

FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ

ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS DIAS GOMES

GEORGE ALEXANDRE BENFICA

PEDRO HENRIQUE ALVES SENHORINHO

RAFAEL RAMALHO GADIOLI

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO
EM UMA PLANTA DE DILUIÇÃO DE ARLA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aracruz

2020

GEORGE ALEXANDRE BENFICA

MATHEUS DIAS GOMES

PEDRO HENRIQUE ALVES SENHORINHO

RAFAEL RAMALHO GADIOLI

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO
EM UMA PLANTA DE DILUIÇÃO DE ARLA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenadoria do curso de
Engenharia Mecânica das Faculdades
Integradas de Aracruz como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Vital Pereira Batista
Júnior.

Aracruz

2020

GOMES, Matheus Dias; SENHORINHO, Pedro Henrique; BENFICA, George; Gadioli, Rafael. **Estudo de viabilidade para implementação da automação em uma planta de diluição de arla**. 2020. 64f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia mecânica, FAACZ. Aracruz, 2020.

RESUMO

Este trabalho apresenta um breve estudo para a implantação de um sistema de automação do processo de diluição em uma planta de Arla 32. A planta pertence a empresa REDUX32, produtora de Arla 32, que está avaliando a instalação do projeto de automação sob uma perspectiva de curto prazo, com base no período de retorno (*payback*) proporcionado. O sistema de automação compreende a utilização de um controlador lógico programável, que recebendo informações sobre o peso do reator de Arla 32, irá controlar as operações de abertura e fechamento de válvulas e acionamento da bomba, através de relés e válvulas atuadoras. O investimento no projeto foi levantado em pouco mais de R\$ 60 mil. Os benefícios gerados são a redução do custo operacional, com redução de mão de obra. Outros benefícios possíveis, como melhoria na padronização e qualidade do produto e aumento de produtividade, não foram considerados pelo fato da análise se restringir ao curto prazo. O *payback* gerado foi calculado em 14 meses, mostrando a viabilidade do projeto.

Palavras-chave: Arla. Diluição. *Payback*. Automação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ligação do tanque de arla com o catalisador	17
Figura 2 - Fluxograma do projeto	21
Figura 3 - Projeto isométrico da planta de diluição de arla	24
Figura 4 - Fluxograma do processo.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do Arla 32	18
Tabela 2 - Quantidades de arla 50 enviados para diluição	26
Tabela 3 - Custos com mão de obra	27
Tabela 4 - Lista de materiais para implementação do projeto	27
Tabela 5 - Custos com mão de obra ao automatizar	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Âmperes
ARLA	Agente Redutor Líquido de Óxidos de Nitrogênio
ARLA 32 desmineralizada	Arla com concentração de 32,5% de uréia e 67,5% de água
ARLA 50 desmineralizada	Arla com concentração de 50% de uréia e 50% de água
Cj	custos no período
CPU	Unidade central de processamento
FC	Fluxo de caixa
I	investimento inicial
INV	Investimento
j	período de ocorrência
L	Litros
LED	Diodo Emissor de Luz
NA	Normalmente aberto
NF	normalmente fechado
NOX	Óxidos de Nitrogênio
PB	Payback
PPM	Partículas por milhão
PLC	controladores lógicos programáveis

PR	Peíodo de recuperação
PRONCOVE Automotores	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos
Rj	receitas no período j
SCR	Redução Catalítica Seletiva
T	tempo para o fluxo de caixa igualar os investimentos
TMA	taxa mínima de atratividade
V	Volts
W	Whats

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO.....	12
2.1. OBJETIVO GERAL	12
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1. Viabilidade Econômica	13
3.1.1. Payback (PB)	13
3.2. ARLA 32.....	15
3.3. Uréia	15
3.4. Água desmineralizada.....	16
3.5. APLICAÇÃO do arla 32.....	16
3.6. Produção do arla 32	18
3.7. Automação	19
4. METODOLOGIA.....	21
4.1. ETAPA 1 – LEVANTAMENTO DE DADOS	21
4.2. ETAPA 2 – PROJEÇÃO.....	21
4.3. ETAPA 3 – CÁLCULOS	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. Projeto de funcionamento da planta de diluição	24

5.2. Custos e Materiais do Projeto	26
5.3. Análise da redução de custos e payback	28
6. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ANEXOS	33
ANEXO A: Declaração fornecida pela empresa	33

1. INTRODUÇÃO

A análise de viabilidade econômica e financeira integra o rol de atividades desenvolvidas pela engenharia econômica, que busca identificar quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação (ZAGO; WEISE; HORNBURG, 2009).

Com o surgimento de novas tecnologias empresas estão buscando cada vez mais inovar e disseminar novas ideias visando acompanhar a nova tendência industrial a chamada “Indústria 4.0” (SANTOS et al., 2018).

Essas novas estruturas de produção, dotadas de dispositivos “inteligentes” ligados à rede, onde os produtos e os sistemas de produção obtêm capacidades de comunicação, constituirão as *Smart Factories* do futuro e são a chave para alcançar o grau de flexibilidade necessário para atender às exigências dos Mercados atuais. Estas exigências surgem de solicitações como expectativas crescentes de produtividade, aumento do número de variantes de produtos, redução de tamanhos de lotes etc. (CHENG et al., 2015).

O estudo aqui apresentado tem como objetivo analisar e concluir com base nos resultados obtidos se a implementação da automação (uma grande aliada da indústria 4.0) em uma planta de Diluição da Redux32 trará um desenvolvimento expressivo e lucrativo para a empresa.

Neste projeto busca-se o estudo e elaboração do projeto de funcionamento da planta de diluição de Arla, assim como todos os custos da implementação do projeto. Analisar a viabilidade da implementação de um sistema automatizado na planta, verificando a redução de custo e a economia que o projeto trará para a empresa.

Através da análise do processo e do projeto da planta de diluição serão levantados todos os materiais necessários para realizar a futura automatização, com o objetivo de se calcular todo custo necessário para implementação do projeto. Com isso, este estudo analisará a viabilidade da implementação da automação em uma planta de diluição de Arla e todos os benefícios que essa alteração proporcionará para a empresa, através de cálculos de viabilidade financeira, verificando a redução de custos provenientes da implementação, assim como o tempo necessário para que a redução do custo cubra o valor da implementação do projeto (*payback*).

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade da implantação de sistema de automação em uma planta de diluição de Arla.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar projeto do funcionamento da atual planta de diluição.
- Listar todos custos e materiais para implementação da automação.
- Analisar a redução dos custos ao implementar o projeto e o *payback*.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A Redux é uma empresa nacional com sua origem em Aracruz, como produtora de Produtos Químicos Orgânicos não poluentes e não inflamáveis, não nocivos e não agressivos à saúde humana, sendo um deles o Arla 32.

3.1. VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise econômica do empreendimento consiste em fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação e manutenção e receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos, custos e receitas e determinar quais serão os indicadores econômicos conseguidos com esse empreendimento. Comparando-se esses indicadores econômicos com o que se espera obter com outras alternativas de investimento de capital, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento (LINDEMEYER, 2008).

A análise financeira examina os custos e benefícios em função dos preços de mercado e determina suas relações com os diferentes indicadores, permitindo refletir a possível viabilidade de um empreendimento ou projeto (MENDES, 2004; SANTOS et al., 2002; PARRON et al., 2015).

A tomada de decisão será realizada em função da análise do *payback* simples.

3.1.1. PAYBACK (PB)

Payback quer dizer retorno do investimento, e é um indicador que determina quanto tempo será necessário para que o capital investido inicialmente seja recuperado. O *Payback* pode ser calculado conforme a Equação 1:

$$PB = \frac{Inv.inicial}{\sum FC_{ano(após)} - \sum FC_{ano(antes)}} \quad (1)$$

Onde $Inv.inicial$ = custo de investimento inicial em R\$, ou seja, todos os recursos necessários para implementação do projeto.

$\sum FC_{\text{ano(após)}} = \text{somatório do fluxo de caixa ao ano após a implementação do projeto em R\$}.$

$\sum FC_{\text{ano(antes)}} = \text{somatório do fluxo de caixa ao ano antes da implementação do projeto em R\$}.$

O resultado obtido será em função da quantidade de anos necessários para o retorno do investimento (LINDEMEYER, 2008). O período de *payback* é o tempo necessário para retornar o capital investido, ou seja, é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala a esse valor (BÖRNER, 2009).

Pode ser considerado tanto o *payback* simples, no qual os valores não são atualizados, quanto o *payback* descontado, onde todos os valores são atualizados pela taxa mínima de atratividade (TMA), que é a taxa de juros que representa o custo de oportunidade do capital investido (PARRON et al., 2015).

Outra metodologia elencada por todos os autores, com exceção de Souza e Clemente (2008) trata-se do *Payback* Simples. Ambos definem que este é o tempo necessário para a recuperação do investimento realizado. No entanto, esse método apresenta falhas, pois segundo os autores Assaf Neto e Lima (2009), Bruni e Famá (2007) e Frezatti (2008), essa técnica ignora o efeito do dinheiro no tempo, distorcendo o resultado obtido.

Como meio de corrigir essa falha os autores Assaf Neto e Lima (2009), Bruni e Famá (2007) e Frezatti (2008) apontam o uso do *Payback* Descontado. Os procedimentos de cálculo são semelhantes aos aplicados no *payback* simples, bastando trazer os fluxos de caixa a valor presente aplicando-se determinada taxa de custo de oportunidade ou TMA (VILELA et al., 2012).

3.2. ARLA 32

ARLA 32,(Agente Redutor Líquido de Óxidos de Nitrogênio (Nox)) é uma solução que contém 32,5 % de ureia e 67,5 % de água desmineralizada, que surgiu com o objetivo de se diminuir a emissão de poluentes gerados pelos veículos a diesel, e conseqüentemente atendimento das normas do Conama P7 da proncove que entraram em vigor em janeiro de 2012 e exigem consideráveis reduções das emissões de poluentes de motores a diesel , para isso é necessária a utilização de diesel com baixo teor de enxofre, sistemas de pós-tratamento dos gases dos escapamentos e até modificações nos motores (CRISTINA et al., 2014).

3.3. URÉIA

O processo de produção de ureia pode ser dividido, de forma simplificada, em 5 (cinco) etapas: síntese, decomposição e absorção, concentração, acabamento e tratamento de efluentes. A etapa de síntese é onde ocorre a formação da ureia a partir de suas matérias primas, amônia e dióxido de carbono, que passa pela formação de um intermediário químico, chamado de carbamato de amônio (DE MELO et al., 2015).

Na etapa de decomposição, a ureia é purificada através da decomposição do carbamato de amônio não convertido em ureia, que recicla para a seção de síntese. A ureia efluente da seção de decomposição, na verdade uma solução de ureia tendo concentração entre 60 e 80%, segue para a etapa de concentração onde sua água é evaporada. Em seguida a solução chega à seção de acabamento, onde será dada a forma final da ureia em perolas ou grânulos (DE MELO et al., 2015).

Todos os efluentes das etapas anteriores seguem para a etapa de tratamento de efluentes, na qual os compostos são hidrolisados em amônia e dióxido de carbono que retornam à seção de síntese. O efluente do tratamento de efluentes de uma planta de ureia é água contendo 1 ppm de ureia e 3 ppm de amônia (DE MELO et al., 2015).

3.4. ÁGUA DESMINERALIZADA

A osmose natural é um fenômeno que ocorre em vários sistemas da natureza, nas células do nosso corpo, a osmose é responsável pelo equilíbrio de sais nas células, a membrana separa o meio intracelular do meio extracelular e permite a passagem de substâncias em ambos os sentidos. A osmose retrata a passagem de água através de membranas seletivamente permeáveis, estas permitem a passagem do solvente e não de soluto, este processo não envolve mobilização de energia e o fluxo de água é dado sempre do meio com menor concentração em soluto (meio hipotônico) para o meio com maior concentração em soluto (meio hipertônico). Isso ocorre devido a Pressão Osmótica que pressiona o meio (SILVA; SANTOS; DUARTE, 2012)

Osmose Reversa é o processo de separação da água dos sais minerais. Esta se constitui de duas soluções, uma com concentração maior de sais em relação à outra concentração, diferentemente da osmose natural, a solução mais concentrada tende a ir para solução menos concentrada, isso acontece devido a uma pressão mecânica superior a pressão osmótica aplicada sobre a solução mais concentrada. Devido a pressão aplicada, as moléculas de água passam pela membrana semipermeável separando a solução em duas partes distintas: permeado e rejeito, este último percorre a membrana sem atravessá-la para formar o que deve ser desprezado, já o permeado é a parte da solução que atravessa a membrana contendo altos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos (SILVA; SANTOS; DUARTE, 2012).

3.5. APLICAÇÃO DO ARLA 32

O sistema SCR - *Selective Catalytic Reduction* (Redução Catalítica Seletiva, em português) foi uma solução encontrada pela indústria automobilística de veículos ciclo diesel pesados para se adequar para a Fase P7 do PROCONVE (Resolução 403/08 Conama), implantada em 2012, em que o limite para emissão de NOx foi reduzido de 3,50 g/kWh para 2,00 g/kWh (PAULA; DEMARCHI, 2012)

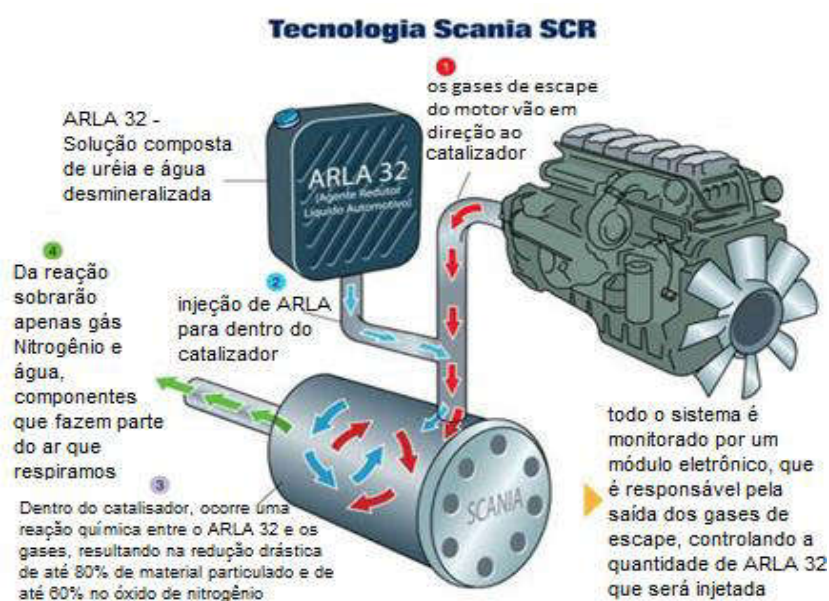
Essa tecnologia não é inovadora, praticamente foi adaptada da legislação europeia, que implantou o SCR quando lançou em 2008 a Fase EURO 5 do programa

veicular de redução de poluentes europeu. Essa tecnologia atualmente é encontrada na grande maioria dos veículos pesados comercializados no Brasil após 2012, e é também conhecida como sistema de pós-tratamento de NOx, pois visa fazer a redução do poluente após a saída da câmara de combustão, já no catalisador (PAULA; DEMARCHI, 2012).

O Arla 32 é armazenado em um tanque próprio e como não é considerado tóxico ou perigoso, pode ser comercializado a granel ou em galões para que o próprio motorista complete o reservatório quando necessário. O consumo de Arla equivale a, aproximadamente, 4% a 5% do consumo de diesel, e esse consumo varia de acordo com a marca e modelo do veículo e o percurso que está sendo percorrido (PAULA; DEMARCHI, 2012).

Praticamente o sistema SCR (Figura 1) espargue o Arla 32 nos gases expelidos pelo motor quando o sensor de NOx do veículo identifica a emissão de elevado índice de óxidos de nitrogênio. Esses gases, junto com o Arla pulverizado, entram no catalisador e assim os óxidos de nitrogênio, altamente agressivos à saúde humana e ao meio ambiente são convertidos em nitrogênio e vapor de água que são inofensivos (PAULA; DEMARCHI, 2012).

Figura 1 - Ligação do tanque de arla com o catalisador



Fonte: Scania SCR (2014)

3.6. PRODUÇÃO DO ARLA 32

O Arla 32, deve-se seguir as especificações da Tabela 1, para que seja garantido os parâmetros de resultados de redução da emissão de poluentes e preservação dos motores (PAULA; DEMARCHI, 2012).

Tabela 1 - Especificações do Arla 32

ESPECIFICAÇÕES	VALORES
Ureia	31,8 a 33,2 % por peso
Alcalinidade como NH ₃	Máximo 0,2 % por peso
Biureto	Máximo 0,3 % por peso
Insolúveis	Máximo 20 mg/kg
Aldeído	Máximo 5 mg/kg
Fosfato (PO ₄ -3)	Máximo 0,5 mg/kg
Alumínio	Máximo 0,5 mg/kg
Cálcio	Máximo 0,5 mg/kg
Ferro	Máximo 0,5 mg/kg
Cobre	Máximo 0,2 mg/kg
Zinco	Máximo 0,2 mg/kg
Cromo	Máximo 0,2 mg/kg
Níquel	Máximo 0,2 mg/kg
Magnésio	Máximo 0,5 mg/kg
Sódio	Máximo 0,5 mg/kg
Potássio	Máximo 0,5 mg/kg
Densidade a 20°C	1087.0 a 1093.0 kg/m ³
Índice de refração a 20°C	1,3814 a 1,3843

Fonte: IN 23/2009 do Ibama

3.7. AUTOMAÇÃO

Automação é um conceito de sistemas que atuam no meio, com uma ação corretiva, conforme as informações recebidas do processo, corrigindo valores indesejáveis na saída do sistema (SILVEIRA; SANTOS, 2002, apud. VOSGERAU et al., 2014).

Entretanto para conseguir controlar um processo além de lógicas algorítmicas também é de extrema importância verificar e interferir no ambiente, papel dos sensores e atuadores. Os sensores são dispositivos capazes de perceber alguma forma de energia do ambiente, podendo ser luminosa, térmica ou cinética. Já os atuadores são componentes capazes de modificar o ambiente, recebendo um sinal do controlador e agindo sobre o sistema, como exemplo: válvulas, relés, cilindros, motores e solenoides (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2008, apud. VOSGERAU et al., 2014).

Os projetos de automação são baseados na utilização de dispositivos eletrônicos tais como relés, contadores, válvulas atuadoras e, especialmente, controladores lógicos programáveis (PLC, na sigla em inglês). Um controlador lógico programável (PLC) é um computador para indústria, um sistema de hardware, portanto, idealizado para a gestão ou controle de processos industriais (SENAI, 2008). O PLC executa um programa e processa sinais digitais e analógicos provenientes de sensores e direcionados aos atuadores presentes em uma planta industrial. Dessa forma, a primeira ação tomada pelo PLC é a leitura de todos os dados de entrada (*input*), sejam eles sinais digitais ou analógicos. Após a leitura de todos os dados, seu status é armazenado em uma memória chamada "*Input image register*".

Neste ponto, as instruções de comando são processadas sequencialmente pela CPU (segundo a programação do PLC) e o resultado é armazenado no "*Output image register*". Finalmente, o conteúdo da imagem de saída (*output*) é gravado nas saídas físicas e/ou as saídas são ativadas. Ou seja, a partir de um conjunto de dados de entrada, o PLC realiza uma série de operações e cálculos de acordo com sua programação, chegando a um conjunto de dados de saída que podem ser utilizados apenas para leitura, informando um operador ou supervisor, ou utilizado para a

tomada de ações, acionando atuadores. Como o processamento das instruções é repetido seguidamente, tem-se um processamento cíclico. O tempo que o controlador leva para um único processamento é chamado de tempo de ciclo e é um intervalo de tempo extremamente pequeno, geralmente de 10 a 100 milissegundos, ou seja, praticamente são realizadas leituras contínuas dos dados de entrada acompanhadas de seu respectivo processamento, resultados de saída e atuação, quando necessária.

Os relés são componentes eletromecânicos para acionamento de um interruptor a partir de um sinal, de modo que seja possível acionar um dispositivo de maior potência, como um motor elétrico, por exemplo, a partir de um sinal fraco, de baixa tensão e corrente. Essa particularidade, faz do relé um dispositivo importante para aplicação em sistemas de automação. O relé é constituído de uma bobina e um contato preso a uma mola de rearme, conectando aos terminais das posições NA (normalmente aberto) e NF (normalmente fechado).

Ao se energizar a bobina, mesmo com um sinal de baixa corrente elétrica, cria-se um campo eletromagnético capaz de atrair e deslocar o contato, que passa a fechando o circuito. Deve-se notar que os circuitos de um relé são isolados, não havendo mistura de sinais. Essa também é uma das vantagens do relé, pois os contatos podem suportar correntes e tensões relativamente altas (10 A e 250 V por exemplo), enquanto a bobina pode ser acionada com tensões tão pequenas quanto 5 Volts. Dessa forma, é possível acionar grandes cargas a partir de sinais de baixa tensão.

Os contatores são dispositivos semelhantes aos relés, funcionando a partir de princípios de eletromagnetismo e com a função de atuar nos circuitos em que estão instalados, conectando ou desconectando cargas, fechando ou abrindo os circuitos. Os contatores tem a sua aplicação concentrada no chaveamento de cargas importantes, de alta demanda de potência, enquanto os relés podem ser destinados simplesmente à multiplicação de sinais, especialmente no caso do uso de relés eletrônicos.

4. METODOLOGIA

4.1. ETAPA 1 – LEVANTAMENTO DE DADOS

Para o desenvolvimento do trabalho foram seguidas etapas apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do projeto



Fonte: Produzido pelos autores.

Para obtenção de dados a fim de realizar os cálculos de viabilidade econômica e analisar os resultados obtidos, foi necessário como primeiro passo entrar em contato com a empresa REDUX 32, solicitando a autorização da utilização e exposição dos dados para aplicação no estudo aqui apresentado.

4.2. ETAPA 2 – PROJEÇÃO

Obteve-se os dados da produção atual de Arla 32 nas plantas de diluição, tais informações foram utilizadas para elaborar um projeto do funcionamento da atual planta de diluição, facilitando o entendimento e permitindo a elaboração da lista de custos e materiais para o sistema de automação, assim como comparar a produção atual com a futura produção após a implementação do projeto, tais dados obtidos pelo setor administrativo da REDUX32 e por meio de visitas técnicas.

Foram solicitados à empresa os custos atuais de operação da planta de diluição, que serão alterados ao implementar a automação, para que seja possível comparar com os custos após a automatização, assim analisando a viabilidade da implementação do projeto.

Analisando o projeto elaborado do funcionamento da atual planta, foram listados os materiais e seus respectivos valores através de orçamentos e feita uma estimativa do custo da mão de obra para a implementação do projeto de automação.

Foram levantados os dados referentes aos gastos que serão alterados com a planta automatizada, para posteriormente serem comparados com os dados da “antiga” planta de diluição. E então verificar o quão otimizado será o processo e qual a sua performance, de forma a calcular os custos com a operação da planta após a implementação do projeto.

4.3. ETAPA 3 – CÁLCULOS

Supondo a automatização da planta, foram estimados os dados do volume produzido para verificar se o processo se tornou mais eficiente. Posteriormente os dados foram comparados com os da atual planta a fim de identificar se houve um aumento significativo no volume de produção.

Após o cálculo da produção e dos custos da planta antes e após a automatização, comparou-se os dados com a finalidade de identificar se ocorrerá um aumento ou redução nos custos e no volume produzido pela planta de diluição.

Após essa análise e comparação dos custos da planta de diluição antes e após a automatização, foi calculado o *payback* através da Equação 2, que dará uma projeção de quanto tempo será necessário para que o investimento feito pela Redux 32 em sua planta de diluição tenha o retorno do seu capital investido. Algebricamente o período de *payback*, ou período de recuperação (PR), pode ser descrito conforme a equação (2):

$$PR = T, \text{ quando } \sum_{j=0}^T R_j - C_j = I \quad (2)$$

Onde: R_j = receitas no período j ; C_j = custos no período j ; j = período de ocorrência de R_j e C_j ; T = tempo para o fluxo de caixa igualar os investimentos; I = investimento inicial.

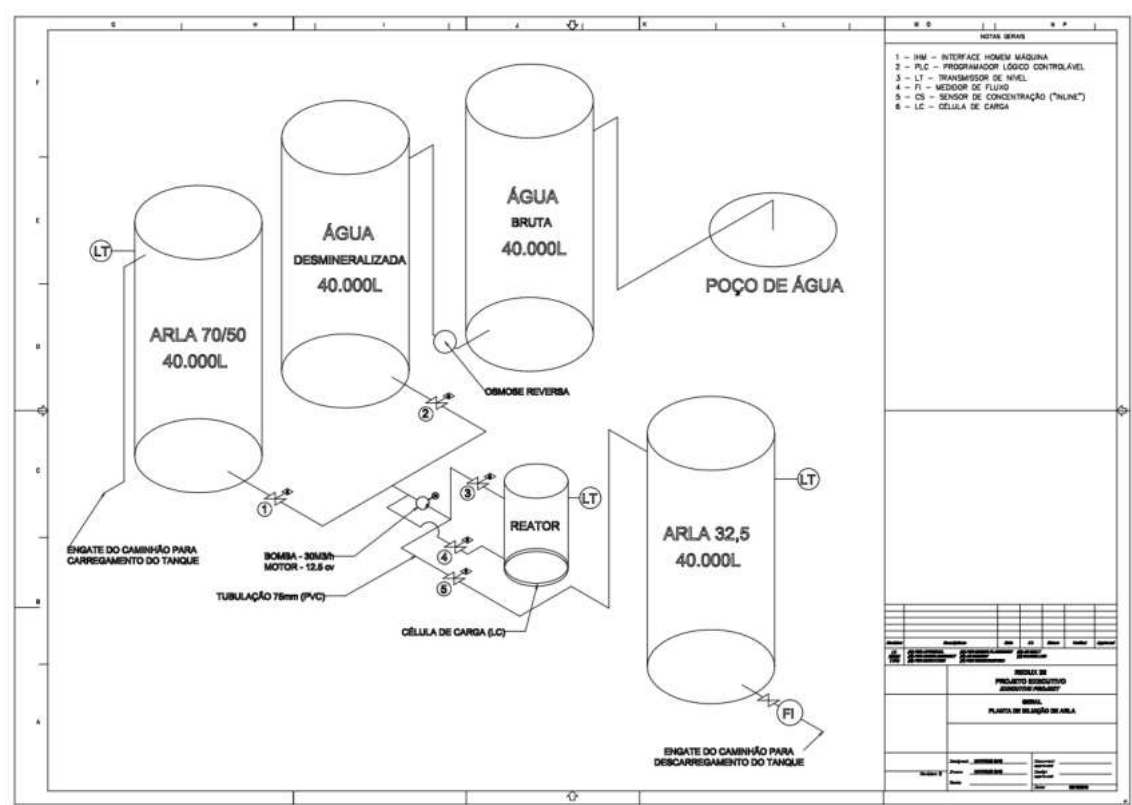
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento de todo o trabalho foi necessária a realização do contato com o proprietário da empresa, solicitando a autorização da utilização e exposição dos dados para aplicação no estudo aqui apresentado. Ele nos concedeu a autorização e permitiu visitas técnicas para que pudéssemos levantar todos os dados para a elaboração do projeto e cálculo de viabilidade sendo assim a autorização referida anexada ao trabalho como anexo A.

5.1. PROJETO DE FUNCIONAMENTO DA PLANTA DE DILUIÇÃO

A partir de visitas à empresa, foi elaborado o projeto do funcionamento da planta de diluição, permitindo o entendimento da operação e possibilitando a elaboração da lista de materiais para a automatização da planta. A atual planta de diluição consiste em um sistema com um poço artesiano, quatro tanques, um tanque misturador, uma bomba, cinco válvulas manuais, tubulações e acessórios, sendo exemplificado de forma mais clara na Figura 3:

Figura 3 - Projeto isométrico da planta de diluição de arla



Fonte: Produzido pelos autores.

Serão utilizadas as numerações das válvulas identificadas na Figura 3 para facilitar o entendimento durante a explicação da operação.

Atualmente a planta de diluição é operada com acionamento de válvulas manuais seguindo o fluxograma mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo.



Fontes: Produzido pelos autores.

O atual sistema já possui um processo automatizado que se consiste na desmineralização da água retirada do poço artesiano através da osmose reversa. A água é bombeada do poço e levada ao primeiro tanque (água bruta), que passará por um equipamento de osmose reversa, onde a água é pressionada através de membranas que realizam o processo de desmineralização da água que será armazenada no segundo tanque (água desmineralizada). Este sistema já automatizado não será o foco do estudo aqui apresentado, pois ele atualmente já atende a necessidade da empresa para a realização da desmineralização da água, uma das matérias primas para a diluição do Arla 32.

O terceiro tanque (Arla 50) é carregado com Arla concentrado por meio de caminhões, sendo esta a segunda e última matéria prima necessária para o processo de diluição.

O processo de diluição atual da empresa é realizado através de um painel ao lado do Tanque de Mistura, onde o operador aciona a bomba, juntamente com as

válvulas 1 e 3 para carregar o reator com arla concentrado. Ao atingir o peso necessário, será fechada a válvula 1 para abertura da válvula 2 fazendo com que a água desmineralizada seja bombeada ao tanque de mistura, assim que o peso final for atingido a válvula 2 é fechada.

O processo de diluição e homogeneização é feito ainda com a bomba acionada e a válvula 3 aberta, o operador abrirá a válvula 4 fazendo com que a mistura seja circulada dentro do tanque de mistura, até que se atinja a concentração desejada com 32,5% de ureia, finalizando o processo a válvula 3 é fechada.

Após o processo de diluição, o arla já com a concentração desejada de 32,5% de ureia, mantém-se a bomba acionada e o operador realiza a abertura da válvula 5 que direcionará o fluido para o quarto tanque onde será armazenado o Arla 32 para a comercialização. Após o descarregamento de todo tanque de mistura, todas válvulas são fechadas e a bomba desligada.

O tanque de Arla 32 é descarregado pelos motoristas por meio dos caminhões tanque que farão as entregas do produto aos clientes.

Foi solicitado à empresa os dados de produção da diluição do arla 50 na planta apresentada, tais dados estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Volume de arla 50 enviados para diluição

Meses	Volume (litros)
Agosto	1.026.570
Setembro	1.188.000
Outubro	1.230.900
Novembro	1.154.840
Média	1.150.077,5

Fonte: Produzido pelos autores

5.2. CUSTOS E MATERIAIS DO PROJETO

Constatou-se que o custo da mão de obra é o único com redução relevante ao implementar o projeto, portanto solicitamos tais custos que estão relacionados na

Tabela 3. Custos com energia não serão levados em consideração, pois a alteração do gasto energético será mínima. Ressaltando que a unidade opera com três funcionários e que os dados apresentados não contam eventuais horas extras.

Tabela 3 - custos com mão de obra

Folha de pagamento (R\$)	Benefícios (R\$)	Impostos (R\$)	Total (R\$)
5.029,59	677,10	905,64	6.612,33

Fonte: Produzido pelos autores

Para calcular os custos da implementação da automatização, através de análises dos processos operacionais e do projeto da atual planta, realizamos uma lista de todos materiais necessários para a implementação do projeto que foi enviada à empresa para realizar orçamentos com seus fornecedores, com isso, foi calculado todo o custo para a implementação do projeto, que estão relacionados na Tabela 4.

Tabela 4 - Lista de materiais para implementação do projeto

Materiais	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Quadro 800x600x200	1	430,70	430,70
PLC	1	2252,00	2252,00
Rele	5	37,08	185,40
Contator tripolar	1	348,91	348,91
Válvula com atuador elétrico	5	3.500	17.500,00
Sinaleiro LED	2	10,53	21,06
Botoeira (NA e NF)	2	17,48	34,96
Botoeira de emergência	1	18,66	18,66
Mão de obra	1		40.000
CUSTO TOTAL	-	-	60791,69

Fonte: Produzido pelos autores.

Para a implementação da automação, se faz necessário a utilização de um PLC que receberá as informações do peso do reator através da célula de carga existente e realizará todas as operações de abertura de válvulas e acionamento da bomba que atualmente são realizadas manualmente. Também se faz necessário a substituição das válvulas com acionamento manual, por válvulas com atuador elétrico, permitindo que o PLC faça a operação, assim como a necessidade de um rele para realizar o acionamento de cada válvula com atuador elétrico (25W/0,6A) e um contator para o acionamento do motor (12,5cv) da bomba. Necessita-se também de botoeiras para realizar as operações de início, parada da operação e parada de emergência, sinaleiros LED para indicar qual o status do funcionamento da planta e um quadro elétrico para instalar todos estes equipamentos listados.

5.3. ANÁLISE DA REDUÇÃO DE CUSTOS E PAYBACK

Com a automatização da planta a mesma passará a ser operada de forma automatizada, fato que torna seu processo operacional mais confiável devido a eliminação das possíveis falhas humanas.

A possibilidade de se operar a planta de forma automatizada possibilitará uma significativa redução dos custos operacionais da planta pois a mesma que necessitava de 3 operadores poderá ser operada por apenas 1, este que não precisará estar presente na unidade. Sendo assim, a empresa irá obter uma redução de 66,66% em relação ao custo de mão de obra ao implementar a automatização.

Portanto estaremos utilizando os dados apresentados na Tabela 3, para obter o novo custo de mão de obra da planta, os valores encontrados estão representados na Tabela 5 na qual consta o custo com apenas 1 funcionário.

Importante ressaltar que a REDUX 32 tem contrato com uma empresa de manutenção que atua nas suas unidades e que o contrato entre ambas não será alterado sendo assim não constatado um aumento no custo da manutenção da planta.

Tabela 5 - custos com mão de obra ao automatizar

Folha de pagamento (R\$)	Benefícios (R\$)	Impostos (R\$)	Total (R\$)
1.676,53	225,7	301,88	2.204,11

Fonte: Produzido pelos autores.

Decidiu-se por realizar o cálculo do *payback* com o cenário pessimista, pois a empresa informou que o foco inicial da automatização não será a alteração significativa da produção e sim apenas a redução de custos, portanto manteve-se o valor médio de produção apresentado na Tabela 3, de 1.150.077,5 L. Como não foi possível obter um aumento significativo em relação a quantidade produzida não será necessária a comparação entre tais dados.

Em relação aos custos da planta, foi observado que a implementação do projeto possibilita à empresa uma redução de 66% dos custos de mão de obra com isso constatamos que a empresa irá economizar cerca de R\$ 4.408,22 mensalmente.

O valor apresentado acima foi encontrado relacionando os valores apresentados nas Tabelas 3 e 5 que apresentam os custos com mão de obra da planta antes da automatização e os custos após a automatização respectivamente, sendo realizada uma subtração entre os valores total apresentado nas tabelas conforme equação abaixo.

$$\text{custos antes} - \text{custos após} = \text{valor economizado}$$

$$6612,33 - 2204,11 = 4408,22$$

Para realizar o cálculo do *payback* utilizou-se a equação 2:

$$PR = T, \text{ quando } \sum_{j=0}^T R_j - C_j = I$$

Como não se obteve uma diferença na produção, assumiremos as receitas (R_j) como zero, pois não obteve incremento de faturamento. Para os custos

(C_j) utilizaremos o valor de R\$ -4.408,22 que representa a redução de custos mensais. Podemos reescrever a equação da seguinte maneira:

$$PR = T, logo (-C_j) \times T = I$$

$$-(-4.408,22) \times T = 60791,69$$

$$T = 13,8 \sim 14 \text{ meses}$$

Através do resultado, verifica-se que com cenário pessimista de produção necessita-se de aproximadamente 14 meses para obter o retorno total do capital investido para a automatização de uma planta de diluição de Arla.

Podemos verificar que o tempo para retorno do valor investido de 14 meses é obtido através da redução da despesa com mão de obra no fluxo de caixa da empresa, portanto este valor reduzido será destinado ao investimento para aplicação do projeto.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou o projeto de implementação de um sistema de automação para uma planta de diluição de Arla em termos do *payback* gerado, um dos critérios utilizados pelos investidores para a avaliação e aprovação do empreendimento.

Foi possível descrever o sistema de diluição existente, composto de tanques, misturador, balança, válvulas e atuadores. O sistema de automação proposto baseia-se na utilização de controladores lógicos programáveis (PLC), relés, um contator tripolar e válvulas com atuadores elétricos.

Os ganhos do projeto de automação, além da diminuição dos custos operacionais devido à menor exigência de mão de obra, são uma operação mais uniforme e constante, sem probabilidade de erro humano, garantindo maior qualidade ao produto final. Além disso, uma maior agilidade na operação pode se transformar em ganhos de produtividade e permitir que a operação da planta seja feita de maneira remota, à distância. No entanto, esses ganhos potenciais não foram quantificados, limitando-se a estabelecer a redução de custos operacionais no curto prazo.

Por ter essa perspectiva de curto prazo, o projeto foi avaliado somente pelo *payback* simples gerado, devendo ser menor do que 18 meses pelos critérios de aceitação da empresa. A utilização do *payback* simples se justifica nesse caso, pois para projetos de curto prazo, a diferença entre o *payback* simples e o *payback* descontado não é tão grande, a não ser que o custo de capital seja muito elevado. A relação entre o investimento necessário e a redução de custos proporcionada mostrou que o *payback* do projeto é de 14 meses, portanto o projeto pode ser aceito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRISTINA, I. et al. **Inovação Incremental: Agente Redutor Líquido De Nóx Automotivo (Arela 32)**. 2014.

DE MELO, T.C.C. et al. **Efeito da qualidade da solução de Arela 32 na eficiência do SCR, nas emissões de NOx e no sistema de injeção de Arela**, v. 2, p. 1–19, 2015.

LINDEMEYER, R. M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica**, 2008.

PARRON, L. M. et al. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica: Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração**, p. 370, 2015.

PAULA, W.F. DE; DEMARCHI, P.H. **Utilização do reagente negro de eriocromo T nas fiscalizações de emissões atmosféricas veiculares**, 2012.

SANTOS, B. P. et al. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 13, 2018.

SENAI-PE, **Automação – Controladores Lógicos Programáveis**. SENAI.PE/DITEC/DET: Recife, 2008.

SILVA, D. A. C.; SANTOS, É. B. DOS; DUARTE, J. A. **Utilização de osmose reversa para tratamento de águas**, 2012.

VILELA, M. C. et al. Análise da viabilidade econômico-financeira de projeto de piscicultura em tanques escavados. **Congresso USP**, v. 9, p. 1–17, 2012.

VOSGERAU, D. I. et al. **Desenvolvimento do equipamento de mistura de pré-polímero e catalisador**, 2014.

ZAGO, C. A.; WEISE, A. D.; HORNBERG, R. A. a Importância Do Estudo De Viabilidade Econômica De Projetos Nas Organizações Contemporâneas. **Convibra**, p. 15, 2009.

ANEXOS

ANEXO A: DECLARAÇÃO FORNECIDA PELA EMPRESA



DECLARAÇÃO

Declaramos através desta que a Redux Indústria e Comércio Ltda autoriza os alunos: **Matheus Dias Gomes, George Alexandre Benfica, Pedro Henrique Alves Senhorinho e Rafael Ramalho Gadioli**, à utilizar o nome desta empresa no Trabalho de Conclusão de Curso para a FAACZ – Faculdades Integradas de Aracruz.

Aracruz, 04 de novembro de 2020.



Jerri Tonini Minchio
Diretor
Redux Indústria e Comércio Ltda

Fonte: Produzido pela empresa.