

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

**DANIEL RAMOS SILVA
GUTHIERRES OLIVEIRA SOUZA
RODRIGO GONÇALVES IBIAPINO
VICTOR PAIVA DA SILVA**

**AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO DE SISTEMA DE CONTROLE DE GASES
DANOSOS AO SOLO**

São Bernardo do Campo – SP
junho/2024

**DANIEL RAMOS SILVA
GUTHIERRES OLIVEIRA SOUZA
RODRIGO GONÇALVES IBIAPINO
VICTOR PAIVA DA SILVA**

**AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO DE SISTEMA DE CONTROLE DE GASES
DANOSOS AO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moises Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Me. Gedeane Gomes da Silva Kenshima

São Bernardo do Campo – SP
junho/2024

**DANIEL RAMOS SILVA
GUTHIERRES OLIVEIRA SOUZA
RODRIGO GONÇALVES IBIAPINO
VICTOR PAIVA DA SILVA**

**AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO DE SISTEMA DE CONTROLE DE GASES
DANOSOS AO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
de São Bernardo do Campo “Adib Moises
Dib” como requisito parcial para a
obtenção do título de Tecnólogo (a) em
Automação Industrial.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado
em:25/06/2024

Banca Examinadora:

Prof. Me. Gedeane Gomes da Silva Kenshima - Orientador

Prof. Me. Gervásio Salvador, FATEC SBC - Avaliador

Prof. Dr. Vinícius Peruzzi, FATEC SBC - Avaliador

Dedicamos nosso trabalho primeiramente a Deus, mas também aos nossos amigos, nossas famílias, e a todos os docentes que acreditaram e confiaram em nosso empenho e dedicação durante esta trajetória.

RESUMO

O projeto Automação e Monitoramento de Sistema de Tratamento de Gases Danosos ao Solo visa automatizar um sistema de tratamento de gases já existente. A proposta central é a automação desse sistema, otimizando seu funcionamento e monitoramento, sem se comprometer com a avaliação da qualidade do ar liberado na atmosfera. A problemática abordada inclui a falta de automação no sistema de tratamento de gases danosos no solo, o que pode resultar em falhas operacionais e ineficiência no processo de tratamento. A ausência de monitoramento contínuo e de uma interface de controle intuitiva são desafios significativos que comprometem a segurança e a eficácia do sistema. Sem um controle automatizado, a operação manual desses sistemas pode ser propensa a erros, além de difícil gerenciamento. A solução proposta engloba a utilização do Controlador Lógico Programável (CLP) para controle do sistema. Para sua utilização, foi estabelecida uma comunicação eficiente entre o CLP e a planta da fábrica, empregando o protocolo MQTT. Além disso, o protocolo MQTT foi utilizado no Node-RED para garantir uma comunicação robusta e confiável. A programação do CLP foi realizada utilizando Texto Estruturado e *ladder*. Contudo, a automação e o monitoramento do sistema de tratamento de gases resultaram em uma operação mais eficiente e segura, minimizando os riscos de falhas. A integração de CLP, Node-RED, e protocolos de comunicação avançados mostra que a automação para a melhoria contínua dos sistemas industriais é cada vez mais acessível.

Palavras-chave: Automação. Monitoramento. Gases. Sistema. Comunicação.

ABSTRACT

The project Automation and Monitoring of Hazardous Gas Treatment System aims to automate an existing gas treatment system. The central proposal is the automation of this system, optimizing its operation and monitoring without compromising the evaluation of the air quality released into the atmosphere. The problem addressed includes the lack of automation in the hazardous gas treatment system on the ground, which can result in operational failures and inefficiency in the treatment process. The absence of continuous monitoring and an intuitive control interface are significant challenges that compromise the safety and effectiveness of the system. Without automated control, manual operation of these systems can be error-prone and difficult to manage. The proposed solution involves the use of Programmable Logic Controller (PLC) for system control. For its utilization, efficient communication between the PLC and the factory plant was established, employing the MQTT protocol. Additionally, the MQTT protocol was used in Node-RED to ensure robust and reliable communication. The PLC programming was carried out using Structured Text and *ladder*. However, automation and monitoring of the gas treatment system resulted in more efficient and safe operation, minimizing the risks of failures. The integration of PLC, Node-RED, and advanced communication protocols shows that automation for continuous improvement of industrial systems is increasingly accessible.

Keywords: Automation. Monitoring. Gases. System. Communication.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Uso de agrotóxicos em plantações de café.....	13
Figura 1.2 - Diagrama das várias fontes de poluição do solo e da água.....	14
Figura 1.3 - Ilustração de sistemática de um conjunto P&T	21
Figura 1.4 - Ilustração de funcionamento do <i>air stripper</i>	22
Figura 1.5 - Ilustração do posicionamento de extração do SVE.....	23
Figura 1.6 - Tabela de técnicas para controle de remediação.....	23
Figura 1.7 - Diagrama básico da estrutura de um CLP	25
Figura 1.8 - Exemplo de SFC.....	26
Figura 1.9 - Exemplo de <i>ladder</i>	27
Figura 1.10 - Exemplo de texto estruturado.....	27
Figura 1.11 - Exemplo simplificado sobre divisão das zonas no solo.....	31
Figura 2.1 – Fluxograma do projeto	35
Figura 2.2 – Tabela de custos do projeto.....	37
Figura 3.1 – Projeto finalizado.....	39
Figura 3.2 – Tanque A.....	41
Figura 3.3 – Tanque B.....	42
Figura 3.4 – Tanque C	43
Figura 3.4 – <i>Layout</i> do painel.....	44
Figura 3.5 – Programação do Node-RED	45
Figura 3.6 – Rotina principal e sub-rotinas	46
Figura 3.7 – Programação em texto estruturado	47

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
1.1 Poluição mundial e seus impactos no meio ambiente.....	12
1.1.1 Efeitos globais da poluição e emissão de gases por solos contaminados ...	13
1.2 Legislação e medidas encontradas atualmente	17
1.3 Princípios de tratamento de gases no solo	20
1.4 Métodos mais convencionais de tratamento do solo	20
1.5 Automação e tecnologias	24
1.6 Controlador Lógico Programável (CLP)	25
1.7 Linguagem de programação	26
1.8 Redes industriais e seus protocolos	28
1.9 Internet das coisas (IoT)	28
1.10 Node-RED.....	29
1.11 Automação no tratamento do solo e hidrocarbonetos	29
1.11.1 Vantagens da automação e tecnologia para otimização do sistema	29
1.11.2 Hidrocarbonetos retirados do solo.....	30
2 METODOLOGIA	32
2.1 O tema-problema, justificativa e fluxograma	33
2.2 Etapas teóricas e físicas para o desenvolvimento do problema.....	36
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	39
3.1 Arquitetura do projeto.....	40
3.2 Montagem dos tanques	40
3.3 Montagem do painel	43
3.4 Comunicação via Node-Red utilizando protocolo MQTT	44
3.5 Programação via MasterTool, linguagem <i>ladder</i> e texto estruturado....	46
3.6 Conexão CLP com <i>broker</i> utilizando a biblioteca MQTT da Altus	47
3.7 Funcionamento.....	49
3.8 Obstáculos e soluções	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS.....	54

APÊNDICES	58
------------------------	-----------

INTRODUÇÃO

Matos (2013) afirma que os problemas ambientais e seus impactos no planeta Terra são uma das principais preocupações da sociedade moderna. A poluição do ar, da água e do solo vem causando danos irreversíveis ao planeta e à saúde humana.

A indústria é um dos principais responsáveis pela poluição ambiental. Atividades industriais liberam uma grande quantidade de gases tóxicos e poluentes, que podem causar graves problemas de saúde, como câncer, doenças respiratórias e cardíacas. Além disso, a poluição do solo também prejudica os funcionários de novas empresas que ocupam solos a muito desgastados por processos industriais.

Um dos principais problemas ambientais causados pela indústria é o vazamento de gases tóxicos. Os vazamentos de gases podem ocorrer em diferentes etapas do processo produtivo, como na extração de matérias-primas, no transporte e armazenamento, e na produção e consumo de produtos. Os gases tóxicos podem causar explosões, incêndios e intoxicações graves. Em alguns casos, os vazamentos de gases podem ser fatais.

Para prevenir acidentes e proteger a saúde humana, é importante que as indústrias instalem sistemas de detecção e tratamento de gases. Os sistemas de detecção e tratamento de gases são capazes de identificar a presença de gases tóxicos no ambiente e tratá-los, devolvendo os gases puros e com segurança ao meio ambiente.

Tais problemas são comumente encontrados em postos de gasolina, polos petroquímicos e indústrias químicas. No cenário atual, a limitação humana é o principal fator a ser combatido, uma vez que boa parte do sistema é controlado

manualmente, forçando o prestador de serviço a se deslocar constantemente do seu posto de trabalho atual.

Das argumentações explanadas, o objetivo deste projeto que se intitula Automação e Monitoramento de Sistema de Controle de Gases Danosos ao Solo, é automatizar um sistema pré-existente, levando-o a um efetivo funcionamento. Justifica-se por maior agilidade e capacidade de monitoramento e economia de tempo em relação ao deslocamento de técnicos de campo entre as estações de trabalho.

Para a sua construção faz-se o uso de CLP, válvulas, sensores, banco de dados em nuvem, *softwares* como MasterTool, Arduino e Node-RED.

Desta forma, o trabalho é dividido da seguinte maneira:

Capítulo 1 – Fundamentação teórica: encontra-se as teorias que dão sustentação ao desenvolvimento e construção do projeto.

Capítulo 2 – Metodologia: é o caminho traçado para o desenvolvimento da pesquisa. nela são descritos métodos e técnicas que operacionalizam os instrumentos.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do projeto: descreve passo a passo o desenvolvimento e construção do projeto.

Considerações finais: são descritos o objetivo proposto na introdução e sua justificativa, apontando as relações existentes entre os fatos verificados e as teorias, conquistas alcançadas, pontos fortes e fracos e sugestões para futuros trabalhos.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, encontram-se as teorias de autores renomados que dão sustentação a construção e desenvolvimento do projeto que se intitula Automação e Monitoramento de Sistema de Controle de Gases Danosos ao Solo.

1.1 Poluição mundial e seus impactos no meio ambiente

Silva (2015) destaca que o solo é um dos recursos naturais mais importantes do planeta, é essencial para a agricultura, a ecologia e a qualidade de vida humana. No entanto, também é um dos recursos naturais mais vulneráveis à poluição.

A poluição mundial diariamente mostra-se um assunto crucial e passivo de discussão e, a contaminação pela indústria, bem como a liberação de poluentes no ambiente por atividades industriais estão intrinsecamente ligados a ela. Os poluentes industriais podem ser classificados em três categorias principais: emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos.

Matos (2013) enfatiza que os setores de produção de manufatura, mineração, geração de energia e agricultura e atividades químicas, como combustão de combustíveis fósseis, produção de metais, produtos químicos e processamento de alimentos são os principais responsáveis pela poluição industrial. Os poluentes industriais geram impactos na saúde humana e nos ecossistemas prejudicando a qualidade de vida.

Dias (2017) explica que entre os recursos afetados pela poluição, o solo é um dos principais meios para obtenção de processos, sendo um recurso vital para a agricultura e a ecologia, é a base para o crescimento das plantas, a produção de alimentos e a manutenção da biodiversidade; no entanto, o solo é frequentemente afetado por diversos poluentes que comprometem sua qualidade e capacidade de sustentar a vida vegetal.

A FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2021) reforça que a poluição do solo é um problema global que requer atenção. A adoção de medidas de mitigação e gestão adequada é essencial para preservar a integridade do solo e garantir sua capacidade de desempenhar funções essenciais de suporte à vida. A Figura 1.1 ilustra o uso de agrotóxicos em plantação de café.

Figura 1.1 - Uso de agrotóxicos em plantações de café



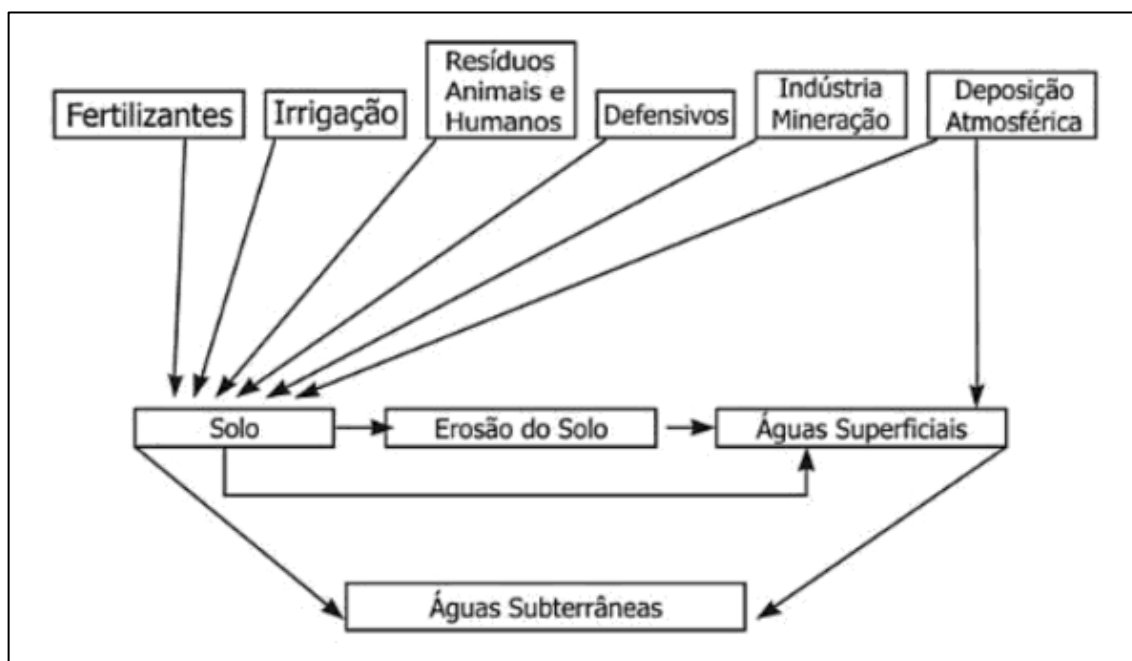
Fonte: blog.jacto.com, 2019

1.1.1 Efeitos globais da poluição e emissão de gases por solos contaminados

Matos (2013) descreve que a poluição do solo ocorre devido à introdução de substâncias nocivas, como produtos químicos tóxicos, metais pesados e resíduos industriais. Essas substâncias causam alterações prejudiciais nas características físicas, químicas e biológicas do solo. As consequências da poluição do solo são

significativas e podem reduzir a produtividade agrícola, comprometer a qualidade dos alimentos produzidos e prejudicar a saúde dos ecossistemas terrestres. A Figura 1.2 ilustra um diagrama das várias fontes de poluição do solo e da água.

Figura 1.2 - Diagrama das várias fontes de poluição do solo e da água



Fonte: MATOS, 2013, p10

Derisio (2017) destaca algumas atividades que fazem parte da degradação dos solos, como:

Atividades agrícolas: embora não associadas à poluição em larga escala, têm um impacto significativo no meio ambiente; a agricultura é uma fonte de poluição com metais pesados, afetando o ar, a água e o solo.

As impurezas em fertilizantes, como Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Molibdênio (Mo), Chumbo (Pb), Urânio (U), Vanádio (V), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Zinco (Zn) e Arsênio (As), juntamente com compostos orgânicos persistentes de pesticidas, representam uma ameaça à qualidade do solo; a agricultura intensiva modifica o ciclo hidrológico, aumentando o escoamento superficial, reduzindo a recarga de água subterrânea e afetando as águas superficiais. Além disso, práticas como o desmatamento e a limpeza de pastagens aumentam o escoamento superficial e contribuem para a erosão, afetando negativamente os corpos d'água.

A queima de resíduos agrícolas, como parte das operações de preparo do solo, libera poluentes do ar, incluindo CO₂, aldeídos, hidrocarbonetos e enxofre. O uso excessivo de fertilizantes leva à poluição de águas subterrâneas e superficiais com nitratos. O uso de fertilizantes inorgânicos e corretivos do solo contribui para a contaminação das águas superficiais, especialmente quando a erosão é ativa e fertilizantes mais solúveis apresentam maior risco de poluição.

As atividades agrícolas têm um impacto ambiental significativo, afetando o ar, a água e o solo, e a poluição resultante inclui metais pesados, nutrientes em excesso e contaminantes associados; assim o manejo adequado e a mitigação são essenciais para reduzir os impactos negativos da agricultura no meio ambiente.

Atividades Químicas: as principais fontes de poluição do ar na indústria incluem pesticidas, fertilizantes, fábricas de detergentes, plásticos, refinarias de petróleo, indústrias petroquímicas, serrarias, fábricas de papel e celulose. Devido à diversidade de atividades, a indústria gera uma ampla variedade de poluentes, tornando necessária a subdivisão das atividades em grupos para melhor caracterização.

A indústria química pode ser dividida em dois principais ramos: a indústria química inorgânica, que engloba a fabricação de soda cáustica, cloro, ácidos inorgânicos, pigmentos inorgânicos e fertilizantes; e a indústria química orgânica, que abrange a indústria petroquímica básica, indústria farmacêutica, produtos químicos orgânicos, pesticidas.

Os efluentes atmosféricos gerados pelas indústrias incluem partículas e diversos gases, como óxidos de enxofre, óxidos de carbono e nitrogênio e metais pesados. Além disso, resíduos sólidos são produzidos, incluindo restos de matérias-primas, polímeros residuais, lamas de caldeiras, materiais de limpeza de equipamentos e cinzas de fornos e caldeiras.

A indústria química é altamente diversificada em termos de processos e produtos, o que a torna um setor complexo e variado em termos de poluição. Cada tipo de indústria química apresenta características específicas em relação à geração de poluentes e resíduos. A poluição atmosférica, hídrica e do solo, bem como a geração de resíduos, são desafios significativos nesse setor.

Jucá (2003) destaca que a população próxima a aterros sofre as maiores consequências da emissão de gases por solos contaminados, enfrentando problemas como odores desagradáveis, gases inflamáveis e até mesmo substâncias tóxicas presentes no biogás. Globalmente, a liberação de biogás na atmosfera contribui para o efeito estufa, sendo uma das causas antropogênicas desse fenômeno.

Fraga (2005) salienta que para mitigar os efeitos da poluição do solo, é necessário implementar medidas de gestão adequadas, como:

- Redução da geração de poluentes: com o desenvolvimento de tecnologias limpas e a adoção de práticas de produção sustentáveis, é possível reduzir a quantidade de poluentes lançados no ambiente.
- Prevenção do transporte de poluentes para o solo: com o uso de sistemas de controle de poluição e o armazenamento adequado de resíduos, é possível evitar que os poluentes entrem em contato com o solo.
- Recuperação de solos contaminados: utilizando técnicas de remediação, é possível remover ou reduzir a concentração de poluentes no solo.

Tais informações nos conduzem a enxergar com clareza a necessidade da remediação, levando em consideração a preservação da vida humana e a legislação que são mostrados a seguir. O cuidado com o tratamento dos gases no solo é uma questão crítica que exige atenção.

1.2 Legislação e medidas encontradas atualmente

Spínola (2011) afirma que no Brasil, somente a partir de 2000 o poder público voltou sua atenção para a poluição do solo e áreas contaminadas.

Guimarães (2010) reforça que em algumas áreas de histórico industrial, devido a carência de normas legais com foco nos resíduos perigosos, encontram dificuldades técnicas quanto ao tratamento e destinação final de determinados tipos de resíduos. A inexistência de uma cultura consolidada de gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos das atividades produtivas, gerou um quadro insustentável no que diz respeito a áreas contaminadas, que se agrava com a precariedade das informações nesse campo.

No Brasil, as primeiras medidas para controle da poluição industrial foram tomadas na década de 1970, definidas pelos órgãos federais com o Decreto-Lei nº 1.413/1975 e a Lei nº 6.803/1980 (Brasil, 1975).

O Decreto-Lei nº 1.413/1975 estabeleceu a obrigação das indústrias em prevenir ou corrigir a poluição ambiental. O decreto também definiu as áreas críticas de poluição, que incluíam as grandes regiões metropolitanas do país, além de Cubatão e Volta Redonda.

A Lei nº 6.803/1980 (Brasil, 1980), por sua vez, estabeleceu diretrizes para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição. A lei previu três categorias de zonas industriais:

- Zona de uso estritamente industrial: destinada à instalação de indústrias que não causem danos significativos ao meio ambiente;
- Zona de uso predominantemente industrial: destinada à instalação de indústrias que causem danos moderados ao meio ambiente;
- Zona de uso diversificado: destinada à instalação de indústrias que causem danos significativos ao meio ambiente, desde que sejam adotadas medidas mitigatórias.

A lei também previu o licenciamento ambiental para a implantação, operação e ampliação de indústrias nas áreas críticas de poluição.

As leis nº 1.413/1975 e nº 6.803/1980 foram importantes avanços no controle da poluição industrial no Brasil. Essas leis estabeleceram as bases para a regulamentação e fiscalização das atividades industriais, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e da água no país. A seguir, um resumo das principais medidas previstas nas leis:

Lei nº 1.413/1975:

- Obrigação das indústrias em prevenir ou corrigir a poluição ambiental;
- Definição das áreas críticas de poluição;
- Apoio governamental para os ajustes, incluindo financiamento especial para aquisição de dispositivos de controle.

Lei nº 6.803/1980:

- Diretrizes para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição;
- Três categorias de zonas industriais: estritamente industrial, predominantemente industrial e diversificado;
- Licenciamento ambiental para a implantação, operação e ampliação de indústrias nas áreas críticas de poluição.

1.3 Princípios de tratamento de gases no solo

Dinis (2005) indica que setores industriais como químicos, petroquímicos e automobilísticos, se destacam por produções em larga escala, porém dependem de combustíveis para gerar calor ou de fluídos químicos para transformar matérias-primas em produtos. Devido a demanda logística, normalmente são instalados oleodutos, eliminando a necessidade de transportar os materiais por caminhões. Embora isso gere maior praticidade no processo, também aumenta o risco de vazamentos que podem resultar na contaminação do solo, causando danos à natureza e, potencialmente, afetando a saúde humana.

Fraga (2005) afirma que existe a necessidade de adotar medidas rigorosas e eficazes para mitigar os impactos ambientais associados a essas atividades industriais. A busca por práticas mais sustentáveis, tecnologias mais seguras e regulamentações mais rígidas se torna vital para garantir que o crescimento econômico e o desenvolvimento industrial não prejudiquem o meio ambiente e a saúde pública. Portanto, é necessário que empresas e governos cooperem para implementar estratégias de tratamento de gases no solo que minimizem os riscos de contaminação.

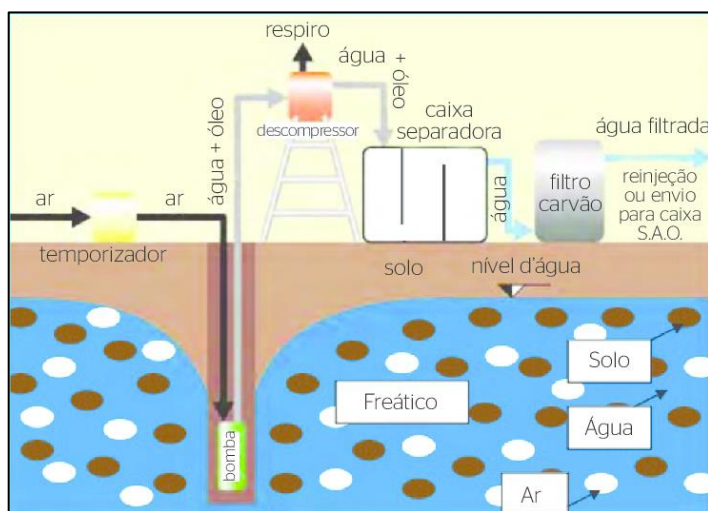
1.4 Métodos mais convencionais de tratamento do solo

Pump and treat. Pereira (2015) revela que entre os métodos mais comuns de tratamento de gases do solo, destacam-se o P&T (do português: “bombear e tratar”), que é um método de remediação comumente utilizado para tratamento da contaminação em águas subterrâneas. As águas contaminadas são bombeadas para a superfície através de poços de extração, com a utilização de bombas elétricas ou

pneumáticas. Após o bombeamento, os contaminantes passarão por uma sequência de processos de tratamentos antes de retornar ao meio ambiente, sendo a caixa separadora (para separar o óleo da água), e o *air stripping*.

O P&T é bastante eficaz no que toca ao tratamento de poluentes aquosos, como no caso de produtos químicos industriais, solventes orgânicos e metais pesados que tenham se infiltrado no lençol freático. O sistema funciona de modo que o ar temporizado é injetado para extrair a mistura de água e óleo do aquífero freático. A mistura é descomprimida e enviada para uma caixa separadora, onde ocorre a separação do óleo e da água. A água passa por um filtro de carvão para purificação e é reinjetada no solo ou armazenada, conforme a Figura 1.3.

Figura 1.3 - Ilustração de sistemática de um conjunto P&T

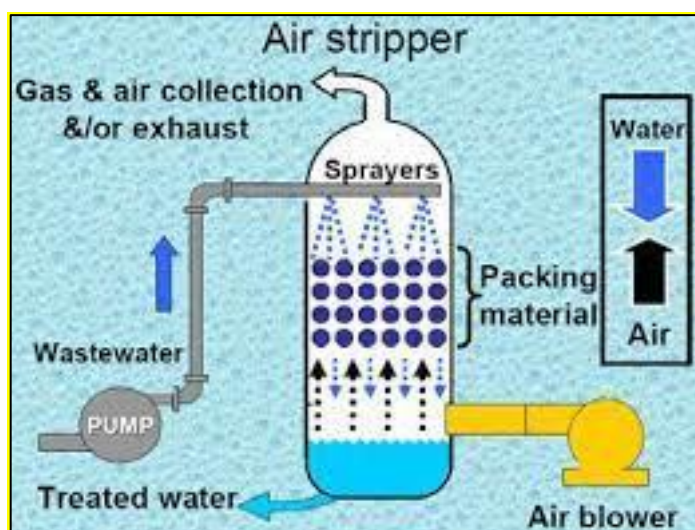


Fonte: www.researchgate.net, 2011

Air stripping: O arraste com ar é uma técnica de remediação usada para tratar água que está contaminada com compostos voláteis, como solventes clorados. Este método realiza a transferência ou volatilização de poluentes da água para o ar. A água contaminada é pulverizada ou gotejada ou exposta a correntes de ar, geralmente em torres ou colunas de aeração. Os poluentes voláteis se evaporam da água e são

capturados em um sistema de tratamento de ar, onde são posteriormente tratados com a utilização de tanques para tratamento de gases ou destruídos com os oxidadores catalíticos. Este método é eficaz na remoção de compostos voláteis da água, como tricloroetileno (TCE) e tetracloreto de carbono, que são frequentemente encontrados em locais contaminados por atividades industriais. A Figura 1.4 possui uma Ilustração de funcionamento do *air stripper*.

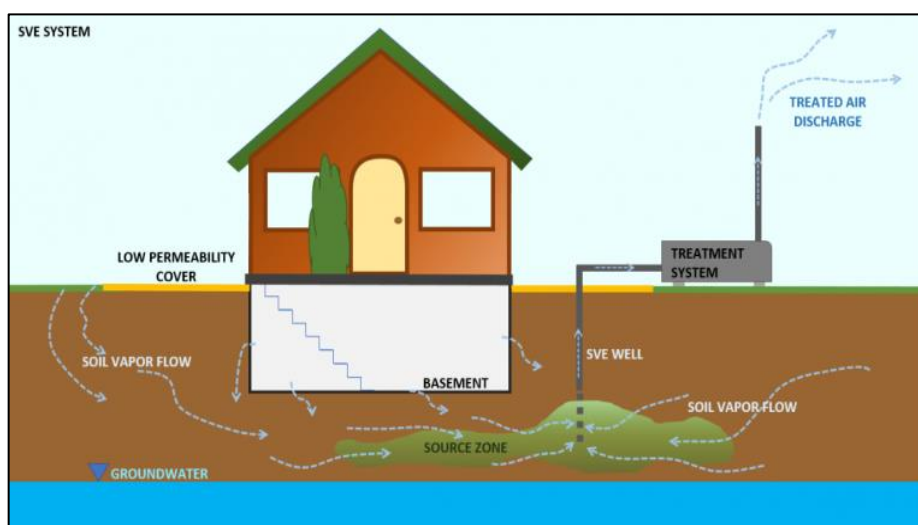
Figura 1.4 - Ilustração de funcionamento do *air stripper*



Fonte: www.michigan.gov, 2024

Soil Vapor Extraction: Borjas (2009) descreve que o SVE (do português: “extração de vapor do solo”) é uma técnica de remediação usada para extrair, tratar e remover vapores de poluentes orgânicos do solo. É frequentemente utilizada em conjunto com o P&T para tratar áreas que estejam contaminadas. O sistema envolve a instalação de poços para a extração de gases provenientes do solo, geralmente equipados com bombas de vácuo que retiram os vapores do solo e em seguida enviam para a parte do sistema que realizará o tratamento destes gases. Os vapores são tratados pela adsorção para eliminar os poluentes. Este método é utilizado para tratar poluentes orgânicos voláteis, como hidrocarbonetos, solventes orgânicos e outros compostos que possam ter se infiltrado no solo, conforme ilustra a Figura 1.5.

Figura 1.5 - Ilustração do posicionamento de extração do SVE



Fonte: <https://eco-rentalsolutions.com>, 2000

Ainda, Borjas (2009) mostra a tabela de técnicas para controle de remediação, onde são informados os tipos de problemas encontrados em algumas áreas e a técnica de remediação indicada para cada uma das situações, conforme mostra a Figura 1.6.

Figura 1.6 - Tabela de técnicas para controle de remediação

Tabela 1 – Técnicas para Controle e Remediação de Áreas Contaminadas (Evans, 1991).

Problema do Local	Técnica de remediação								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Volatilização de substâncias químicas no ar	X								
Lançamento de particulados na atmosfera	X								
Produção de poeira por construção pesada ou outras atividades	X								
Escoamento superficial do contaminante	X								
Erosão superficial provocada pela água ou vento	X								
Escoamento superficial do lixiviado	X								
Contato de corpos de água com resíduos	X								
Migração vertical ou horizontal do lixiviado			X				X		
Nível freático próximo à superfície podendo resultar em contaminação da água subterrânea ou interferir com outras técnicas de remediação.			X						
Infiltração de água pluvial no terreno para formação de lixiviado	X		X						
Evidência de migração lateral no subsolo, de metano ou outros gases tóxicos				X					
Materiais dispostos aleatoriamente em superfície (lagoas de rejeitos, pilhas de resíduos, etc.)					X		X	X	
Contaminação de água superficial ou subterrânea através de resíduos líquidos ou pastosos					X		X	X	
Solos contaminados					X		X	X	
Gases perigosos e/ou tóxicos que tenham sido coletados								X	
Sedimentos contaminados					X	X		X	
Contaminação do sistema de distribuição de água									X
Linhas de esgoto contaminado									X

(1) Drenagem / controle da água superficial.
 (2) Controles de poluição do ar.
 (3) Controle do lixiviado e da água subterrânea.
 (4) Controle de imigração do gás.
 (5) Escavação e remoção do resíduo/solo e disposição em aterros.
 (6) Remoção e contenção de sedimentos contaminados.
 (7) Tratamento *in situ*.
 (8) Tratamento direto do resíduo.
 (9) Controle das linhas dos sistemas sanitários (água e esgoto).

Fonte: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br>, 2002

Thomé (2021) ressalta que um dos desafios na remediação de gases danosos é a necessidade de uma análise detalhada da geologia do local contaminado. Isso envolve a compreensão das camadas de solo, sua permeabilidade, estrutura geológica e a presença de aquíferos subterrâneos. Além disso, é essencial realizar um estudo abrangente dos tipos de contaminantes presentes no solo, uma vez que diferentes poluentes requerem abordagens distintas de tratamento.

1.5 Automação e tecnologias

Ribeiro (2021) destaca que a automação está no dia a dia e, apenas é necessário observar diferentes perspectivas: seja em uma máquina lava-louças automática (automação residencial), ou mesmo em um ar-condicionado automático (automação predial). Ou seja, a automação não se limita apenas as indústrias, pois sua gama de aplicação é vasta; tudo que pode trazer inteligência operacional para uma máquina se enquadra na automação.

Esta abordagem visa otimizar a produção, melhorar a eficiência operacional, aumentar a qualidade dos produtos e garantir a segurança dos trabalhadores. Em sua essência, a automação industrial busca substituir a intervenção humana em tarefas repetitivas e perigosas, além de aprimorar a precisão e a velocidade das operações.

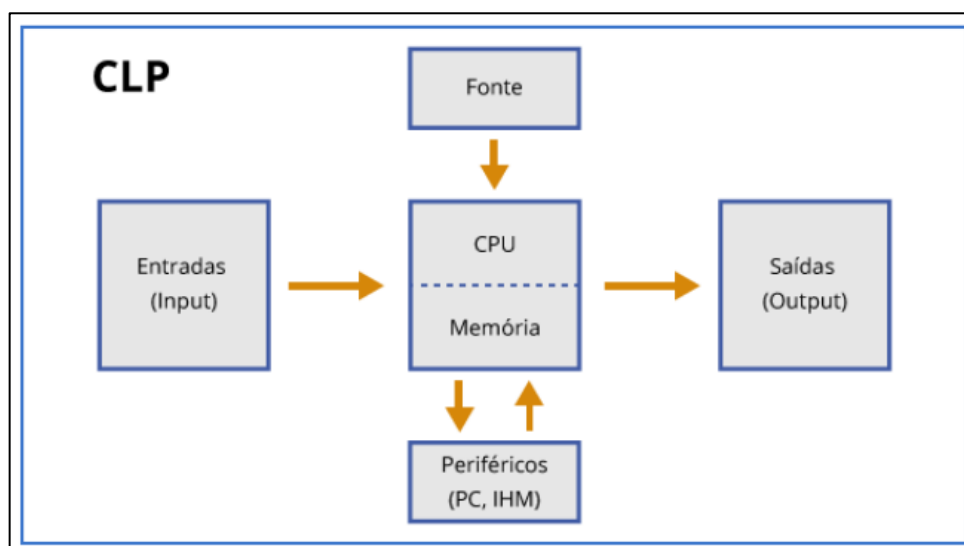
A automação industrial utiliza uma variedade de tecnologias e sistemas, incluindo sensores, atuadores e controladores, para realizar suas funções. Entre esses componentes, destaca-se o Controlador Lógico Programável (CLP), uma ferramenta essencial para o controle eficiente e preciso dos processos industriais.

1.6 Controlador Lógico Programável (CLP)

O NEMA - *National Electrical Manufacturers Association*, (2021) enfatiza que o CLP é um aparelho eletrônico digital, que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

A estrutura do CLP é composta por módulo de Entradas, UCP (Unidade Central de Processamento) e módulo de Saídas. A UCP possui uma isolamento galvânica para reduzir possíveis perigos que podem comprometer ou diminuir sua vida útil, pois como as entradas e as saídas estão muitas vezes em contato direto com o campo, necessita-se de uma proteção para garantia do equipamento. A Figura 1.7 mostra um diagrama básico da estrutura de um CLP.

Figura 1.7 - Diagrama básico da estrutura de um CLP

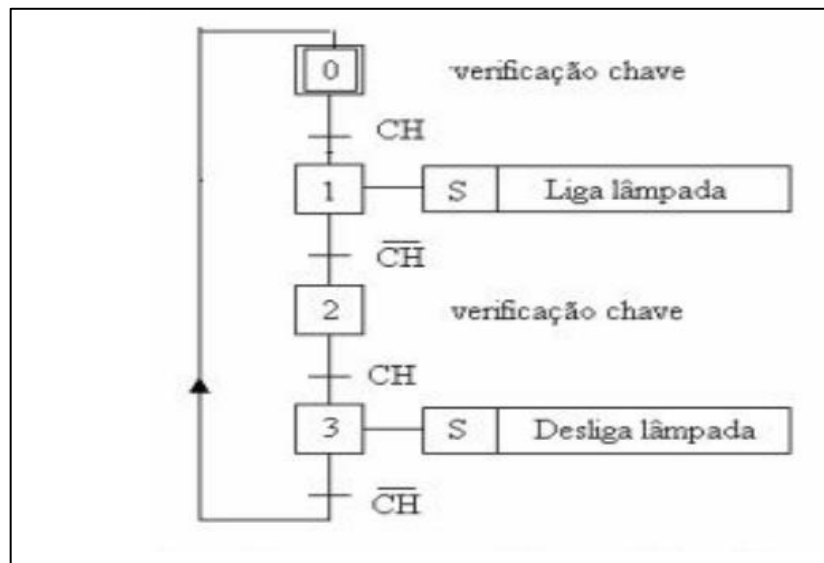


Fonte: <https://materialpublic.imd.ufrn.br>, (2015)

1.7 Linguagem de programação

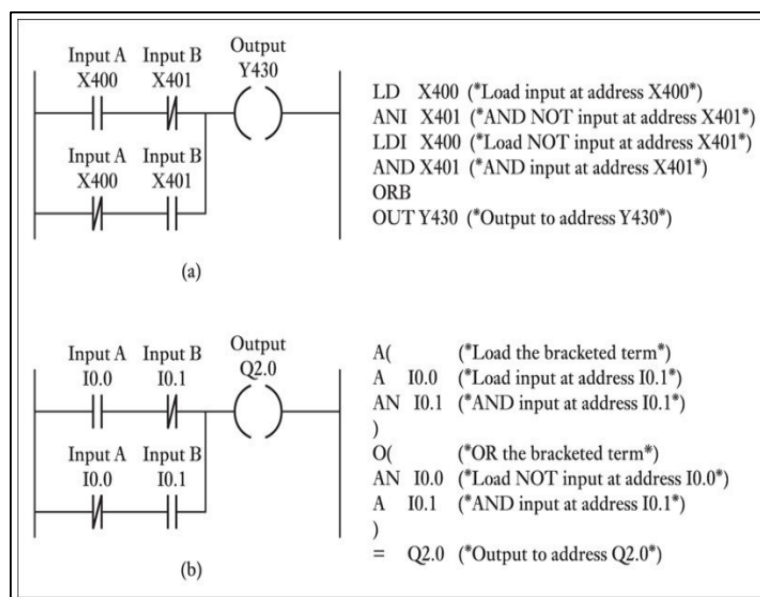
O NEMA - *National Electrical Manufacturers Association*, (2021) informa que para a programação do CLP existem diversas linguagens utilizáveis. Dentre elas, há programações padronizadas que permitem a utilização em qualquer CLP do mercado. As principais são: a *ladder*, o SFC (que é uma linguagem sequencial) e o texto estruturado. A Figura 1.8 possui um exemplo de SFC, linguagem sequencial geralmente utilizada com um diagrama de estados.

Figura 1.8 - Exemplo de SFC



Fonte: SILVA, 2002, p.20

Na Figura 1.9 encontra-se um exemplo de linguagem *ladder*, a linguagem mais utilizada na indústria por conta da sua compatibilidade com diversos sistemas, e interpretação facilitada.

Figura 1.9 - Exemplo de *ladder*

Fonte: SILVA, 2002, p.21

O texto estruturado, é uma linguagem de programação de comum utilização em dispositivos como o CLP devido a facilidade na conversão de dados, conforme ilustra a Figura 1.10.

Figura 1.10 - Exemplo de texto estruturado

```
// Bloco vai totalizar toda a massa que passar pelo sensor

IF Hab_TOT THEN
    Total_medido_inicio_bloco:=Input/12000;
    TOT:=Total_medido_inicio_bloco+TOT;

END_IF

IF (Hab_TOT AND Reset_TOT)OR Reset_TOT THEN
    TOT:= 0;
    END_IF

IF TOT>SetPoint THEN
    Done:=TRUE;

END_IF
```

Fonte: SILVA, 2002, p.21

1.8 Redes industriais e seus protocolos

Roisenberg (2023) afirma que as redes industriais são um elemento essencial na atual paisagem das operações. Elas representam um sistema de comunicação automatizada que liga uma variedade de dispositivos e equipamentos, incluindo atuadores, computadores, máquinas, sensores e interfaces. Essas redes desempenham um papel crucial na transmissão de informações e no compartilhamento de dados em ambientes industriais, e sua adaptabilidade permite que sejam personalizadas de acordo com as necessidades específicas de cada empresa. Na automação existem inúmeros protocolos de comunicação que podem ser utilizados. A ênfase é dada especialmente ao protocolo MQTT.

1.9 Internet das coisas (IoT)

Miraz *et al.* (2015) definem que a estrutura de comunicação conhecida atualmente trata-se de máquina-homem(ou seja, o homem interage com a máquina). Entretanto, devido a constante evolução dos equipamentos e *softwares*, a comunicação máquina-máquina tem sido mais frequente. O IoT possibilita que todos os equipamentos que permitem um acesso à internet, seja com ou sem fio, sejam capazes de publicar dados em uma plataforma virtual.

A ideia do IoT é permitir a troca autônoma de informações úteis entre diferentes dispositivos do mundo real identificáveis e invisivelmente incorporados ao nosso redor, alimentados por tecnologias líderes como identificação por radiofrequência (RFID) e conexão sem fio.

1.10 Node-RED

Rajalakshmi e Shahnasser (2017) relatam que o Node-RED é uma ferramenta gráfica amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicações IoT industriais. Facilita a conexão entre dispositivos, API's (interface de programação de aplicações) e serviços online. O Node-RED suporta uma ampla gama de protocolos e interfaces, tornando mais fácil a conexão de dispositivos IoT, sensores e serviços online. Isso permite a integração perfeita de *hardware* e *software* em aplicativos. Salientam que isso culmina em situações vantajosas, quando dados podem vir de diversos provedores.

1.11 Automação no tratamento do solo e hidrocarbonetos

Andrade (2010) ressalta que a remediação de solos contaminados é um desafio ambiental significativo, e o sistema SVE é uma técnica amplamente utilizada para mitigar a contaminação por compostos orgânicos voláteis. Quando combinada com automação, o SVE se torna uma solução altamente eficaz e eficiente para a reabilitação de áreas afetadas. Trazendo inteligência no quesito de acionamentos, monitoramentos, tratativa de dados e sendo um braço direito para os técnicos de campo que cuidam da manutenção.

1.11.1 Vantagens da automação e tecnologia para otimização do sistema

Andrade (2010) destaca que a coleta de dados em tempo real permite a análise instantânea do desempenho do sistema, possibilitando ajustes precisos e em tempo hábil. Os algoritmos de automação podem otimizar as operações, ajustando automaticamente a taxa de extração de vapores de acordo com as condições

variáveis do solo e as concentrações dos contaminantes, maximizando a eficiência da remediação e minimizando os custos operacionais.

Além disso, a automação facilita a integração de sistemas de controle e monitoramento remotos, permitindo que os engenheiros monitorem e controlem o sistema SVE a partir de um local central. Isso é particularmente benéfico em projetos de grande escala ou em locais de difícil acesso, onde a eficiência operacional e a tomada de decisões rápidas são fundamentais para o sucesso do projeto de remediação.

A precisão proporcionada pela automação na dosagem de ar e produtos químicos, bem como na detecção e resposta imediata a eventuais problemas, resulta em economia de recursos e minimização dos impactos ambientais. A automação também aumenta a segurança operacional, reduzindo a exposição dos trabalhadores a ambientes potencialmente perigosos.

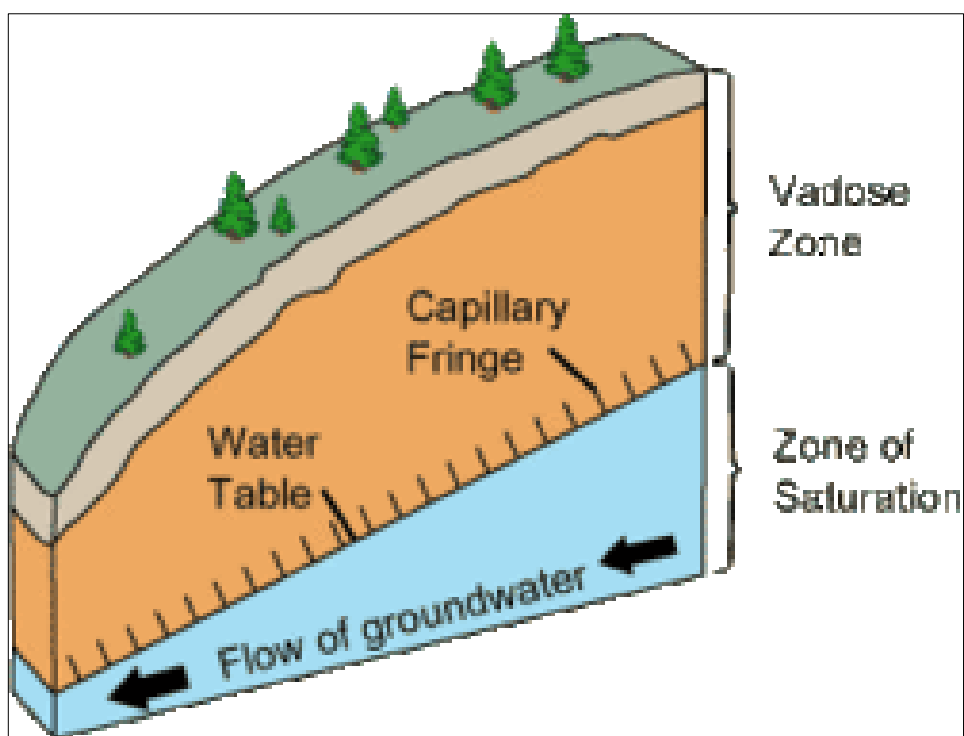
1.11.2 Hidrocarbonetos retirados do solo

Micha (2014), assegura que os hidrocarbonetos são moléculas compostas apenas de carbono e hidrogênio, podendo ser saturados ou insaturados. A maior fonte de hidrocarbonetos advém do petróleo e seus derivados como, gasolina, diesel, e gás de cozinha.

Aelion e Kirtland (2000) realizaram um estudo para validar se as técnicas de remediação foram ou não eficazes para a remoção do contaminante no solo. Conforme o estudo de campo, constatou-se que após 8 horas de funcionamento por dia o sistema foi capaz de retirar um total de 608kg de hidrocarbonetos do solo em

cerca de 44 dias. No estudo também foi possível concluir que para o SVE obter desempenho, dependerá da composição química dos contaminantes, ou seja, a taxa de vapor que se encontra numa zona vadosa. Zona vadosa é aquela que está situada entre a superfície freática e a superfície do terreno, e nela os poros estão parcialmente preenchidos por gases, ar e vapor d'água que se misturam com os gases contaminantes, conforme a Figura 1.11 que ilustra as divisões das zonas do solo.

Figura 1.11 - Exemplo simplificado sobre divisão das zonas no solo



Fonte: <http://repositorio.poli.ufrj.br>, 2011

2 METODOLOGIA

Neste capítulo encontram-se métodos e técnicas utilizadas para desenvolver e construir o projeto intitulado Automação e Monitoramento de Sistema de Controle de Gases Danosos ao Solo. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da FATEC São Bernardo do Campo e nas residências dos integrantes do grupo.

Dentre os vários autores que tratam da metodologia científica, Prodanov e Freitas (2013) destacam que a metodologia é o caminho a percorrer para o desenvolvimento de uma pesquisa. Enfocam que os métodos são procedimentos amplos do raciocínio e as técnicas são procedimentos que operacionalizam os métodos mediante instrumentos adequados.

Severino (2017) enfatiza que a preparação metódica e planejada de um trabalho científico supõe uma sequência de etapas que compreendem: determinação do tema-problema e justificativa, levantamento da bibliografia referente ao tema, leitura e documentação desta bibliografia após seleção, construção lógica do trabalho.

A preparação metódica está diretamente ligada ao tipo de pesquisa que se pretende realizar, utilizando técnicas que estão em sintonia com os assuntos abordados. As técnicas dão base para a forma correta da elaboração do projeto, que são procedimentos que encadeiam o raciocínio para uma metodologia de aplicação prática.

A construção da redação do TCC tem como base o Manual de Normalização de Projeto de Trabalho de Graduação da Fatec SBC (2023) que se encontra amparado

nas normas da ABNT. O trabalho é escrito em uma linguagem simples, concisa, e terminologia adequada.

2.1 O tema-problema, justificativa e fluxograma

O objetivo deste projeto que se intitula Automação e Monitoramento de Sistema de Controle de Gases Danosos ao Solo, é automatizar um sistema pré-existente, levando-o a um efetivo funcionamento. Justifica-se por maior agilidade e capacidade de monitoramento e economia de tempo em relação ao deslocamento de técnicos de campo entre as estações de trabalho.

Bose (2021) explana que a automação tem um impacto significativo na segurança e no perfil ambiental, podendo ser responsável inclusive pela diminuição do aquecimento global. Com base nos avanços da automação na indústria química, e, em amplas análises no processo pré-estabelecido do sistema SVE manualmente controlado na planta, conclui-se que há uma necessidade de automação real.

De maneira geral, o sistema SVE é composto por tubulação, bomba de vácuo e filtros de carvão. Entretanto, pouco se fala em automação, isto é, trazer certa autonomia e inteligência ao sistema. Através de pesquisas de campo, o sistema de tratamento demonstra carência de automação, muitas vezes recorrendo a lógica de relés para realizar comandos elétricos. Com um funcionamento tão convencional e manual, em tempos de indústria 4.0 e IoT, a tecnologia se apresenta como um caminho viável para a otimização deste processo.

Numa planta estudada, o SVE tem foco na extração de gases danosos no solo de uma indústria petroquímica, que conta com válvulas, filtros de carvão mineral e

bombas a vácuo. Embasados na solução estudada e pautados na possibilidade de aplicação da automação, o *retrofit* (reengenharia, aprimoramento de um produto ou processo obsoleto ou pouco eficiente) fez-se uma solução economicamente viável.

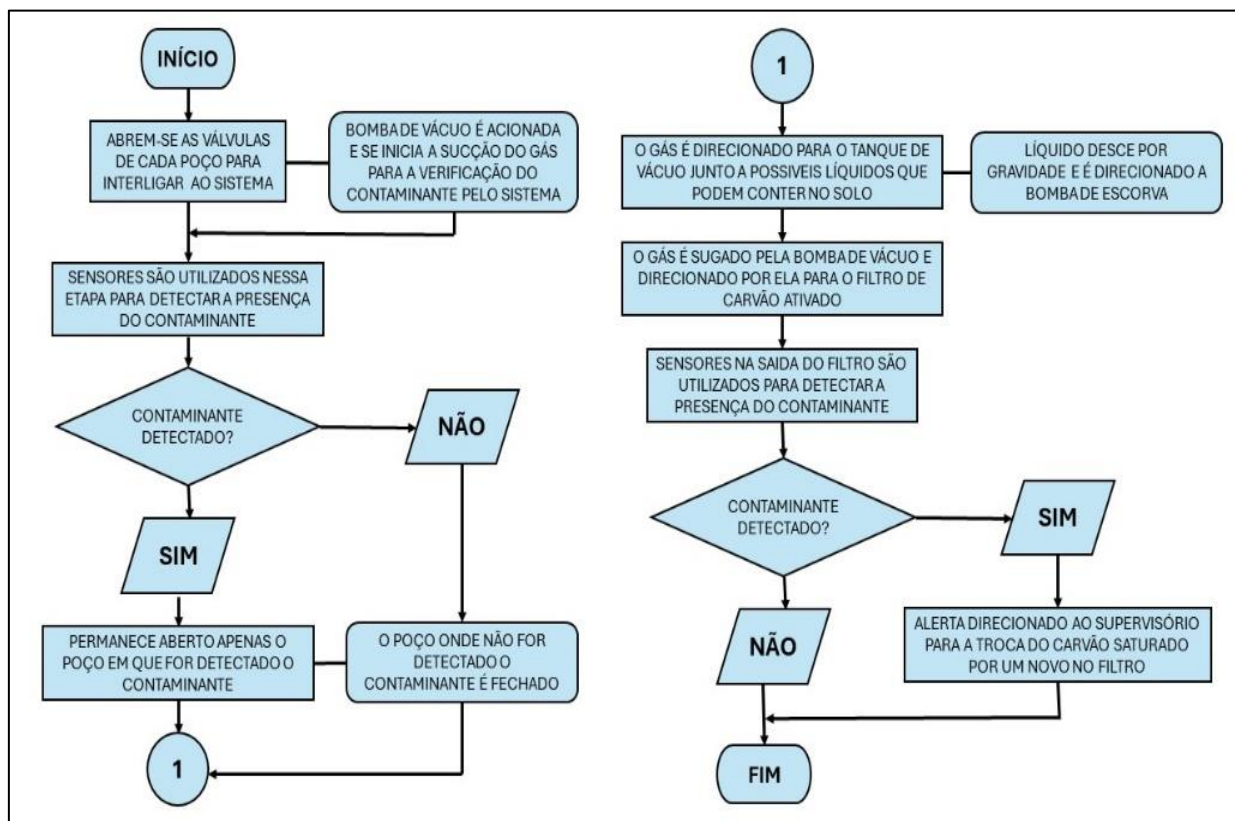
Conforme a Associação para o Progresso da Direção de Empresas - APD (2022), na medida em que novas versões e produtos são criados, diversos objetos e processos tornam-se obsoletos e por vezes acabam sendo descartados de forma inadequada. Neste cenário, a automação foi aplicada tendo em vista as necessidades apresentadas anteriormente e, de maneira a evitar o máximo de descarte possível, seja de recursos financeiros, seja de componentes ou maquinário.

Contudo, outra problemática encontrada foi a de deslocamento. No processo atual, o operador desloca-se por distâncias significativas ao longo da planta, de maneira convencional, ou seja, inviável no que diz respeito a produtividade e ergonomia. Através de um estudo de caso chegou-se à conclusão de que, inevitavelmente o processo teria de ser controlado a distância: por um microcontrolador ou microprocessador.

Com base nas dificuldades levantadas, a adoção do CLP para controle do processo foi a solução majoritariamente eficaz. Além disso, a utilização do Node-RED para monitoramento revelou-se importante aliada, uma vez que no sistema predecessor a capacidade de observação de dados em tempo real era nula.

O projeto apresentado através do fluxograma, ilustra a otimização do sistema SVE onde trouxe automação, monitoramento e velocidade a operação. Com o controle remoto, evita-se que o técnico de campo tenha de se deslocar até o sistema, além da possibilidade de monitoramento a distância via celular ou computador. A Figura 2.1 ilustra o fluxograma do projeto que se pretende construir.

Figura 2.1 – Fluxograma do projeto



Fonte: Autoria própria, 2024

O fluxograma apresentado pela Figura 2.1 descreve o ciclo de funcionamento do projeto. O primeiro passo é iniciar o sistema abrindo as válvulas, onde a bomba de vácuo é acionada e inicia a sucção do gás para a verificação do contaminante pelo sistema. Após a inicialização os sensores verificam se há a presença de contaminante para prosseguir com o tratamento nos tanques seguintes, entrando em contato com o carvão ativado e liberando o gás a atmosfera, caso não ocorra, o processo reinicia. As etapas de controle do sistema são monitoradas via CLP e Node-RED.

2.2 Etapas teóricas e físicas para o desenvolvimento do problema

Após delimitar o tema-problema, justificativa e descrição do funcionamento do fluxograma desenvolvem-se as seguintes etapas:

Primeira etapa: reunião dos integrantes do grupo com o orientador para traçar as diretrizes de como efetuar a pesquisa sobre o tema proposto. O orientador fez uma explanação geral sobre o assunto e deu ideias de como efetuar as pesquisas teóricas. Marcou, obrigatoriamente, um dia por semana para o grupo apresentar o andamento das pesquisas.

Segunda etapa: levantamentos bibliográficos, disponíveis na FATEC São Bernardo do Campo, em sites especializados, provenientes de arquivos de PDF, manuais e catálogos de empresas.

Terceira etapa: após o levantamento bibliográfico as mesmas foram selecionadas, de acordo com o tema e fez-se a construção do Capítulo 1 – Fundamentação teórica e referências.

Quarta etapa: levantamento dos materiais a serem utilizados no processo. Pesquisas de preços em sites e lojas especializadas. Estudo da viabilidade econômica. Aquisição dos materiais conforme a Figura 2.2.

Figura 2.2 – Tabela de custos do projeto

COMPONENTES UTILIZADOS	CUSTO POR UNIDADE (R\$)	VALOR EM REAIS
1x Motor Compressor Embraco 1/4 Egas80clp 127v R600	739,9	739,9
1x Vacuometro 40mm 0/30"Hg e 0/-1 bar 1/8" BSPT	52,15	52,15
1x Sensor Bosch 0 261 230 030	46,2	46,2
4x Sensor de gás MQ-2	19,9	79,6
1x Clp Altus Nexto Express Xp325 24vcc	5900	5900
1x Bomba de Água Motor 12V DC - RS-385	18,55	18,55
1x Carvão Ativado Granulado 2 kilos	34,19	34,19
8x Relé Prz-1r- 24 Jz1rc3+prt8-1 24v	46,99	375,92
1x Cantoneira Em L Alumínio 10mm X 10mm - 2 Metros	18,9	18,9
3x kit de Parafusos e Rebites	5,5	16,5
1x Pedra de Argila Expandida Substrato Premium 1m²	65,9	65,9
1x Pedrisco Saco 20kg	5,49	5,49
1x Mangueira Pneumática Ø8mm Pu 150psi/10bar 10m	39,99	39,99
2x Tinta Spray Preto Brilhante	25	50
1x Kit 6 tampas de 44 mm + 6 tampas de 50mm	43,2	43,2
1x Temporizador Digital 0,1s A 100 Horas 12 Vca/Vcc Clip	108,77	108,77
2x Tubo. d 8mm-22mm 50cm tubos acrílicos rígidos	52,76	105,52
1x Fonte Chaveada 24v 2,5a - Cp-e 24/2.5	712,9	712,9
1x Fonte De Alimentação Bivolt 5v 2a P4 110v/220v	13,9	13,9
1x Fonte Chaveada 12v 5a 60w Bivolt 110/220v	21,99	21,99
3x Sensor de Nível de Água 90°	20,9	62,7
1x Canaleta Recorte Aberto Cinza 30x30mm 2 M - Dutoplast	27,5	27,5
1x Caixa com Tampa em Acrílico C 350 x A 200 x L 150mm	287,5	287,5
1x Aplicador de Silicone	15	15
1x Tubo de Silicone	25	25
3x Rosca Hexagonal para Agua m6-m10 6pcs	11,8	35,4
1x Trilho Perfurado Suporte Din 50cm Zincado Baixo	15,8	15,8
1x Botão. Power Switch Auto-Recuperação	10,38	10,38
3x Válvulas Controladoras de Fluxo de Agua 24V	15,11	45,33
5x Válvulas Solenoide NF 24V	14,62	73,1
1x Indicador de Luz 24V	7,5	7,5
5x Trava Momentanea Interruptor Rotativo	20,56	102,8
4x Adaptor Curto 20mm 1/2 Tigre	1,2	4,8
4x Adaptador Flange 20mm 1/2 Tubos	9,4	37,6
3x Cap Marrom 20mm	1,3	3,9
5x Cotovelo 20mm x 90 - 1/2	1	5
Custo Aproximado com Fretes e Importações	210	210
TOTAL		R\$ 9.418,88

Fonte: Autoria própria, 2024

Quinta etapa: confecção da parte estrutural do sistema, montagem dos tanques de gás que contemplam os poços, o gás e o carvão ativado.

Sexta etapa: montagem do painel: CLP, botoeiras, fusíveis e disjuntores, fiação elétrica e trilhos.

Sétima etapa: programação no MasterTool, fazendo uso das linguagens *ladder* e texto estruturado.

Oitava etapa: comunicação via Node-RED, utilizando o protocolo MQTT e testes finais.

Nona etapa: apresentação do projeto concluído bem como o seu funcionamento. Dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do projeto e as soluções encontradas.

Décima etapa: após conclusão do projeto constroem-se o texto das considerações finais e o resumo.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo encontra-se (passo a passo) a construção e o desenvolvimento do projeto intitulado Automação e Monitoramento de Sistema de Tratamento de gases danosos ao solo.

Para melhor compreensão do projeto a Figura 3.1 ilustra-o finalizado.

Figura 3.1 – Projeto finalizado



Fonte: Autoria própria, 2024

Para a construção e desenvolvimento do projeto são destacadas as seguintes fases:

- Montagem dos tanques e testes
- Montagem do painel e testes
- Programação do CLP e testes

- Comunicação via Node-RED e testes
- Apresentação e funcionamento do projeto e testes
- Dificuldades e soluções encontradas durante a execução do projeto

3.1 Arquitetura do projeto

A arquitetura do projeto foi construída visando a economia de insumos e a clareza nos testes de campo, mantendo uma boa visibilidade na distribuição dos componentes, sem abrir mão da qualidade. Cada item e material escolhido foi minuciosamente analisado, levando em consideração principalmente a economia e a funcionalidade no projeto, em busca de selecionar as melhores soluções para cada demanda do sistema.

3.2 Montagem dos tanques

O tanque “A” armazenará o gás contaminado, isto é, o gás a ser extraído e tratado. Foi produzido sob encomenda com 10.500mm³, a fim de comportar a demanda necessária. No tanque foram depositadas pedras e argila expandida em substituição da terra do terreno original, para evitar a sujeira e a obstrução das vias, garantindo melhor funcionamento do sistema. Três cilindros foram distribuídos de maneira a representar os poços de extração, e contam com sensores de gás MQ-2 para o controle de quantidade de contaminantes. O gás contido no tanque será o butano, pois ele é compatível com o sensor e é possível ser tratado pelo carvão ativado, em analogia ao sistema original. O butano será inserido em 4 juntas, passando por tubos de polímero. Na Figura 3.1 observa-se uma imagem do tanque A junto aos componentes citados.

Figura 3.2 – Tanque A



Fonte: Autoria própria, 2024

O Tanque “B” (tanque de vácuo), também foi encomendado sob medida de 4.600mm³, a fim de armazenar o vácuo gerado pelo compressor (que foi utilizado como bomba de vácuo). O vácuo é acumulado no tanque B, e por intermédio da bomba de água, (que foi utilizada como bomba de escorva) a água condensada é extraída. O gás succionado pelo compressor circula através de mangueiras de polímero conectadas as juntas 1,2 e 3. Cada um dos adaptadores “T” possui uma válvula solenoide que controla a pressão, convertendo-a em sinais elétricos inteligíveis ao CLP. O sensor MAP controla a pressão absoluta do sistema, isto é, efetua a medição dos níveis positivos e negativos. Após o trânsito anteriormente citado, os gases percorrem todo o tanque C, entrando em contato com o carvão ativado e assim passando pelo processo de filtragem até a sua saída para atmosfera. Na Figura 3.2 ilustra-se o tanque B, bem como os componentes que garantem a sua correta utilização.

Figura 3.3 – Tanque B



Fonte: Autoria própria, 2024

O Tanque “C” tem como objetivo receber, filtrar, e por fim liberar o gás para a atmosfera. Este tanque foi adquirido em formato comercial, adaptado apenas com as furações necessárias. Para o trânsito do gás (agora segregado da água) ao tanque C, um furo foi realizado na parte inferior, para a inserção da mangueira de acesso oriunda do compressor. Nesta etapa, o motor compressor apresentado no capítulo anterior foi utilizado como uma bomba de vácuo, pois o mesmo atendeu a pressão negativa necessária para o funcionamento do sistema. Por fim, uma furação na parte superior também foi realizada para a inserção dos tubos de acesso que liberarão o gás filtrado. É importante reiterar que, o projeto se trata substancialmente da automação e monitoramento de um processo pré-existente, de maneira que não se compromete com as variantes químicas que envolvem o oxigênio e seus gases, bem como o *modus operandi* inserto na planta estudada para o caso. Na Figura 3.3 encontra-se a visualização do tanque C.

Figura 3.4 – Tanque C

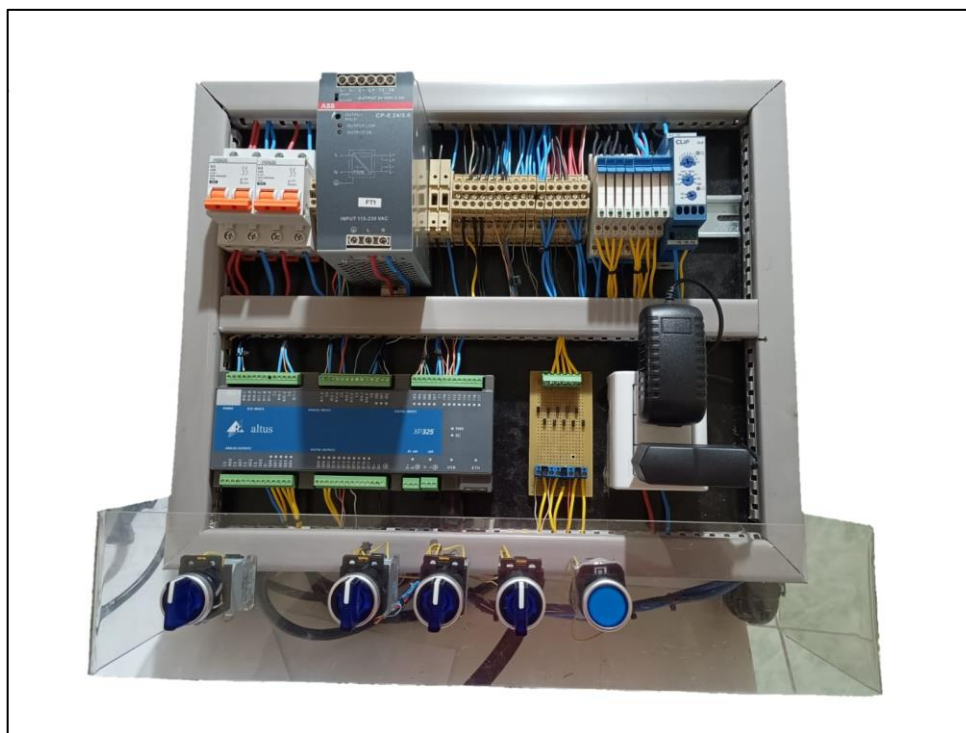


Fonte: Autoria própria, 2024

3.3 Montagem do painel

Para a montagem do painel, foi levado em consideração o tamanho necessário para o acoplamento de todos os componentes, como CLP's, fusíveis, disjuntores, botoeiras, entre outros. O material escolhido foi o MDF, devido a maior versatilidade para a furação dos trilhos. Os trilhos escolhidos foram do tipo DIN (*Deutsches Institut für Normung*; do alemão: Instituto Alemão de Normalização), de acordo com o padrão da indústria. Foram utilizados bornes de passagem duplo afim de separar os atuadores e seletoras, que são itens de alimentação 24v, dos sensores analógicos que emitem um sinal de 0 a 5v. Foram utilizados relés de interface (como válvulas solenoides e bomba d'água) com o objetivo de prevenir a queima das saídas digitais do CLP. Para os sensores analógicos, utilizou-se cabos par trançado. Para a bomba de vácuo, inserimos um relé temporizador para evitar consecutivos acionamentos. As seletoras foram ligadas de maneira a permitir o acionamento tanto automático, quanto manual. A botoeira fará o papel de resetar o sistema em caso de erros. A Figura 3.4 mostra o *layout* do painel com a distribuição dos itens citados.

Figura 3.4 – Layout do painel



Fonte: Autoria própria, 2024

3.4 Comunicação via Node-Red utilizando protocolo MQTT

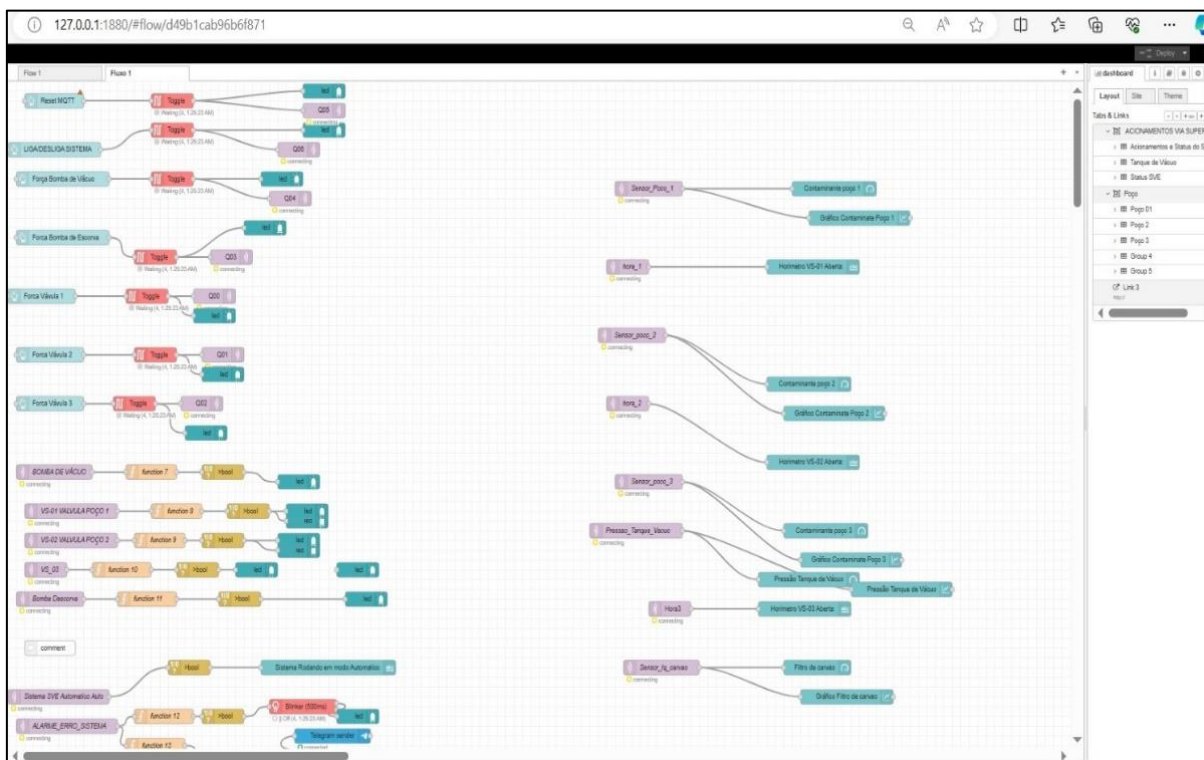
A configuração realizada permitirá que a aplicação seja detectada em escala mundial, tendo a conexão com a internet como único requisito, tarefa nada impossível nos tempos atuais da indústria 4.0, onde temos por exemplo o Starlink, empresa de fornecimento de internet via satélite que permite que o sinal de rede chegue a regiões remotas, onde os meios convencionais não chegariam naturalmente.

O sistema também conta com um servidor em nuvem, onde fica hospedado via MQTT (*message queuing telemetry transport* - transporte de telemetria de enfileiramento de mensagens) que é um protocolo de mensagens leve para sensores

e pequenos dispositivos móveis otimizado para redes TCP/IP. Para o acesso a este servidor foram estabelecidas algumas regras que, quando seguidas, permitem a visualização da planta de qualquer ambiente com internet, através de um dispositivo móvel, *notebook* ou mesmo *desktop*.

O seu funcionamento se inicia com a conexão do *broker* (mediador entre as partes, responsável por gerir as publicações e subscrições do protocolo MQTT) que está localizado nos Estados Unidos da América. O broker se conecta ao Node-RED presente no mesmo servidor, realizando a intermediação. No Node-RED são definidas as regras de acesso, bem como as restrições. Após a escrita e leitura da mensagem enviada, o monitoramento pode ser realizado a distância, de um dispositivo celular por exemplo. A Figura 3.5 mostra a visualização da programação do Node-RED.

Figura 3.5 – Programação do Node-RED

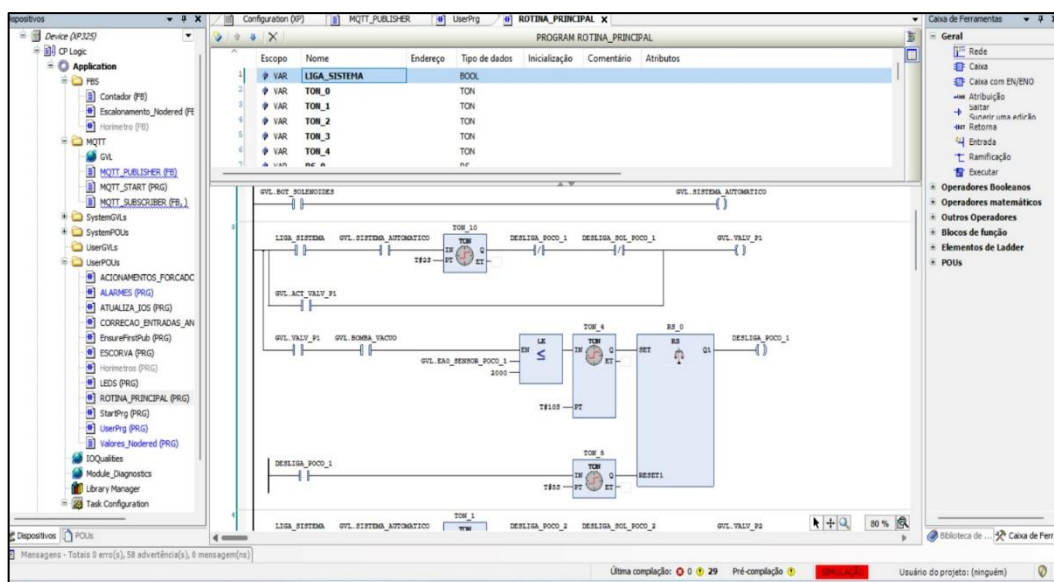


Fonte: Autoria própria, 2024

3.5 Programação via MasterTool, linguagem *ladder* e texto estruturado

O projeto de programação foi desenvolvido com foco na organização, visando facilitar a manutenção futura e a expansão do projeto. A divisão segue a seguinte ordem: uma rotina principal e nove sub-rotinas, conforme ilustra a Figura 3.6.

Figura 3.6 – Rotina principal e sub-rotinas



Fonte: Autoria própria, 2024

Na rotina principal, estão definidos os conceitos de funcionamento e o ciclo operacional do sistema, desde o momento em que é ligado, quando não apresenta falhas e detecta contaminantes. As sub-rotinas complementam o processo, abrangendo variáveis que podem surgir e informações sigilosas para a eficiência do sistema. Elas também armazenam dados essenciais para futuras manutenções corretivas, preditivas ou preventivas durante a operação diária.

Foram utilizadas duas linguagens de programação: *Ladder* e Texto Estruturado. A linguagem *Ladder* é utilizada para o funcionamento mais básico do

processo, enquanto o Texto Estruturado é aplicado na manipulação de dados, como cálculos matemáticos e comunicação entre o servidor na nuvem e o CLP. Também foram utilizados blocos funcionais desenvolvidos internamente para enriquecer o projeto e facilitar o desenvolvimento do software. A linguagem SFC foi utilizada apenas como amostra, facilitando o desenvolvimento do diagrama de estados final a ser executado. A Figura 3.7 ilustra a programação na linguagem Texto Estruturado.

Figura 3.7 – Programação em texto estruturado

```

1
2 (* ENVIO DAS ENTRADAS OU TAGS INTERNAS DO CLP PARA O BROKER *)
3
4 // entradas digitais 0-----
5
6 N_Pub_1 := 1;
7 PubMessage[N_Pub_1] := BOOL_TO_STRING(ENTRADA_DIGITAL_0); // numero da publicação
8 // selecionando entrada para fazer a publicação
9 IF EnsureFirstPub.FirstCycle THEN // garante a publicação no primeiro ciclo de programa
10 PUBS(N_Pub_1).bEnablePublish := Special_Variables.Pulse_2s;
11 // publica apenas se o valor for diferente do anterior
12 ELSIF (PubMessage[N_Pub_1] <> PubMessage_old[0]) THEN
13 PubMessage_old[0] := PubMessage[N_Pub_1];
14 PUBS(N_Pub_1).bEnablePublish := TRUE;
15 ELSE
16 PUBS(N_Pub_1).bEnablePublish := FALSE;
17 END_IF
18 PUBS(N_Pub_1).sPublishTopic := 'ed0'; // topico de publicação
19 PUBS(N_Pub_1).pbPublishPayload := ADR(PubMessage[N_Pub_1]); // tipo de mensagem string VALORES TRUE OR FALSE que foi enviado
20 PUBS(N_Pub_1).uiPublishPayloadSize := LEN(PubMessage[N_Pub_1]); // tamanho da mensagem
21
22 N_Pub_2 := 2; // numero da publicação
23 PubMessage[N_Pub_2] := INT_TO_STRING(ENTRADA_DIGITAL_1); // selecionando entrada para fazer a publicação
24 IF EnsureFirstPub.FirstCycle THEN // garante a publicação no primeiro ciclo de programa
25 PUBS(N_Pub_2).bEnablePublish := Special_Variables.Pulse_2s;
26 // publica apenas se o valor for diferente do anterior
27 ELSIF (PubMessage[N_Pub_2] <> PubMessage_old[1]) THEN
28 PubMessage_old[1] := PubMessage[N_Pub_2];

```

Fonte: Autoria própria, 2024

As programações completas encontram-se nos Apêndices A e B.

3.6 Conexão CLP com broker utilizando a biblioteca MQTT da Altus

O processo de conexão do Controlador Lógico Programável (CLP) a um *broker* MQTT utilizando a biblioteca MQTT da Altus consiste em uma integração de sistemas de automação industrial com a Internet das Coisas (IoT) por meio do protocolo MQTT. Permite um monitoramento e controle remotos eficazes, além de possibilitar a implementação de estratégias avançadas de manutenção preditiva. A seguir serão mostradas as etapas necessárias para a instalação da biblioteca, configuração do

cliente MQTT, conexão ao broker e implementação de funções de *call-back* (uma função que é passada como argumento para outra função e é chamada de volta quando um evento ocorre) para tratar eventos de conexão e recebimento de mensagens.

- Instalação da biblioteca MQTT da Altus

O primeiro passo para estabelecer a conexão é garantir que a biblioteca MQTT da Altus esteja instalada no ambiente de desenvolvimento. A instalação é realizada através do *download* e configuração dos pacotes necessários, que são disponibilizados pela Altus. Após a instalação, é preciso importar a biblioteca no código-fonte do projeto. Em linguagem *python*, essa importação é feita com uma simples linha de código, que permite acesso a todas as funcionalidades da biblioteca.

- Configuração do cliente MQTT

A configuração do cliente MQTT é um passo crucial no processo de conexão. Nesta etapa, são definidas as propriedades do cliente, como o endereço do *broker*, a porta de conexão, o ID do cliente e as credenciais de autenticação, caso sejam necessárias. Essas informações são essenciais para que o cliente MQTT possa se comunicar corretamente com o broker, que é o servidor central responsável por gerenciar a troca de mensagens entre diferentes dispositivos ou aplicações MQTT.

- Conexão com o *broker* MQTT

A conexão de um CLP a um *broker* MQTT instalado na nuvem representa um avanço significativo na automação industrial. Utilizando o protocolo MQTT, que é leve e eficiente para a troca de mensagens, os CLPs podem enviar e receber dados de forma segura e rápida, mesmo em ambientes com largura de banda limitada ou conexões

intermitentes. Para estabelecer essa conexão, o CLP foi configurado para atuar como um cliente MQTT, comunicando-se com o broker MQTT em nuvem, que serve como um intermediário para a troca de mensagens entre dispositivos e aplicações.

- Publicação e subscrição de mensagens

Uma vez estabelecida a conexão, o CLP pode publicar dados de sensores, estados de máquinas e outros eventos relevantes em tópicos específicos no broker MQTT. Da mesma forma, ele pode se inscrever em tópicos para receber comandos ou atualizações de configuração de sistemas de supervisão ou de outras aplicações na nuvem. A comunicação via protocolo MQTT também permite a utilização de alarmes que podem ser enviados via *chatbot* a um aplicativo de mensagens, como o Telegram, permitindo o monitoramento em tempo real.

A conexão entre o CLP e o *broker* permite não apenas um monitoramento e controle eficientes e seguros, mas também abre novas possibilidades para a inovação na gestão e controle do processo. Com a configuração correta, os CLPs podem se comunicar de maneira eficaz com *brokers* MQTT, facilitando a coleta de dados em tempo real e a implementação de estratégias avançadas de automação e manutenção preditiva.

3.7 Funcionamento

- Inserção e monitoramento do gás butano no Tanque A:

O processo começa com a inserção do gás contaminado, especificamente butano, no Tanque A. Este tanque foi especialmente preparado com pedras e argila expandida em alusão ao terreno originário da planta estudada. Sensores de gás MQ-2, instalados dentro dos poços, monitoram continuamente os níveis de contaminantes.

Estes sensores são conectados ao Controlador Lógico Programável (CLP), que interpreta os dados dos sensores e garante que os níveis de gás sejam mantidos dentro dos parâmetros de segurança definidos.

- Transferência do gás butano para o Tanque B:

Quando os sensores detectam aumento nos níveis de gás, o CLP aciona o compressor para succionar o gás do Tanque A. O gás é transferido para o Tanque B através de mangueiras de polímero conectadas a adaptadores "T" com válvulas solenoides. Estas válvulas são controladas pelo CLP, convertendo a abertura e fechamento em sinais elétricos. Dentro do Tanque B, a água condensada é extraída usando uma bomba de água, também controlada pelo CLP, garantindo que apenas o gás seco prossiga para a próxima fase.

- Filtragem do gás butano no Tanque C:

O gás seco é então direcionado para o Tanque C, onde passa pelo carvão ativado para filtragem. O Tanque C possui furações específicas para a entrada do gás oriundo do compressor e para a saída do gás filtrado. Após a filtragem, o gás tratado é liberado de forma segura na atmosfera. Sensores de pressão absoluta (MAP) instalados monitoram a eficiência da filtragem e a pressão interna do tanque, garantindo que o sistema opere de maneira otimizada e segura.

- Monitoramento e controle automático:

Todo o processo é monitorado e controlado automaticamente pelo CLP. O CLP executa a programação desenvolvida em *ladder* e texto estruturado, gerenciando cada componente e ação do sistema. Dados coletados pelos sensores são transmitidos via Node-RED, utilizando o protocolo MQTT, para um servidor em nuvem. O broker MQTT, localizado nos Estados Unidos, gerencia a publicação e subscrição das mensagens, permitindo que o sistema seja monitorado remotamente. Com acesso à internet, operadores podem visualizar e controlar o sistema a partir de qualquer dispositivo móvel, *notebook* ou *desktop*, garantindo uma supervisão contínua e eficiente.

O protótipo do sistema SVE automatizado integra sensores, CLP, e tecnologias de comunicação para criar uma solução robusta para o tratamento de gases contaminantes. A arquitetura do sistema prioriza economia e funcionalidade, assegurando uma implementação prática e uma operação segura. A automação e a capacidade de monitoramento remoto tornam o sistema altamente eficiente e fácil de manter, respondendo de forma rápida a qualquer necessidade de intervenção, sem a necessidade de deslocamentos desnecessários.

3.8 Obstáculos e soluções

Durante o desenvolvimento e construção do projeto alguns obstáculos foram encontrados e as soluções foram alcançadas por intermédio de pesquisas, conhecimento dos integrantes do grupo e orientação de professores.

Obstáculo 1: houve dificuldades na ideia inicial, devido a inacessibilidade do monitoramento remoto. De início, o operador só poderia visualizar o sistema caso estivesse presente na planta, pois ele teria acesso aos mesmos parâmetros de rede do servidor original.

Solução: para resolver o obstáculo encontrado, foi criado um servidor em nuvem localizado nos EUA, onde foram configurados parâmetros de acesso externo, permitindo a visualização de qualquer localidade.

Obstáculo 2: nos testes com o compressor, o Tanque “B” não suportou a pressão negativa gerada e rompeu sua estrutura.

Solução: a aquisição de um tanque do mesmo material, porém com maior espessura, e com a base reforçada, a fim de suportar a pressão gerada.

Obstáculo 3: no decorrer dos testes, foi constatado que a quantidade de contaminante estava acima do que suporta o filtro concentrado no Tanque “C”, gerando saturação do carvão ativado.

Solução: Foi incluído um novo tanque em série, onde constatou-se que a redução do contaminante proporcionou um melhor funcionamento das operações. Além disso, o carvão ativado foi retirado e substituído pela argila expandida para nova realização dos testes com o objetivo de verificar o tempo médio de trânsito do contaminante no sistema, bem como sua dispersão. Após a confirmação de que a dispersão do contaminante era exponencial por meio do uso do carvão ativado, foi possível o prosseguimento dos testes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Das argumentações explanadas, o objetivo deste projeto que se intitula Automação e Monitoramento de Sistema de Controle de Gases Danosos ao Solo, é automatizar um sistema pré-existente, levando-o a um efetivo funcionamento. Justifica-se por maior agilidade e capacidade de monitoramento e economia de tempo em relação ao deslocamento de técnicos de campo entre as estações de trabalho.

De maneira geral, o sistema SVE é composto por tubulação, bomba de vácuo e filtros de carvão, ou seja, um sistema convencional. Por meio de pesquisas de campo, o SVE demonstrou carência de automação, muitas vezes recorrendo a lógica de relés para realizar comandos elétricos. Com base nos avanços da automação na indústria química, e, em amplas análises no processo pré-estabelecido do sistema SVE, foi constatada a possibilidade de intervenção da automação.

O sistema SVE automatizado trouxe vantagens significativas ao integrar sensores, CLP, e protocolos de comunicação para tratamento eficiente dos gases danosos, garantindo uma operação veloz, segura e econômica. O monitoramento remoto, que até então era inexistente, permite intervenções rápidas e manutenção facilitada, otimizando o desempenho e reduzindo custos operacionais.

O controle do sistema é realizado via CLP, através das linguagens de programação *ladder* e texto estruturado, enquanto o monitoramento é feito via Node-RED, que recebe os dados publicados via protocolo MQTT também podendo enviá-los ao Telegram via *chatbot*. Os sensores se comunicam com o CLP através de sinais elétricos. Toda a visualização do processo é possível através de um dispositivo móvel (Node-RED), *notebook* ou *desktop* (MasterTool e Node-RED), desde que estes possuam conexão com a internet.

As pesquisas realizadas para a fundamentação do projeto revelam a complexidade do assunto e execução abordados. Durante o desenvolvimento a teoria foi importante aliada na sustentação das ideias a serem executadas, especialmente no conhecimento ambiental, mas também das limitações e dificuldades que viriam a ser encontradas. A conclusão do projeto só foi possível com a soma das pesquisas levantadas e o conhecimento acadêmico e profissional dos integrantes do grupo.

O roteiro traçado exposto na metodologia do trabalho é essencial para organização de ideias e atividades, direcionando o projeto rumo ao êxito. Em meio aos pontos levantados foi possível montar uma base sólida e coerente para o projeto, de maneira que as dificuldades encontradas não freassem, mas, impulsionassem o trabalho ao objetivo final.

Este trabalho proporcionou o reconhecimento de que a automação não está presente apenas na indústria e muitas vezes em nosso dia a dia, mas que também é importante aliada na manutenção do meio ambiente, favorecendo a sustentabilidade e a conscientização.

Como sugestão de melhoria é possível destacar que, apesar da qualidade e eficácia comprovados, a nível de larga escala industrial a necessidade de equipamentos e sensores específicos é uma necessidade, porém demandaria investimento a longo prazo. A automação também é possível nos demais sistemas citados (como P&T e *Air Stripping*) seja de maneira integrada ou mesmo dedicada, e com o investimento necessário podem gerar ainda mais retorno, seja na economia de insumos, seja evitando o desperdício, pois o monitoramento em tempo real é mais rápido e seguro. Além disso, a conexão do Node-RED com um banco de dados exclusivo pode auxiliar na gestão a vista de um ou mais sistemas presentes em uma planta industrial.

REFERÊNCIAS

AELION, M. C. e KIRTLAND, C. B. ***Petroleum mass removal from low permeability sediment using air sparging/soil vapor extraction: impact of continuous or pulsed operation.*** 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. em: 15 nov. 2023.

ANDRADE, A. J. *et al.* **Biorremediação de solos contaminados por Petróleo e seus derivados.** 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 18 nov. 2023.

APD - ASSOCIAÇÃO PARA O PROGRESSO DA DIREÇÃO DE EMPRESAS. **Prós e contras da 4.^a Revolução Industrial.** 2022. Disponível em: <https://www.apd.pt>. Acesso em: 18 nov. 2023.

BOSE, R. *et al.* **Environmental impact improvements due to introducing automation into underground copper mines.** 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 29 mai. 2024.

BORJAS, T. Y. B. **Desenvolvimento de um sistema de dessorção térmica ex situ.** 2009. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

BRASIL, **Decreto (1975). LEI Nº 1.413, DE 31 DE JULHO DE 1975.** 1975. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 18 nov. 2023.

BRASIL, **Decreto (1980). LEI Nº 6.803, DE 2 DE JULHO DE 1980.** 1980. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br>. Acesso em: 18 nov. 2023.

CARDOSO, T. E. J. e THOMÉ, A. **Conheça técnicas para remediação do solo e saiba escolher a mais adequada.** 2021. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

DERISIO, C. J. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 5.ed. 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

DIAS, D. C. **O solo é vivo e responsável pelos serviços ecossistêmicos necessários à vida.** Embrapa. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

DINIS, P. A. M e FRAGA, H. **Poluição de solos: riscos e consequências.** 2005. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt>. Acesso em: 15 nov. 2023.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **A poluição do solo, seus efeitos no nosso futuro e o que podemos fazer para reduzi-la.** 2021. Disponível em: <https://www.iberdrola.com>. Acesso em: 15 nov. 2023.

GUIMARÃES, P. C. V e SPÍNOLA, A. L. S. **Políticas setoriais e meio ambiente.** 2010. Disponível em: <https://books.google.com.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

JUCÁ, M. F. **Estudo de geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE.** 2003. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE TCC – **Trabalho de conclusão de curso.** Fatec – SBC. 7. ed. 2023.

MATOS, T. A. **Poluição ambiental: impactos no meio físico.** 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MICHA, R. Hidrocarbonetos. **Globo.** 2014. Disponível em: <http://educacao.globo.com>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MIRAZ, H. M. *et al.* **A review on Internet of things (IoT), Internet of everything (IoE) and Internet of nano things (IoNT).** 2015. Disponível em: <https://sci-hub.se>. Acesso em: 15 nov. 2023.

NEMA – NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. **Programmable Controllers, Part 1: General Information.** 2021. Disponível em: <https://www.nema.org>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PEREIRA, C. S. B. **Tratamento de efluentes gasosos provenientes da Bioventilação de solos contaminados com compostos Orgânicos**. 2015. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PRODANOV, C.C. e FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico**. Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho científico. 2 ed. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013.

RAJALAKSHMI, A. e SHAHNASSER, H. **Internet of Things using Node-Red and Alexa**. International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT). 17 ed. 2017. Acesso em: 15 nov. 2023.

RIBEIRO, A. M. **Automação Industrial**. 4.ed. 2001. Disponível em: <https://www.academia.edu>. Acesso em: 15 nov. 2023.

ROISENBERG, L. **Protocolo Modbus na Indústria e sua relevância**. 2023. Disponível em: <https://blog.lri.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. São Paulo: Cortez, 2017.

SILVA, M. E. *et al.* **Análise das propriedades químicas de um solo em relação aos diferentes usos e manejos em uma propriedade rural familiar no sudeste do Pará**. 2015. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br>. Acesso em: 15 nov. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – VARIÁVEIS DA LINGUAGEM *LADDER* NO MASTERTOOL

PubEnable : BOOL;

SUBS : ARRAY[1..gc_uiMaxSubs] OF MQTT_SUBSCRIBE;

PUBS : ARRAY[1..gc_uiMaxPubs] OF MQTT_PUBLISH;

RCV : ARRAY[1..gc_uiMaxSubs] OF MQTT_RECEIVED;

// IOS DO SISTEMA

BOMBA_VACUO:BOOL;

BOMBA_DE_ESCORVA:BOOL;

VALV_P1:BOOL; // VALV_P1 / VALV_P2: & VALV_P3:

BOT_LIGA_SISTEMA:BOOL;

BOT_BOMBA_VACUO:BOOL;

BOT_BOMBA_ESCORVA:BOOL;

BOT_SOLENOIDES:BOOL;

BOT_RESET:BOOL;

NIVEL_ALTO:BOOL;

NIVEL_ALTO_ALTO:BOOL;

NIVEL_BAIXO:BOOL;

VACUO_MANUAL:BOOL;

ESCORVA_MANUAL:BOOL;

SOLENOIDES_MANUAL:BOOL;

LED_BOMBA_VACUO:BOOL;

LED_BOMBA_DE_ESCORVA:BOOL;

LED_PARA_SEM_SOLENOIDE:BOOL;

LED_ALARME_ALTO_ALTO:BOOL;

EA3_PRESSAO_TQ_VACUO:INT;

EA0_SENSOR_POCO_1:INT; //EA0_SENSOR_POCO_1 AO 3

EA2_SENSOR_TQ_CARVAO:INT;

```
// GVLS MQTT
ALARME_SEM_VACUO:BOOL;
RESET_MQTT11:BOOL;
SISTEMA_AUTOMATICO: BOOL;
ALARME_ERRO_SISTEMA: BOOL;
ALARME_CARVAO_SATURADO: BOOL;
ALARME_NIVEL_ALTO_CONSTANTE: BOOL;
NIVEL_ALTO_ALTO_ACIONADO: BOOL;
Reset_horimetro1: BOOL;
Minutos_horimetro_1: INT;
Segundos_horimetro_1: INT;
Reset_horimetro2: BOOL;
Reset_horimetro3: BOOL;
Reset_horimetro4: BOOL;
Reset_horimetro5: BOOL;
seungos_1: INT;      // seungos_1 AO 5
minutos: INT;      // minutos: 1 AO 5
horas: INT;        // horas: 1 AO 5
force_VALV_P1:BOOL;    // force_VALV_P1 / force_VALV_P2: & force_VALV_P3
Force_BOMBA_DE_ESCORVA: BOOL;
Force_BOMBA_VACUO: BOOL;
Force_liga_desliga: BOOL;
SISTEMA_MODO_AUTOMATICO: BOOL;
Force_BOMBA_DE_ESCORVA: BOOL;
Force_BOMBA_VACUO: BOOL;
Force_liga_desliga: BOOL;
SISTEMA_MODO_AUTOMATICO: BOOL;
ACT_VALV_P1: BOOL;    // ACT_VALV_P1:/ ACT_VALV_P2: & ACT_VALV_P3:
ACT_BOMBA_VACUO: BOOL;
ACT_BOMBA_DE_ESCORVA: BOOL;
HORAS_TESTE: INT;
```

```

LED_SOLENOIDES: BOOL;
LED_LIGA_SISTEMA: BOOL;
PISCA: BOOL;
ALERTA_ON: BOOL;
STATUS_BOMBA_VACUO: INT;
Node_Red_Escorva: INT;
Node_Red_Vacu: INT;
Node_Red_Vp1: INT;          // Node_Red_Vp1: / Node_Red_Vp2 & Node_Red_Vp3:
Node_Red_Alarme_Constante: INT;
Node_Red_SemVacuo: INT;
Node_Red_Saturado: INT;
Node_Red_ALTOALTO: INT;
Node_Red_Erro_Sistema: INT;
END_VAR
VAR_GLOBAL RETAIN
Horas_horimetro_1: UINT;
END_VAR

```

APÊNDICE B – LINGUAGEM EM TEXTO ESTRUTURADO PARA O NODE-RED

```

N_Sub_1 := 1;
SUBS[N_Sub_1].sSubscribeTopic := 'Q00';          // topico recebido
do broker
SUBS[N_Sub_1].pbPayloadBuffer := ADR(RcvMsg1);    // mensagem do
topico Buffer
SUBS[N_Sub_1].uiMaxPayloadSize := SIZEOF(RcvMsg1); // mensagem do
topico Size
SUBS[N_Sub_1].eSubscribeQoS := MQTT_QOS_0;      // Valor padrão de
prioridade
SAIDA_DIGITAL_0:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg1);      // Q00 RECEBE A
MSG DO BROKER EM STRING E É CONVERTIDO PARA BOOL

```

```

N_Sub_2 := 2;
SUBS[N_Sub_2].sSubscribeTopic := 'Q01'; // topico recebido do
broker
SUBS[N_Sub_2].pbPayloadBuffer := ADR(RcvMsg2);// mensagem do topico
Buffer
SUBS[N_Sub_2].uiMaxPayloadSize := SIZEOF(RcvMsg2);// mensagem do
topico Size
SUBS[N_Sub_2].eSubscribeQoS := MQTT_QOS_0; // Valor padrão de
prioridade
SAIDA_DIGITAL_1:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg2); // Q01 RECEBE A MSG
DO BROKER EM STRING E É CONVERTIDO PARA BOOL

```

```

N_Sub_3 := 3;
SUBS[N_Sub_3].sSubscribeTopic := 'Q02'; // topico recebido do broker
SUBS[N_Sub_3].pbPayloadBuffer := ADR(RcvMsg3);// mensagem do topico
Buffer
SUBS[N_Sub_3].uiMaxPayloadSize := SIZEOF(RcvMsg3);//
mensagem do topico Size
SUBS[N_Sub_3].eSubscribeQoS := MQTT_QOS_0; //
Valor padrão de prioridade
SAIDA_DIGITAL_2:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg3);
// Q02 RECEBE A MSG DO BROKER EM STRING E É
CONVERTIDO PARA BOOL

```

```

N_Sub_4 := 4;
SUBS[N_Sub_4].sSubscribeTopic := 'Q03'; // topico recebido
do broker
SUBS[N_Sub_4].pbPayloadBuffer := ADR(RcvMsg4); //
mensagem do topico Buffer
SUBS[N_Sub_4].uiMaxPayloadSize := SIZEOF(RcvMsg4);//
mensagem do topico Size

```

```

SUBS[N_Sub_4].eSubscribeQoS      := MQTT_QOS_0; // Valor
padrão de prioridade
SAIDA_DIGITAL_3:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg4); // Q03 RECEBE A
MSG DO BROKER EM STRING E É CONVERTIDO PARA BOOL
N_Sub_5 := 5;
SUBS[N_Sub_5].sSubscribeTopic    := 'Q04'; // topico recebido
do broker
SUBS[N_Sub_5].pbPayloadBuffer    := ADR(RcvMsg5); //
mensagem do topico Buffer
SUBS[N_Sub_5].uiMaxPayloadSize   := sizeof(RcvMsg5);//
mensagem do topico Size
SUBS[N_Sub_5].eSubscribeQoS      := MQTT_QOS_0; // Valor
padrão de prioridade
SAIDA_DIGITAL_4:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg5); // Q04 RECEBE A
MSG DO BROKER EM STRING E É CONVERTIDO PARA BOOL

N_Sub_6 := 6;
SUBS[N_Sub_6].sSubscribeTopic    := 'Q05'; // topico recebido do
broker
SUBS[N_Sub_6].pbPayloadBuffer    := ADR(RcvMsg6); // mensagem do
topico Buffer
SUBS[N_Sub_6].uiMaxPayloadSize   := sizeof(RcvMsg6);// mensagem do
topico Size
SUBS[N_Sub_6].eSubscribeQoS      := MQTT_QOS_0; // Valor padrão de
prioridade
SAIDA_DIGITAL_5:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg6); // Q05 RECEBE A
MSG DO BROKER EM STRING E É CONVERTIDO PARA BOOL

N_Sub_7 := 7;
SUBS[N_Sub_7].sSubscribeTopic    := 'Q06'; // topico recebido do
broker

```

```

SUBS[N_Sub_7].pbPayloadBuffer      :=   ADR(RcvMsg7);    // mensagem do
topico Buffer
SUBS[N_Sub_7].uiMaxPayloadSize     :=   SIZEOF(RcvMsg7);// mensagem do
topico Size
SUBS[N_Sub_7].eSubscribeQoS       :=   MQTT_QOS_0;    // Valor padrão de
prioridade
SAIDA_DIGITAL_6:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg7);    // Q06 RECEBE A MSG
DO BROKER EM STRING E É CONVERTIDO PARA BOOL

```

```

N_Sub_8      :=      8;
SUBS[N_Sub_8].sSubscribeTopic      :=      'Q07';          //
topico recebido do broker
SUBS[N_Sub_8].pbPayloadBuffer      :=      ADR(RcvMsg8);    //
mensagem do topico Buffer
SUBS[N_Sub_8].uiMaxPayloadSize     :=      SIZEOF(RcvMsg8);//
mensagem do topico Size
SUBS[N_Sub_8].eSubscribeQoS       :=      MQTT_QOS_0;    //
Valor padrão de prioridade
SAIDA_DIGITAL_7:= STRING_TO_BOOL (RcvMsg8);    // Q07 RECEBE A MSG
DO BROKER EM STRING E É CONVERTIDO PARA BOOL

```

```
//Rotina MQTT
```

```

Escalonamento_1(Habilita:=gvl.BOMBA_DE_ESCORVA           ,
SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_Escorva );
Escalonamento_2(Habilita:=gvl.ACT_BOMBA_VACUO           ,
SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_Vacuo );
Escalonamento_3(Habilita:=gvl.ACT_VALV_P1 , SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_Vp1 );
Escalonamento_4(Habilita:=gvl.ACT_VALV_P2 , SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_Vp2 );
Escalonamento_5(Habilita:=gvl.ACT_VALV_P3 , SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_Vp3 );
Escalonamento_6(Habilita:=gvl.ALARME_NIVEL_ALTO_CONSTANTE           ,
SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_Alarme_Constante );

```

```
Escalonamento_7(Habilita:=gvl.ALARME_SEM_VACUO ,  
SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_SemVacuo );  
Escalonamento_9(Habilita:=gvl.ALARME_CARVAO_SATURADO ,  
SaidaMqtt=>gvl.Node_Red_Saturado );  
Escalonamento_10(Habilita:=          gvl.LED_ALARME_ALTO_ALTO ,  
SaidaMqtt=>Node_Red_ALTOALTO );  
Escalonamento_10(Habilita:=          gvl.ALARME_ERRO_SISTEMA ,  
SaidaMqtt=>Node_Red_Erro_Sistema );
```