sistema produtivo passa para um patamar superior de qualidade, pois os problemas são vistos como oportunidades para melhorar o processo. O ciclo também pode ser usado para induzir melhoramentos, ou seja, melhorar as diretrizes do controle. Neste caso, na etapa inicial planeja-se uma meta a ser alcançada e um plano de ação para atingi-la, onde a ação é executada segundo a nova diretriz e é feita a verificação da efetividade do atendimento da meta. Em caso afirmativo, esta nova sistemática de ação é padronizada; em caso de não atendimento da meta, volta-se a etapa inicial e um novo método deve ser planejado. (BUENO *et al.*, 2013)

- **Plan (planejar):** Para dar início a esse planejamento precisa-se de uma análise aprofundada dos gastos recorrentes desta aquisição e relacionar com as vantagens, primeiramente, financeiras que o equipamento irá trazer à empresa. Após esta análise adentra-se à parte prática, organizando um local que o equipamento irá ficar dentro da planta industrial, priorizando a máxima viabilidade para o acesso do operador ao equipamento e nas instalações de tubulações de ligamento para com o restante do processo e seus devidos instrumentos. Após a instalação será dado um treinamento a cada operador de como operar o novo equipamento, e as devidas responsabilidades com a limpeza e o cuidado com o bem da empresa.
- **Do (fazer):** Dar início à instalação do equipamento, seguindo todos os detalhes do planejamento do local apropriado para instalação, viabilizando a conexão com o restante do processo e instalação de instrumentos. Colocar o equipamento em operação.
- **Check (checar):** Fazer uma minuciosa análise de checagem na instalação como um todo, acompanhando se todos os detalhes de instalação previsto no planejamento estão sendo atendidos. Após a conclusão do equipamento inicia a última checagem antes de ser operado pela primeira vez. Assim que o equipamento já estiver em operação inicia-se a checagem de ajustes que não eram possíveis a percepção com o equipamento fora de operação.
- **Action (agir):** No caso de alguma avaria no processo de instalação deverá haver a intervenção com correção dos detalhes planejados no início do processo, para que não haja o desperdício de material e o retrabalho. Se algum evento indesejável for detectado após a finalização da instalação deve-se a intervenção para correção do problema antes do equipamento ser posto em operação pela primeira vez. Assim que estiver em operação, for detectado algum problema imperceptível quando fora de operação, também deverá haver a intervenção para correções finais do equipamento.

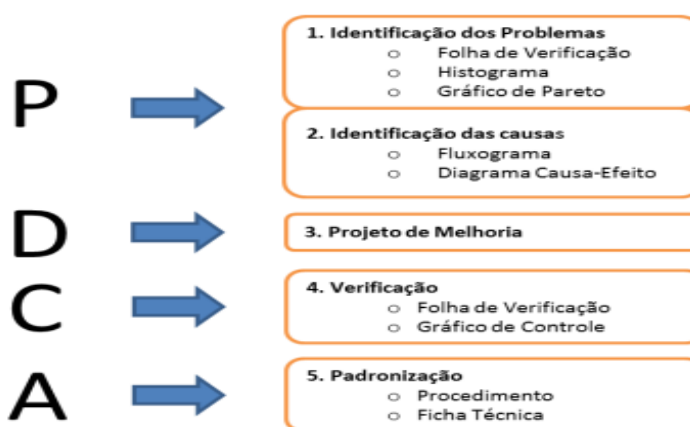
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Num artigo apresentado por Junior (2010), aborda-se um grave problema ambiental com o descarte de resíduos do fruto de coco verde in natura. Assim, o autor opta por aplicar um Diagrama de Ishikawa com o propósito de determinar as causas e efeito do problema. Estruturado por seis categorias: máquina, mão-de-obra, medida, método, matéria-prima e meio. Na categoria máquina menciona-se a causa “fruto vendido in natura”, em mão-de-obra,

aborda-se “falta de conhecimento para a reutilização”, em medida não é especificado, no método coloca-se “desconhecidos” e “demanda elevada”, na matéria-prima identifica-se “desconfiança” e “resíduo não atrativo para reciclar” e em meio apresenta-se a causa de “sete anos para decompôr”. Assim, chega-se no efeito apresentado como “Acúmulo dos resíduos de coco verde”. Portanto, conforme destaca Junior (2010), que através do Diagrama de Ishikawa pode-se conhecer as principais causas do problema, entende-se que esta ferramenta teve um impacto consideravelmente positivo em nosso estudo, pois foi possível identificar o efeito de falta de estabilidade na decantação através das causas apresentadas em cada categoria.

Ramires (2012) traz em seu estudo a aplicação do Ciclo PDCA em uma usina produtora de etanol, fazendo uma junção com as ferramentas clássicas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, explicado neste trabalho. Através desta ferramenta, Ramires (2012) elenca as causas dos principais efeitos negativos dentro da organização.

Figura 2 – Ciclo PDCA/Ferramentas da Qualidade utilizadas em estudo de caso de usina produtora de etanol.



Fonte: Ramires (2012).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No término deste artigo, foi possível identificar a verdadeira importância das ferramentas da qualidade em um processo de melhoria, é claramente perceptível o auxílio que as ferramentas nos proporcionam desde os primeiros momentos que nascem uma ideia de melhoria dentro da nossa mente, dando um norte a cada passo que precisamos percorrer para que a melhoria possa ser implantada.

Após a instalação e operação do homogeneizador de polímero floculante foi nítido a melhora de estabilidade na decantação, gerando consideráveis quedas na oscilação de cor do açúcar, melhorando manuseio para homogeneização e consideráveis economia no consumo do próprio produto, pelo fato de anteriormente o produto ser dosado de forma manual, através de um recipiente de medida que poderia facilmente ser impreciso, podendo dosar mais, trazendo o consumo exorbitante e a má concentração.

Além da vantagem processual, se focarmos apenas na economia do consumo do polímero, nitidamente enxergamos um retorno positivo financeiro, pois consumia-se cerca de 18 saco de 25 kg por dia, no valor de R\$1.300,00 a unidade, resultando em um gasto de R\$702.000,00 mensais. Com a instalação deste sistema automático no valor de aproximadamente R\$300.000,00, obtemos uma economia de 5% ao mês, onde passa a ter um gasto de R\$666.900,00, gerando uma economia de R\$35.100,00 mensais. Portanto, ao calcular o *payback* deste investimento, alcança-se o resultado de um retorno de investimento em aproximadamente oito meses.

REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, F. M. **Processo de fabricação do açúcar**. 3. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2011

ARAÚJO, Frederico Augusto Dantas. **Intensificação Do Processo De Purificação Do Caldo Da Cana-De-Açúcar por Decantação Química E Adsorção**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2017. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/28385/1/TESE%20Frederico%20Augusto%20Dantas%20de%20Ara%c3%bajo.pdf> Acesso em: 08 set. 22.

BUENO, A. A.; FALCAO, B. C.; FONSECA, B. S.; ALVES, J. R. R.; CHAVES, L. O.; SILVA FILHO, R. A. **Ciclo PDCA**. Goiânia, 2013. Disponível em www.luisguilherme.adm.br/download/ENG1530/TurmaC04/G07-Ciclo_PDCA.pdf Acesso em: 04 dez. 22.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Minas Gerais; Editora INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 8. Ed, 1999.

COPERSUCAR. **Fundamentos de processamento de açúcar e álcool**. Piracicaba: CTC, CD ROM, 2004.

CUNHA, Pedro Henrique Mello. **Avaliação De Polímeros Floculantes No Espessamento De Pastas Mineraiis E Reutilização De Água De Processo**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Graduação de Engenharia Química, 8º Período, Rio de Janeiro – RJ, 2017.

Disponível em:

<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2018/1/Pedro%20Henrique%20Mello%20Cunha.pdf> Acesso em 16 set. 22.

FREITAS, Elton da Silva; SOUSA, Matheus Emanuel Tavares; LEMOS, Herick Talles Queiroz. **Aplicação de tecnologias de Automação industrial para melhoria de processos de produção: Um estudo de caso**. Ministério da Educação Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA Centro de Engenharias. Mossoró – RN, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5730/1/EltonSF_ART.pdf Acesso em: 08 set. 22.

FERNANDES Claiton M.; PANDOLFO Adalberto; BORDIGNON Sergio; BECKER Alcione C. **Desenvolvimento Da Gestão De Segurança E Saúde Ocupacional Integrado A Gestão Da Qualidade Nas Indústrias De Construção Civil**. XIV Congresso Brasileiro de Custos – João Pessoa - PB, Brasil, 2007. Disponível em: <https://anaiscbc.abcustos.org.br/anais/article/view/1657/1657> Acesso em 25 ago. 22.

FINGUERUT, Jaime. **Setor Sucroenergético Representa 2% do PIB Brasileiro, afirma diretor do ITC**. Abertura do Workshop da Sugar & Ethanol Brasil, 7 de maio de 2019. Jornal Cana. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/setor-sucroenergetico-representa-2-do-pib-brasileiro-afirma-diretor-do-itc/> Acesso em: 28 nov. 22.

GOMES, V. G.; GASPAROTTO, A. M. S. **A Importância do Ciclo PDCA Aplicado À Produtividade da Indústria no Brasil**. Interface Tecnológica, v. 16, n. 2, p. 383-392, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/660/440>. Acesso em 16 jun. 21.

GUEDES, Fabio. **Etapas para Elaborar uma Proposta de Projeto de Melhoria 2021**. LinkedIn, 10 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/etapas-para-elaborar-uma-proposta-de-projeto-melhoria-fabio#:~:text=Tr%C3%AAs%20etapas%20s%C3%A3o%20comumente%20utilizadas,est%C3%A1%20a%20causa%20do%20problema> Acesso em 19 ago. 22.

HENRIQUE, Alisson. **Tecnologia Industrial – Tratamento De Caldo: Decantadores Com Ou Sem Bandeja?** RPA News Cana & Indústria, 2019. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/tecnologia-industrial-tratamento-de-caldo-decantadores-com-ou-sem-bandeja/> Acesso em 19 ago. 22.

HUGOT. **Manual da Engenharia Açucareira**. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1969.

JANOTTI, João. **Decantadores de Caldo 2021**. LinkedIn, 12 de maio de 2021. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/decantadores-de-caldo-jo%C3%A3o-aparecido-janotti#:~:text=Normalmente%20a%20dosagem%20da%20solu%C3%A7%C3%A3o,a%20re puls%C3%A3o%20e%20n%C3%A3o%20flocula%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 19 ago. 22.

JUNIOR, Celso Carlino Maria Fornari. **Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos**

Resíduos Sólidos de Coco Verde. INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção, setembro de 2010. Disponível em:

https://www.academia.edu/download/38040857/Diagrama_de_Ishikawa_-_PDCA.pdf
Acesso em: 28 set. 22.

LIMA, Camila Francisconi. **Utilização de Polímeros no Setor Sucroenergético.**

Universidade Federal de São Carlos. Centro De Ciências Agrárias. Pós-graduação em Gestão De Tecnologia Industrial Sucroenergética – Mta. Sertãozinho – SP, 2017. Disponível em: <https://www.mta.ufscar.br/arquivos/publicacoes/sertaozinho-v/camila-francisconi-lima.pdf>
Acesso em: 30 set. 22.

LIMA, Antonio Henrique; ESTEVES JUNIOR, Nivaldo Luiz; CASTILHO, Rodrigo Ferrari.

Clarificação: Caldo - Xarope - Filtro Prensa – Fuligem, 2014. Disponível em:

<http://www.skillsquimica.com.br/>. Acesso em: 29 nov. 22.

MACHADO, Simone Silva. **Tecnologia da Fabricação do Açúcar.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Inhumas – GO, 2012. Disponível em:

http://www.proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/448/tecnolog_da_fabricacao_do_acucar.pdf?sequence=5&isAllowed=y Acesso em 26 ago. 22.

MARAFON, Carine *et al.* **Benefícios Do Investimento Em Automação No Processo De Empacotamento De Farinha De Trigo.** Unidade Central de Educação Faem Faculdade, 18 de julho de 2018. Disponível em:

<https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/200/191> Acesso em 15 jun. 21.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas.** São Paulo: Artliber, 2006.

PAYNE, J. H. **Operações Unitárias na Produção de Açúcar de Cana.** São Paulo: Ed. Nobel 2, 1989.

PROMINENT. **Sistema de dosagem ULTROMAT ULFa (sistema de agitação de água),**

2022. Disponível em: <https://www.prominent.com.br/pt/Produtos/Produtos/Sistemas-de-dosagem-e-equipamentos-de-dosagem/Sistemas-de-dosagem-para-polimeros/p-ultromat-ulfa.html> Acesso em: 19 de set. 22.

QUEVEDO, Renata Tomaz. Polímeros Naturais. **Info Escola**, 2016. Disponível em:

<https://www.infoescola.com/quimica/polimeros-naturais/> Acesso em: 29 nov. 22.

RAMIRES, R. **Melhora do Aproveitamento de Moagem Através do Ciclo PDCA e Ferramentas da Qualidade:** Estudo de Caso em uma Usina Produtora de Etanol. 2012, 78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012. Disponível em

<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/3701/1/RodrigoRamires.pdf> Acesso em: 04 dez. 22.

SEBRAE. **O Ciclo PDCA.** Programa MLT. Disponível em:

[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/49B285DDC24D11EF83257625007892D4/\\$File/NT00041F72.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/49B285DDC24D11EF83257625007892D4/$File/NT00041F72.pdf) Acesso em: 04 dez. 22.

VENTURELLI, Márcio. Usina 4.0: A Quarta Revolução Industrial no Setor Bioenergético. **Automação Industrial**, 02 jun. 2021. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/usina-4-0-a-quarta-revolucao-industrial-no-setor-bioenergetico/> Acesso em: 29 nov. 22.