UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU

Hugo de Souza Ferrari
Pablo George dos Santos Reis
Thiago Ferreira de Lima

SISTEMA INTELIGENTE DE IRRIGAÇÃO PARA LAVOURA DE CAFÉ CONILON COM INTERFACE AO PRODUTOR.

Engenharia de Controle e Automação

Orientador: Me. Marco Aurélio Vinchi

São Paulo
2022

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso constitui-se de um sistema inteligente de irrigação para lavoura de café conilon, esse sistema foi desenvolvido com base no estudo realizado em um plantio localizado no estado do Espírito Santo, onde é realizado o manejo da irrigação existente de forma manual. Procurando desenvolver um sistema que auxilie o produtor na irrigação para que se obtenha uma maior eficiência no seu manejo assim otimizando o consumo de água, energia e mão de obra, proporcionando ao cafeicultor rentabilidade com sustentabilidade, e assim maximizando a produtividade e aumentando os lucros, mesmo em regiões com baixas taxas de chuva.

Foi desenvolvido uma programação em ladder para que se possa atender e controlar todos os pontos do processo da irrigação, o sistema é constituído também por uma interface onde o operador irá acompanhar todas as etapas do seu manejo, podendo também atuar de forma manual se assim desejar.

Palavras-chave: Café conilon; Agricultura; Irrigação; Automação.

ABSTRACT

This course conclusion work consists of an intelligent irrigation system for conilon coffee plantations, this system was developed based on studies carried out in a plantation located in the state of Espírito Santo, where the management of the existing irrigation is carried out in a manual. Seeking to develop a system that assists the producer in irrigation so that greater efficiency is obtained in its management, thus optimizing the consumption of water, energy and labor, providing the coffee grower with profitability with sustainability, and thus maximizing productivity and increasing profits, even in regions with low rainfall.

A ladder programming was developed so that all points of the irrigation process can be attended to and controlled, the system also consists of an interface where the operator will follow all the stages of its handling, and can also act manually if desired.

Keywords: Conilon coffe; Agriculture; Irrigaton; Automation.

1. Introdução

A agricultura é um dos segmentos mais importantes da economia brasileira, em estudo realizado pelo Centro de estudos avançados em economia aplicada (CEPEA) em parceria com a Confederação da agricultura e pecuária do Brasil (CNA) em março de 2021, estima-se que o agronegócio tem a participação em 26,6% do Produto interno bruto (PIB) do país. (Superintendência técnica da CNA e CEPEA, 2021).

Tratando-se de agricultura o Brasil consolidou no mercado de produção cafeeira como o maior produtor do fruto, segundo dados da Companhia nacional de abastecimento (CONAB), e estudo feito pelo Departamento de agricultura dos Estados Unidos (USDA) em 12/06/2020, além do título de maior produtor o Brasil aparece como o pais que mais exportou o grão na safra 2020/21, com um número de aproximadamente 41 milhões de sacas exportadas, e atingindo o terceiro lugar no mundo de país consumidor, com um total de 23.530 milhões de sacas, ficando atrás somente da União Europeia e dos Estados Unidos. (CONAB, 2020).

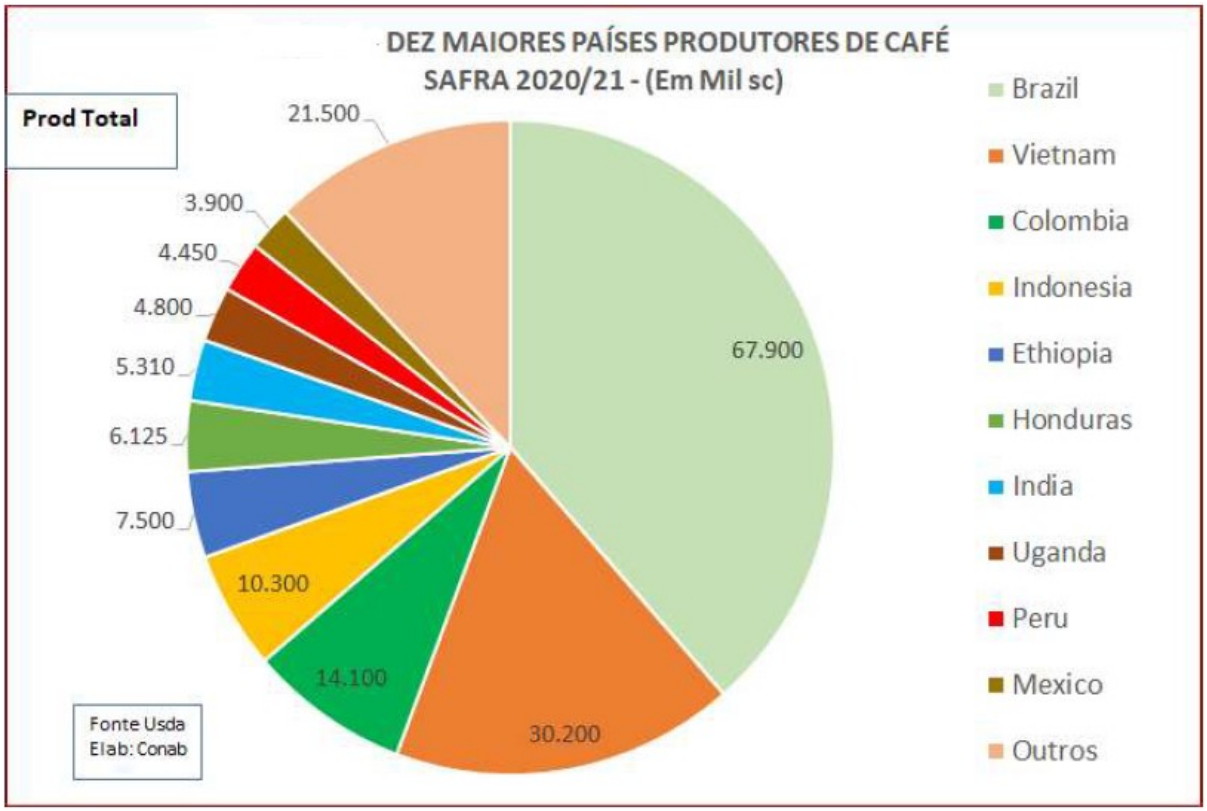


Figura 1 - Os Dez países do mundo com a maior produção de café, na safra 2020/21. (Imagem: divulgação CONAB)

Os principais estados produtores de café no brasil, são os estados de Minas Gerais que se destaca como o maior produtor, sendo responsável por cerca de 50% da produção nacional, seguido pelo estado do Espírito Santo que aparece como o maior produtor de café conilon, cultivado em áreas mais quentes. Também aparecem nessa classificação os estados de São Paulo, Bahia, Paraná e Rondônia. (IVAN, 2021).

Segundo monitoramento da Agência nacional de águas e saneamento básico (ANA), o brasil passa por um aumento expressivo de estiagem em todo o seu território, concentrando esse aumento nas principais regiões produtoras agrícolas do país. Conforme a Figura 2 os estados de Minas Gerais e São Paulo passam por uma intensidade de seca excepcional, assim causando um grande impacto na produção cafeeira dessas regiões. (ANA, 2021).

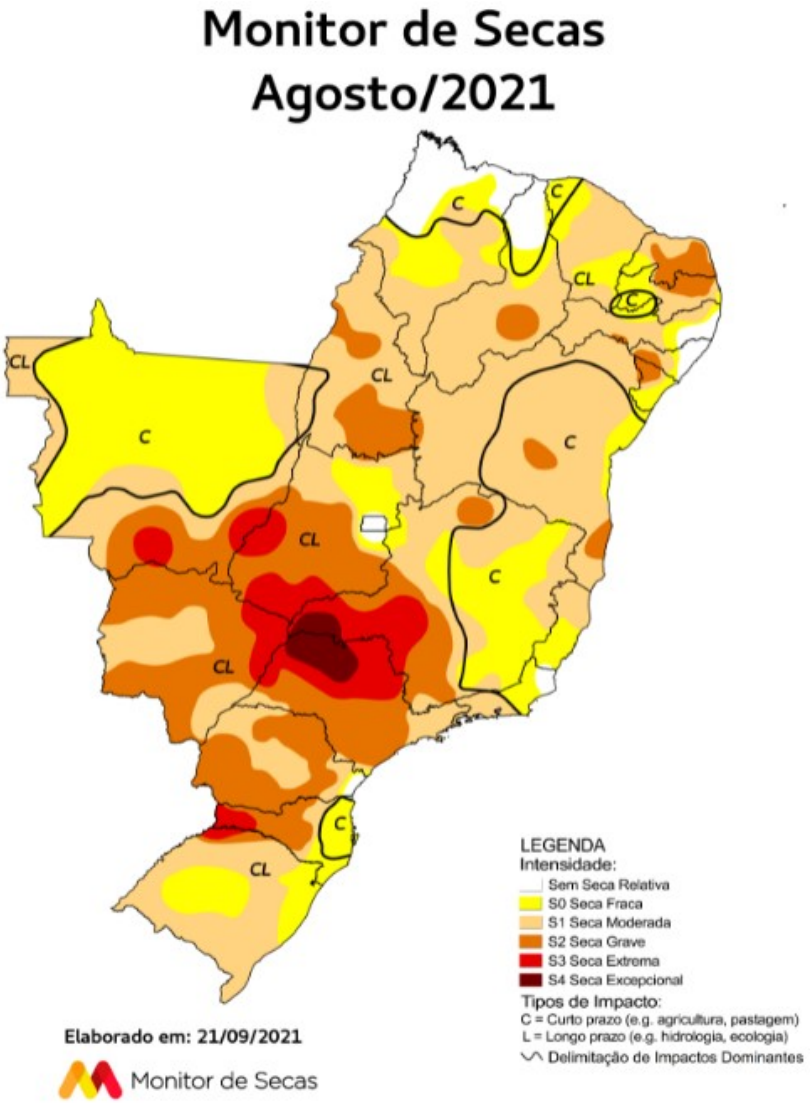


Figura 2 - Mapa de monitoramento de secas. (Imagem: divulgação ANA)

Com o crescimento demasiado de períodos de estiagem, e o aumento significativo das secas, se torna cada vez mais necessário o implemento de técnicas de irrigações nas plantações, “hoje, o conceito é de cafeicultura irrigada, cuja otimização dos insumos água, energia e mão de obra se tornaram o foco principal da irrigação, proporcionando rentabilidade com sustentabilidade, que exige um processo técnico de manejo da irrigação”, diz Mantovani. Assim maximizando a produtividade e aumentando os lucros, mesmo em regiões com baixas taxas de chuva.

A cafeicultura irrigada no Brasil ocupa aproximadamente uma área de 260 mil hectares, com a maior parte em regiões de cerrado, representando mais de 10% da área plantada e mais de 25% da produção de café. (TEXEIXA, 2013, p44).

A eficiência dos sistemas de irrigação é influenciada por muitos fatores, como a qualidade do projeto, manutenções corretivas e preventivas realizadas, topografia do terreno entre outros. Possui-se alguns tipos de manejo e suas perdas, a irrigação por aspersão convencional a eficiência varia em torno de 70 e 80%, com canhão hidráulico a variação é entre 60 e 70%, nos sistemas convencionais fixos deve variar entre 70 e 88%. No caso da irrigação por gotejamento, não há perdas, pois, a água é aplicada diretamente no solo. (GERALDO e FIALHO, 2007, p 347).

Para obter o volume de água aplicada por planta no sistema de gotejamento, pode-se estimar através da equação1:

$$Eq.1 \quad Vp = ITN \times Sp \times Sf$$

em que:
Vp = volume de água a ser aplicado por planta, l;
ITN = irrigação total necessária, mm;
Sp = espaçamento entre plantas na linha de plantio, m;
Sf = espaçamento entre linhas de plantio, m;

O mundo atual passa por grandes transformações tecnológicas, decorrente dos fortes avanços da tecnologia e inovação da indústria 4.0, e o setor da agricultura não poderia ser diferente, esses novos avanços tem impactado diretamente nas atividades do setor primário da economia, trazendo para o setor conceitos como a Internet das coisas (IOT), BIG DATA, Inteligência artificial (IA) e Computação na nuvem (Cloud Computing), Caracterizando o que se denomina de agricultura digital ou agricultura 4.0. (AMORIM, 2020).

A implementação de novas tecnologias tem sido de suma importância para a evolução almejada pelos produtores,” as inovações no âmbito da agricultura 4.0 estão proporcionando e

fortalecendo o uso racional da água, trazendo um novo conceito a irrigação de precisão, que consiste no gerenciamento sustentável da água. Envolvendo sua aplicação no momento certo, na quantidade certa, no local certo e da maneira correta, gerenciando assim a variabilidade da água no campo" diz Amorim.

1.1.Justificativa

No cenário atual do agronegócio a implementação de sistemas de irrigação como técnica de cultivo vem sendo utilizada para suprir as necessidades em períodos de seca como também para trazer mais produtividade e rentabilidade para os produtores, principalmente para os que possuem o plantio em zonas que possuem restrições hídricas, tais como os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e no oeste da Bahia.

A umidade do solo influencia diretamente no desenvolvimento fisiológico das plantas proporcionando uma maior absorção dos nutrientes existentes na solução do solo e por isso o produtor utiliza a água para ajudar nas fases de floração, expansão e granação dos frutos para que a produção seja satisfatória. (GERALDO e FIALHO, 2007, p 347).

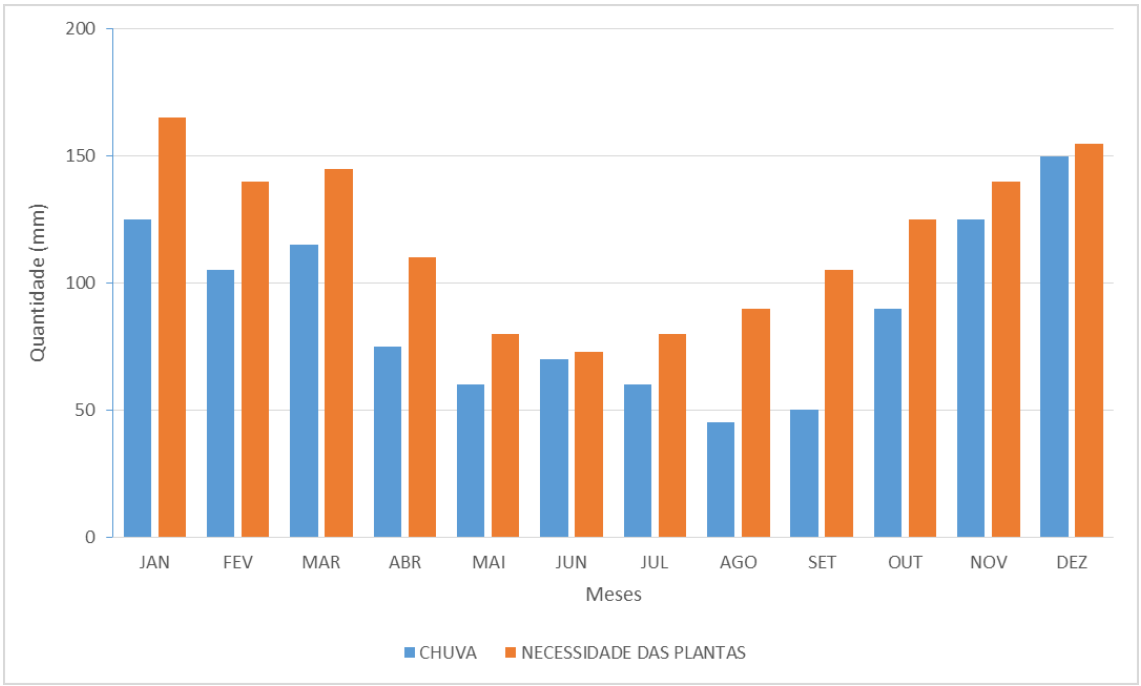


Figura 3 - Média de chuvas x Necessidade de água pelas plantas. (Adaptado de Sales e Pinto, 1998).

A Figura 3 nos fornece a média anual de chuvas comparando com a necessidade de água que as plantas do município de São Mateus na localidade de Itauninhas – ES. O déficit hídrico se torna evidente, com isso a água se torna um insumo essencial que deve ser usado racionalmente para potencializar a produção.

Um estudo realizado durante 5 anos na região de Linhares onde se analisou o comportamento da irrigação do café conilon durante sete situações diferentes: sem irrigação, irrigada durante o ano inteiro, na fase chumbinho, entre floração e granação, na granação, na floração ao pegamento, do abotoamento à floração, os meses que coincidem com essas etapas podem ser verificados na Figura 4. A Figura 5 mostra a produção obtida ao longo dos 5 anos de experimento comparando com as etapas do cultivo. (SALES e PINTO 1998, p 6).

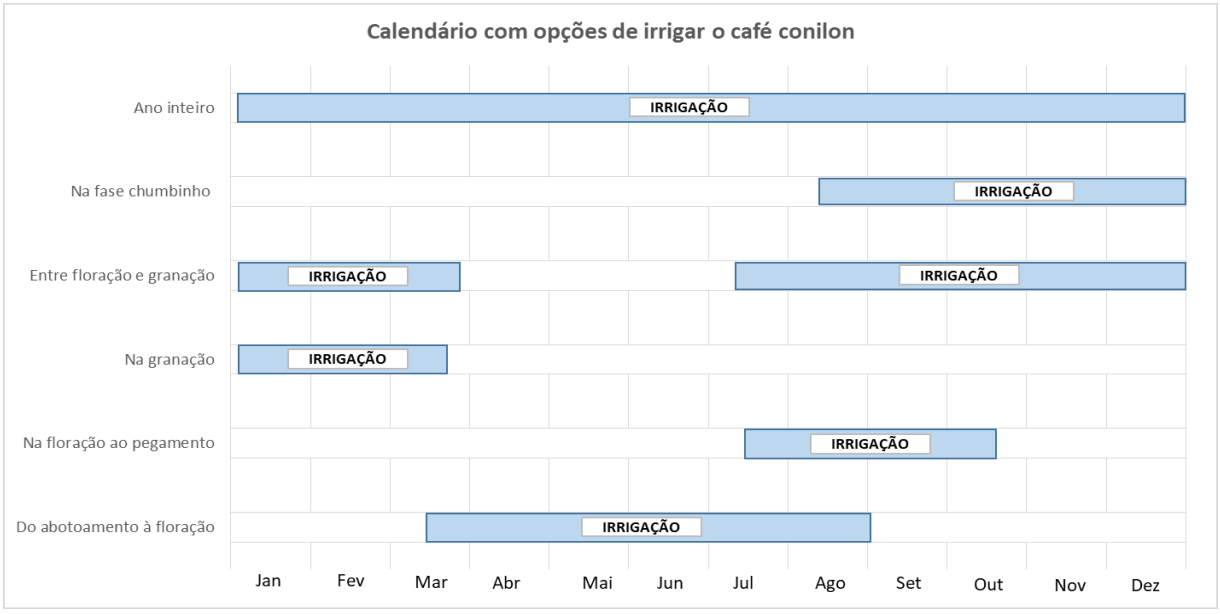


Figura 4 - Período de opções para do cultivo do café conilon utilizados no experimento (Adaptado de Sales e Pinto, 1998).

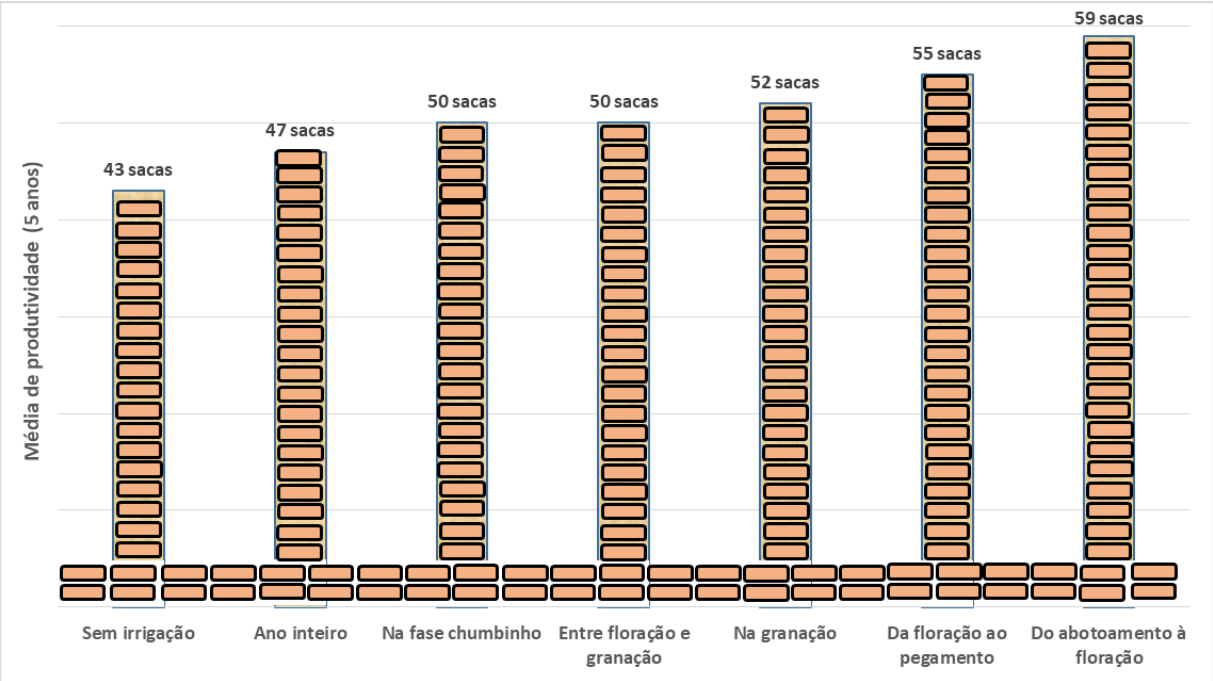


Figura 5 - Resultado da irrigação nas fases do cultivo do café conilon (Adaptado de Sales e Pinto, 1998).

Saraiva e Ferreira (1995) estudaram e verificaram que os melhores períodos para se irrigar são de março a agosto (abotoamento á floração) e julho a outubro (floração ao pegamento).

O aumento de produtividade quando colocado esse estudo em prática é de 37,7% quando comparado com a produção não irrigada.

Isso mostra a importância do uso racional dos recursos hídricos para manter a produção em segurança durante o ano todo pois os períodos verificados por Saraiva e Ferreira (1995) tratam de meses em que existe um déficit hídrico na região do Espírito Santo, podendo ser observados na Figura 3. (GERALDO e FIALHO, 2007, p 350).

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema inteligente que fará a supervisão da irrigação por gotejamento, aplicado em lavouras de café conilon com interface ao produtor, a fim de proporcionar maior efetividade e economia hídrica na irrigação, através do controle de umidade do solo e controle sobre o gotejamento.

1.2.2 Objetivo Específicos

Como objetivos específicos, lista-se:

- Implementar o sistema supervisório para que o produtor tenha acesso as informações de sua lavoura, como, nível de umidade do solo, válvulas abertas ou fechadas, nível de abastecimento do tanque, erros e alarmes.

- Implementar o controle de nível do tanque de abastecimento a fim de indicar ao produtor a porcentagem atual de água em seu reservatório, e ao detectar o nível baixo acionar a bomba que fará a captação da água no poço e reabastecimento do reservatório.

- Implementar o controle de umidade do solo, a fim de indicar o teor ideal da umidade.

- Estruturar uma solução para automação e controle das válvulas em linguagem ladder, a fim de comparar os resultados obtidos nos sensores e enviar o comando de abertura ou fechamento das válvulas.

- Implementar uma solução utilizando Studio logix, simulando a utilização de um CLP, que será responsável por receber os sinais de entrada e fará o controle das válvulas, além de entregar as informações através do supervisório.

2. Revisão bibliográfica

2.1. CLP

Controlador Lógico Programável (CLP do inglês: Programmable Logic Controller - PLC) é um equipamento eletrônico que desempenha funções de controle e monitoramento de máquinas, através de programas específicos desenvolvido pelo usuário.

O controlador possui um sistema operacional de tempo real, para controle de processos de alto risco, e um hardware que deve suportar condições extremas de trocas de temperatura, umidade, pressão, entre outras situações as quais um computador padrão não suportaria.

Um CLP é o controlador indicado para lidar com sistemas de automação caracterizados por eventos discretos, ou seja, com processos em que as variáveis assumem valores zero ou um. Podem ainda lidar com variáveis analógicas definidas por intervalos de valores de corrente ou tensão elétrica. As entradas ou saídas digitais são os elementos discretos, as entradas ou saídas analógicas são os elementos variáveis, baseados em valores conhecidos de tensão ou corrente. (CRAVO, 2020).

2.2. Sensor de chuva RSD-Bex

O sensor de chuva RSD-Bex fabricado pela RAIN BIRD com a sua alimentação 24VCA tem como principal funcionalidade evitar que o sistema opere em dias chuvosos levando em consideração os níveis de precipitação que podem variar de 5mm a 20mm (1/8" 3/4") de água, assim quando atingir o nível que foi determinado pelo sistema ao instalar, desligará o sistema de irrigação. (RAIN BIRD, 2011).

2.3. Sensor de nível

O sensor de nível vem sendo utilizado cada vez mais em processos industriais. Isto porque a necessidade de sistemas de medição de nível precisos e confiáveis cresce cada vez mais.

O sensor mede com precisão a pressão estática do líquido proporcional à profundidade do nível. O resultado é convertido à corrente padrão, através do circuito de condicionamento de sinal, estabelecendo a relação correspondente linear entre o sinal de saída e a profundidade líquida para completar a medida da profundidade líquida. (ALFACOMP, 2020)

2.4. Sensor de Umidade do solo

O sensor de umidade do solo é um dispositivo eletrônico desenvolvido especialmente para atender aos projetos que precisam de um sensor de alta qualidade, precisão e estabilidade para medição de umidade relativa. Os valores medidos são convertidos em sinais de saída 4 a 20 mA linearmente relacionados a suas leituras. Capaz de apresentar dados mais confiáveis retornando para o sistema uma variação de corrente quando exposta a umidade. (NOVUS, 2021)

2.5. Válvulas de acionamento

Válvulas são dispositivos instalados em sistemas de condução de fluidos que oferecem controle sobre o mesmo, permitindo ou interromper a passagem do fluido. A válvula de acionamento possui conexões feitas para o encaixe dos tubos de PVC o que proporciona uma fácil instalação. Tensão de trabalho de 24Vcc suporta uma pressão de até 10 bar e água até 80°C. (INSTAAGRO, 2020)

2.6. Fluxostato

O fluxostato é um dispositivo capaz de executar a função de ligar, desligar ou sinalizar algum outro equipamento dentro do sistema, mediante a alguma anomalia no fluxo, é utilizado em situações em que se necessita detectar a presença ou não de um fluxo em uma tubulação.

Trata-se de um sistema de acionamento automático de outros equipamentos, como bombas hidráulicas, que estão em um determinado sistema, no caso da bomba o fluxostato é capaz de determinar o momento em que ela deverá funcionar ou parar de funcionar. (MATTEDE, 2020).

2.7. Chave de fluxo

A chave de fluxo é aplicada como sensor para indicar a presença/ausência, queda/aumento de vazão no fluxo do líquido dentro da tubulação convencional, atuando sempre como um dispositivo complementar de segurança e proteção para ligar e desligar alarmes, motores, compressores, máquinas, bombas d'água, ajudando a detectar eventuais problemas, como por exemplo: obstrução na tubulação, presença de ar, entre outros. (CHILLER PEÇAS, 2022).

2.8. Linguagem de programação Ladder

A linguagem de programação Ladder, traduzida do inglês Escada, é uma ferramenta gráfica usada para desenvolver programas ou softwares para Controladores Lógico Programáveis (CLPs). É responsável pela lógica de controle, indicando para o controlador qual

ação deve ser realizada a partir dos valores de entrada. Desta forma, ele atualiza suas saídas ou atuadores para que interajam ou alterem diferentes tipos de processos.

O Ladder é de fácil compreensão, suas lógicas são baseadas em relés, sempre representadas por contatos, chaves e bobinas, conforme demonstrado na Figura 6. (CRAVO, 2022)

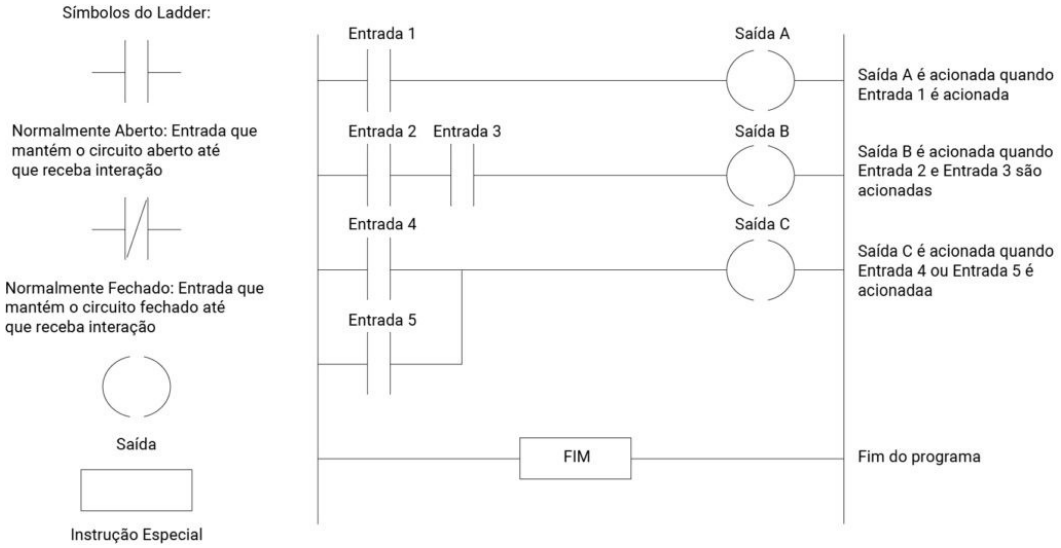


Figura 6 - Representação da programação em Ladder (Fonte: https://www.filipeflop.com/blog/outras-maneiras-de-programar-o-arduino-ladder/)

3. Materiais e Métodos ou Metodologia

O trabalho será desenvolvido com base em pesquisas e estudos realizados em uma lavoura de café conilon, situada na cidade de Barra de São Francisco, noroeste do estado do Espírito Santo, região sudeste do Brasil, latitude 18° 45’ 18” S e longitude 40° 53’ 27” W.

Região litorânea com suas características climática de regime tropical quente e chuvoso, sem uma estação fria definida. A região noroeste do estado possui temperatura média superior a 18°C no inverno, e no verão temperaturas médias de 24°C. Tendo longos períodos de secas no inverno. Devido ao clima da região predomina a plantação de lavouras de café conilon, pela fácil adaptação da planta ao clima do estado, tornando indispensável a irrigação. (RIBEIRO,2005).

A lavoura possui 60 mil pés de café, com um sistema de irrigação onde seu manejo e feito de forma manual, a lavoura é subdividida em 5 setores com uma média de 12 mil pés de

café por setor, a vazão do gotejamento é de 1,5 litros de água por hora em cada planta, cada setor possui um registro onde se faz o acionamento para iniciar a irrigação, assim realizando esse acionamento sucessivamente após um período de 2 horas, oferecendo uma média de 3 litros por pé de café, tempo pré-determinado pelo produtor.

A captação de água é feita através de uma bomba, que vai levar essa água até o reservatório principal com capacidade de 350 mil litros cúbicos de água, onde distribuirá para toda a plantação passando por filtros para retirar todas as impurezas da água visando evitar o entupimento das mangueiras, atualmente não existe um controle que informe o produtor sobre o nível do reservatório.

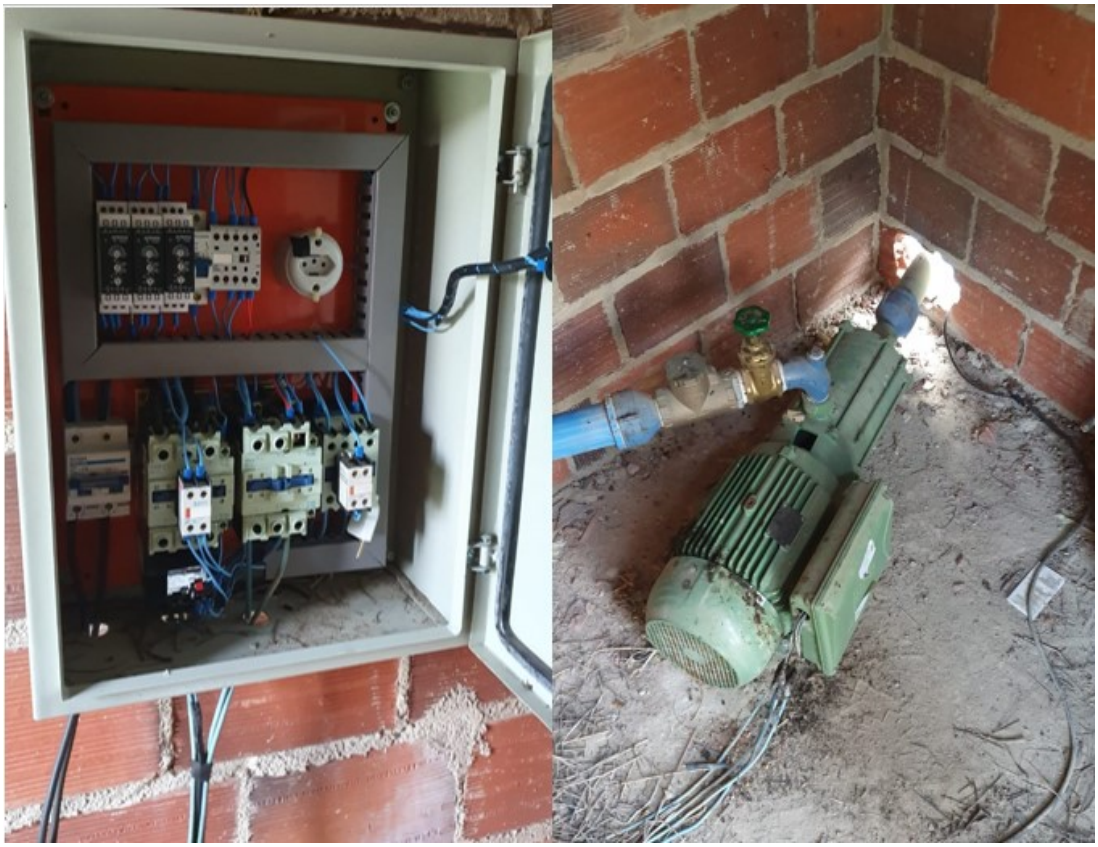


Figura 7 - Bomba de captação de água e painel de comando (Fonte: Elaborado pelo autor).

Figura 8 - Reservatório principal e filtros (Fonte: Elaborado pelo autor).

Figura 9 - Registros de acionamentos dos setores da lavoura (Fonte: Elaborado pelo autor).

Através desses parâmetros coletados será desenvolvido um novo sistema, a fim de atender todas as necessidades da lavoura, também serão realizadas pesquisas de campo, buscando um melhor entendimento das dificuldades que possuem nos sistemas atuais usados, e eventualmente buscar uma maior aceitação do sistema desenvolvido.

A metodologia adotada neste trabalho se constitui em 4 etapas:

Etapa 1: Análise dos métodos e técnicas de irrigações utilizadas.

Etapa 2: Pesquisa de campo.

Etapa 3: Desenvolvimento do novo sistema de irrigação.

Etapa 4: Teste do sistema e validação dos objetivos.

4. Resultados e discussão

4.1. Supervisório

O sistema supervisiona e controla os pontos remotos, apresentando as informações em tempo real para o operador.

O usuário terá o conhecimento do estado de todos os equipamentos, assim como seus periféricos, podendo tomar as devidas decisões e medidas preventivas ou corretivas em caso de anormalidade.

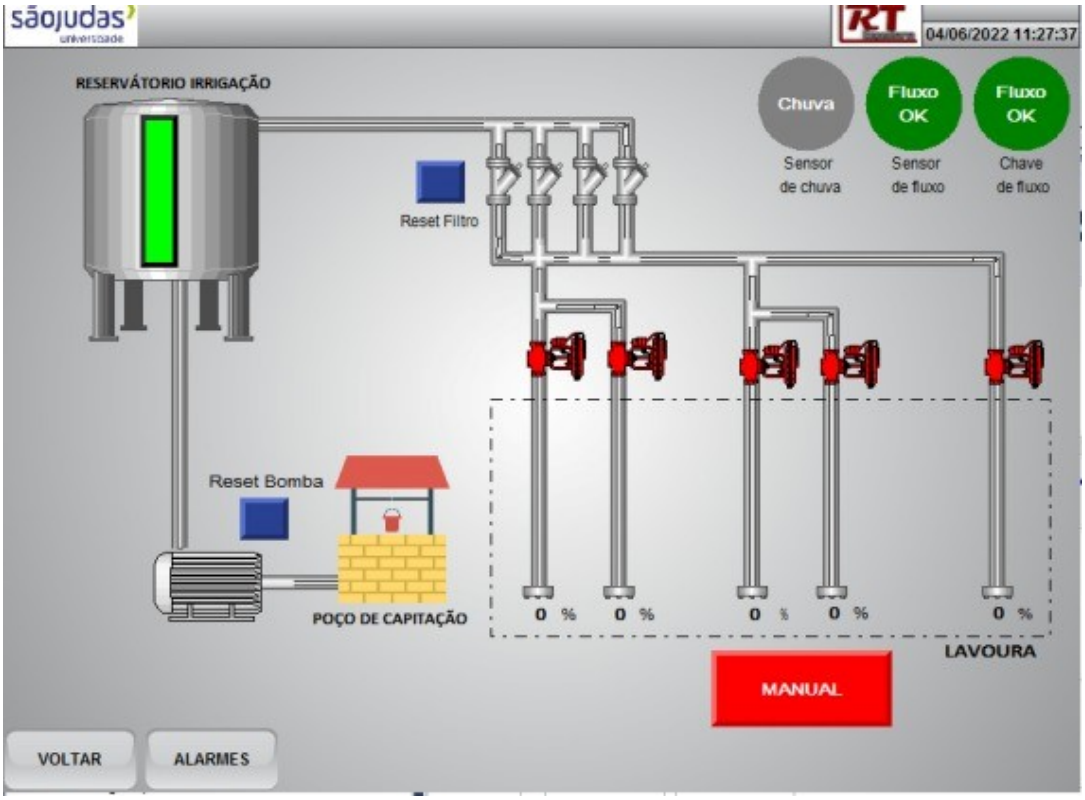


Figura 10 - Tela de interface (Fonte: Elaborado pelo autor).

O sistema funcionará em dois modos, automático e manual, para melhor controle da operação, o supervisório apresenta para o usuário o modo de operação que está sendo executado, conforme imagem abaixo:

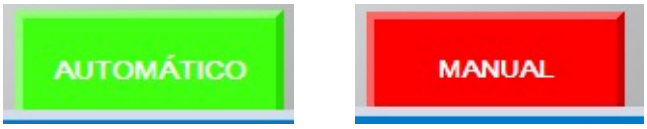


Figura 11 - Botão de Automático e Manual (Fonte: Elaborado pelo autor).

Modo Automático – O sistema apresentará todo o processo em sua tela de supervisório, a válvula que está em operação, a umidade do solo do setor que está sendo irrigada e assim que alcançar a umidade ideal trocará de setor automaticamente acionando a válvula do próximo setor que precisa ser irrigado, e assim segue durante todo ciclo.

Acionará a bomba de captação quando o reservatório atingir o nível baixo, apresentando na tela de supervisório o alarme conforme Figura 12 e quando atingir o nível máximo mostrará para o operador o alarme da Figura 13 desligando automaticamente a bomba.

Figura 12 - Mensagem de aviso do reservatório, nível baixo (Fonte: Elaborado pelo autor).

Figura 13 - Mensagem de aviso do reservatório, nível cheio (Fonte: Elaborado pelo autor).

Enquanto a bomba de captação estiver em funcionamento a chave de fluxo estará monitorando uma eventual presença de ar na tubulação e enviará o sinal para que o sistema desligue a bomba rapidamente poupando-a de uma possível avaria.

Após o acionamento da chave, esse erro do sistema será apresentado no supervisório conforme a Figura 14 “verificar bomba” na cor vermelha, será necessária a intervenção do operador, para identificar a causa desta falha, e após constatada e solucionada, deve voltar a tela do supervisório, e acionar o botão reset da bomba conforme Figura 15, e com isso normalizar o sistema voltando a apresentar “fluxo ok”.

Figura 14 - Indicador de erro, presença de ar na tubulação (Fonte: Elaborado pelo autor).

Figura 15 - Botão Reset bomba de captação (Fonte: Elaborado pelo autor).

Com a finalidade do monitoramento dos filtros o sistema possui dois fluxostatos, um na entrada e outro na saída fazendo a comparação dos valores medidos, caso o fluxo de entrada não seja igual ao de saída podemos concluir que existe uma anomalia nos filtros sendo ela sujeira ou até mesmo quebra.

Será apresentado na tela de supervisório “fluxo ok”, enquanto o sistema estiver operando sem nenhuma anomalia, quando o fluxo de saída for diferente ao de entrada, apresentará o erro na cor vermelha “filtro sujo”, e o alarme conforme as Figuras 16 e 17

Quando esse erro for apresentado, o sistema todo será interrompido, pois se o fluxo na linha de irrigação for menor, não terá a pressão suficiente para irrigar todos os setores, e com isso não obter uma irrigação uniforme em toda a lavoura.

Após ser feita a intervenção do operador, limpando os filtros ou efetuando a troca dos mesmos, retornará a tela do supervisório por termos de segurança, e acionará o reset filtro conforme Figura 18, retornando à operação que foi interrompida.

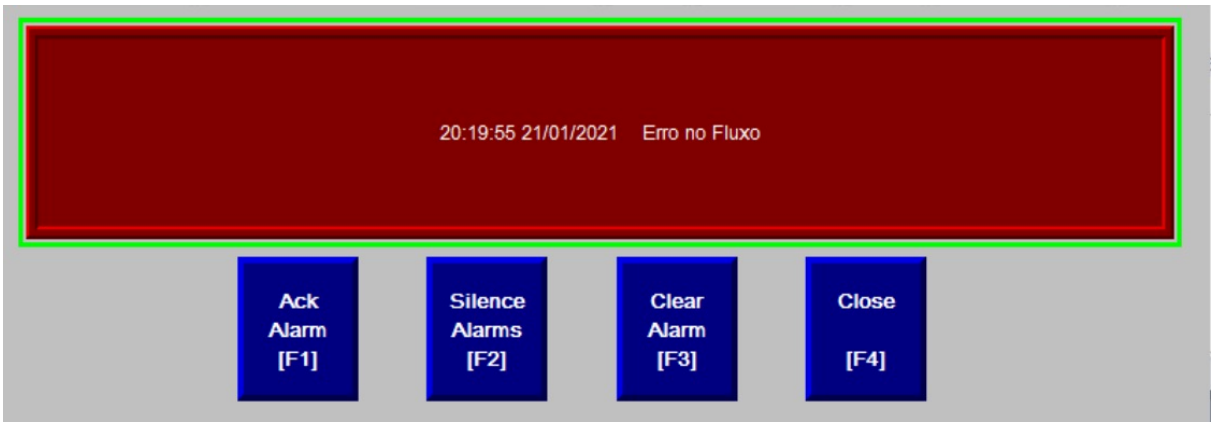


Figura 16 - Mensagem de aviso, erro no fluxo (Fonte: Elaborado pelo autor).

Figura 17 - Indicador de erro, filtro sujo (Fonte: Elaborado pelo autor).

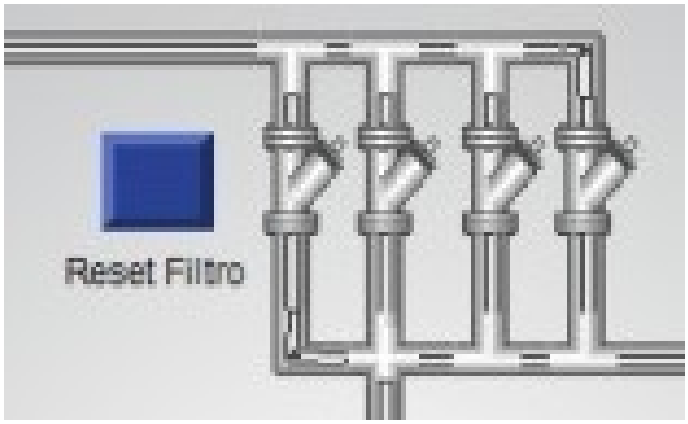


Figura 18 - Botão Reset filtro (Fonte: Elaborado pelo autor).

Na Figura 19 é apresentado o monitoramento de chuva, o sistema desabilita a irrigação quando começar a chover, será apresentado na tela do supervisório a cor cinza quando não à presença de chuva, operação está ok, quando tem a ocorrência de chuva na região da lavoura a tela apresenta um sinal na cor laranja, demonstrando para o operador que o sistema está parado, por decorrência da chuva. Após a chuva a operação será retomada de acordo com os níveis de umidade apresentado pelos sensores, se o solo estiver completamente úmido o sistema desabilita a irrigação, se a chuva não foi suficiente para atender a necessidade da lavoura, o ciclo continuará de onde foi interrompido.

Figura 19 - Indicador de erro, chuva (Fonte: Elaborado pelo autor).

Modo Manual - A operação fica por inteira responsabilidade do operador, podendo realizar as trocas de válvulas manualmente através da tela, também tendo que controlar o nível do reservatório.

Após o operador clicar no ícone da bomba, aparecerá uma tela de *pop-up*. Nesta tela é possível comandar o motor, girar ou parar de acordo com sua necessidade no momento, por termos de segurança e para não haver um transbordamento do reservatório, quando o sistema detectar reservatório cheio, emitirá um alarme e desabilitará a bomba para que não continue enchendo. O sistema apresentará o alarme de nível de reservatório baixo, porém este será somente como aviso, não desabilitando a bomba como acontece no modo automático, pois o operador pode drenar todo o reservatório para manutenções corretivas.

Quando houver alguma anomalia na captação de água, como ar na tubulação, assim como no modo automático o operador não conseguirá acionar a bomba, sendo necessário a sua intervenção, após localizar e fazer a correção do erro, retornará a tela do supervisório e acionará o reset bomba, assim conseguindo operar novamente todo sistema.

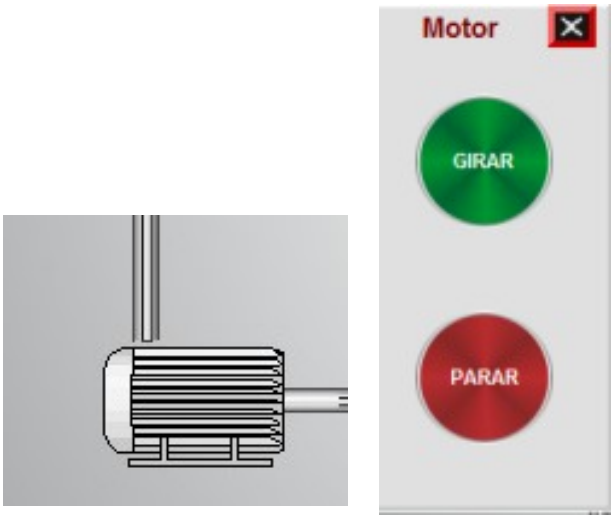


Figura 20 - Bomba e Pop-up de acionamento (Fonte: Elaborado pelo autor)

Na Figura 21 é apresentado a válvula, onde o operador irá clicar no ícone e abrirá a tela *pop-up* de acionamento, nesse modo é possível acionar qualquer válvula, será acionado os setores de acordo com a necessidade, nesse modo o supervisório continua demonstrando o nível de umidade do solo, mas não impede os acionamentos das válvulas de setores que já atingiram umidade 100%, pois a responsabilidade é total do operador no momento.

Todos os erros e alarmes que o sistema apresenta em modo automático serão apresentados no modo manual, porém não são parâmetros de decisão. Por exemplo, quando ocorrer a indicação de filtro sujo o operador ainda está habilitado a acionar as válvulas. Outro alarme que será apresentado somente como aviso é o de chuva para que o operador possa efetuar o processo de adubação que ocorre normalmente em dias de pouca chuva.

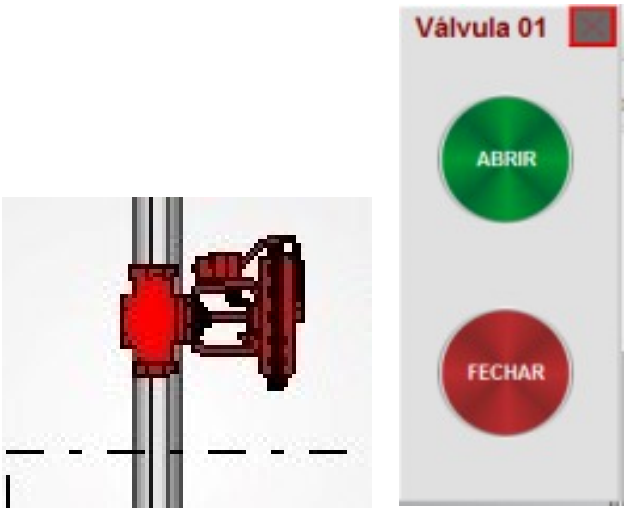
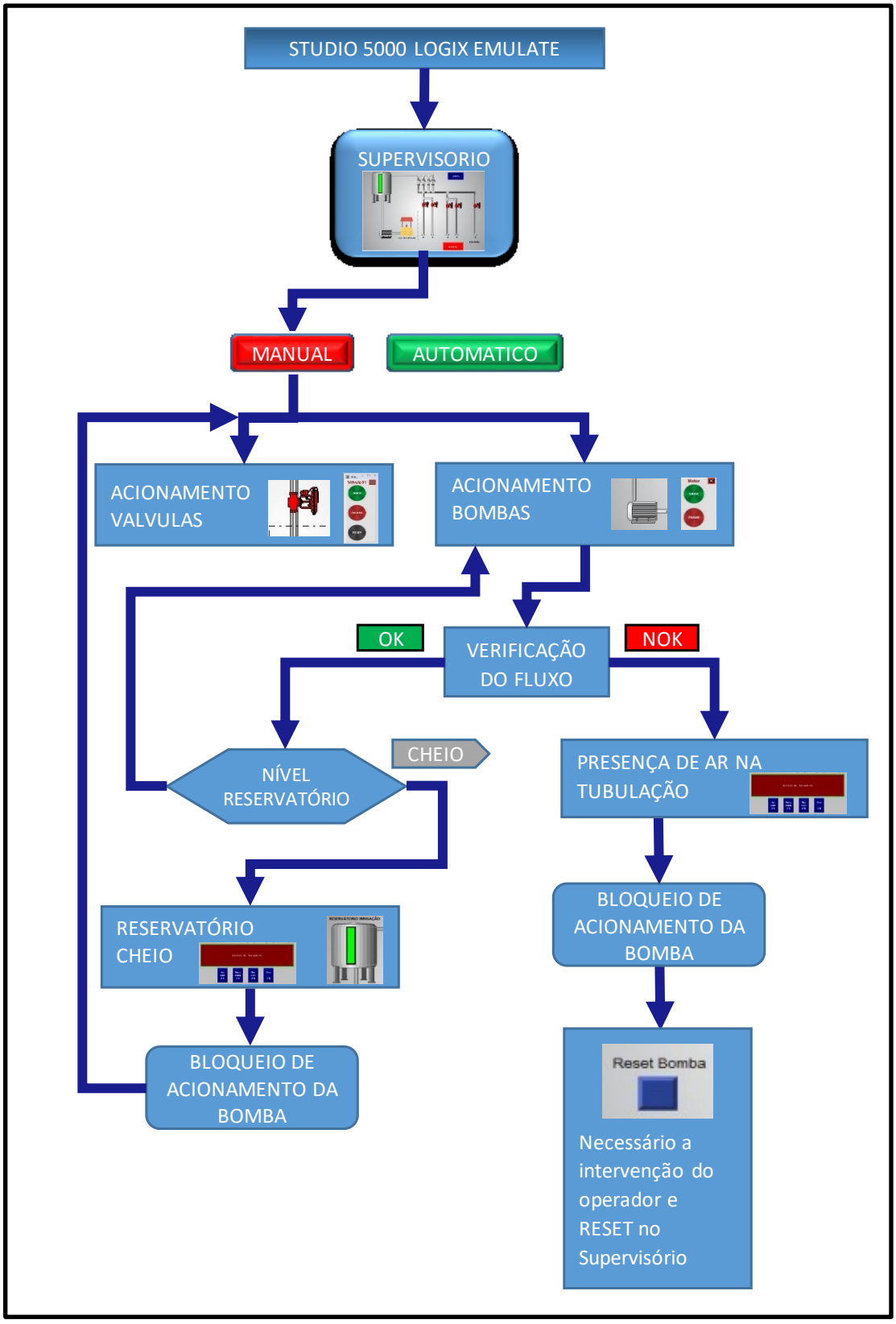
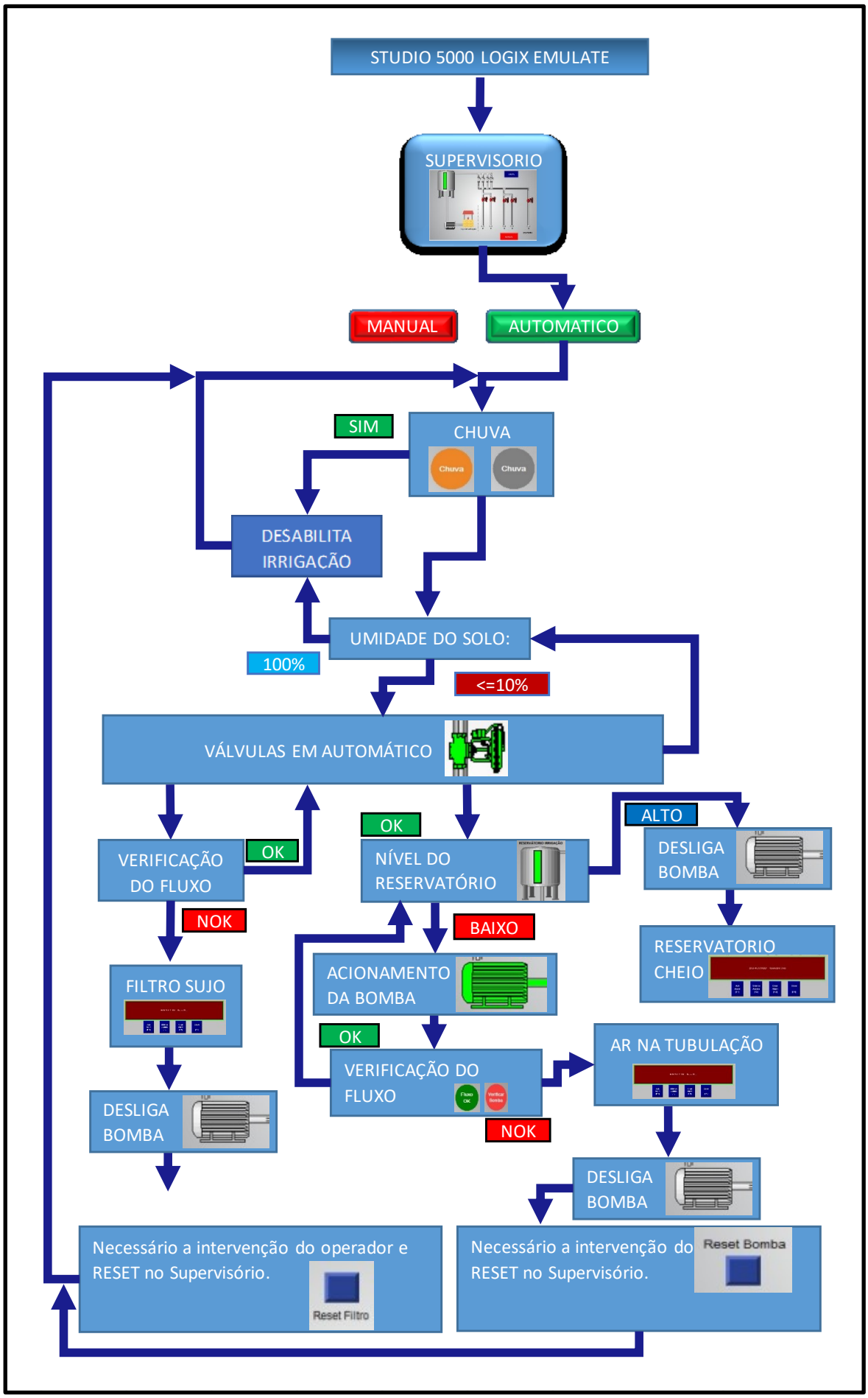


Figura 21 - Válvula e Pop-up de acionamento (Fonte: Elaborado pelo autor)

4.2. Programação

O fluxograma mostrará as decisões que o sistema tomará de acordo com o estado das variáveis de entrada e saída.




STUDIO 5000 LOGIX EMULATE
SUPERVISORIO
MANUAL
AUTOMATICO
SIM
CHUVA
Chuva
Chuva
DESABILITA IRRIGAÇÃO
UMIDADE DO SOLO:
100%
<=10%
VÁLVULAS EM AUTOMÁTICO
VERIFICAÇÃO DO FLUXO
OK
NOK
FILTRO SUJO
DESLIGA BOMBA
OK
NÍVEL DO RESERVATÓRIO
ALTO
DESLIGA BOMBA
RESERVATORIO CHEIO
BAIXO
ACIONAMENTO DA BOMBA
OK
VERIFICAÇÃO DO FLUXO
NOK
AR NA TUBULAÇÃO
DESLIGA BOMBA
Necessário a intervenção do operador e RESET no Supervisório.
Reset Filtro
Necessário a intervenção do RESET no Supervisório.
Reset Bomba

5. Conclusões ou Considerações Finais

Através do estudo desenvolvido foi possível conhecer os processos que são realizados no manejo da irrigação do cafezal e entender as necessidades do produtor na execução desta atividade, um dos principais problemas enfrentados é a escassez de água, tendo em vista que a média de chuva anual é menor que a necessidade da plantação, tornando indispensável a irrigação, e buscando métodos de aplicação mais eficaz, para evitar perdas e obter uma maior eficiência, assim maximizando a produtividade dessa lavoura.

Com estes pontos levantados foi possível desenvolver o sistema inteligente de irrigação, onde a tecnologia vem para ajudar o produtor e facilitar sua operação diária, o supervisório é uma interface para que o cafeicultor tenha controle de todo manejo, com os alarmes e erros apresentados.

A partir deste projeto é possível dar continuidade, com a implementação real junto aos periféricos físicos, elaborar uma rotina no sistema para que seja realizado a fertirrigação, técnica de aplicar os fertilizantes via água, para auxiliar o produtor na aplicação dos nutrientes em sua plantação, reduzindo o custo com a mão de obra da adubação convencional, e uma melhor aplicabilidade na sua plantação.

6. Referências

SALES, E. F. **Convivendo com a seca no Estado do Espírito Santo.** Vitória, ES: Emcapa 1998.28 p. (Emcapa. Documentos, 97)

CNA. **Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA).** Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>. Acesso em: 28 set. 2021.

NIEVES, Leandro. **Climas do Espírito Santo.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/geografia/clima-do-espirito-santo/>. Acesso em 23 out. 2021.

CRAVO, Edilson. **O que é Controlador Lógico Programável (CLP) e como funciona**. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/controlador-logico-programavel/>. Acesso em: 08 nov. 2021.

ALFACOMP. **TNH20 – Transmissor de nível hidrostático.** Disponível em: <https://alfacomp.net/produto/tnh20-transmissor-de-nivel-hidrostatico/>. Acesso em: 11 nov. 2021.

NOVUS. **Transmissores de Umidade e Temperatura RHT-WM e RHT-DM.** Disponível em: <https://www.novus.com.br/site/default.asp?Idioma=55&TroncoID=508083&SecaoID=628282&SubsecaoID=917163&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=645063>. Acesso em: 11 nov. 2021.

INSTAAGRO. **VALVULA BERMAD HIDRAULICA 2" (50MM) MOD. 205 ROSCA BSP COM FECHO MECANICO GLOBO**. Disponível em: <https://www.instaagro.com/bermad-valvula-bermad-hidraulica-2-50mm-mod-205-rosca-bsp-com-fecho-mecanico-globo>. Acesso em: 15 nov. 2021.

MATTEDE, Henrique. **O que é fluxostato? Aplicações e funcionamento!** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-fluxostato-aplicacoes-e-funcionamento/>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CHILLERPEÇAS. **Chave de Fluxo do Tipo Palheta Extensível para Líquidos 1".** Disponível em: <https://www.chillerpecas.com.br/produtos/chave-de-fluxo-do-tipo-palheta-extensivel-para-liquidos-1/>. Acesso em: 18 mai. 2022.

CRAVO, Edilson. **Linguagem de programação Ladder: aplicações, exemplos e dicas!** Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/linguagem-programacao-ladder/>. Acesso em: 23 mar. 2022.

ALEXANDRE, LUIZ. **Escolha correta do aspersor para irrigação.** Disponível em <https://revistacultivar.com.br/artigos/escolha-correta-do-aspersor-para-irrigacao>. Acesso em: 23 nov. 2021.

SARAIVA, J. S. T.; SILVEIRA, J. S. M. **Irrigação do café**. In: COSTA, E. B. da (Coord.) Manual técnico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo. Vitória, ES: SEAG, 1995 p. 111-120.