

Sinais e sistemas: análise de práticas industriais do sistema MISO

Matheus Farias Fernandes

Universidade CEUMA, Engenharia de Computação, São Luís, MA, Brasil.

Yasmin Joanne de Sousa Farias

Universidade CEUMA, Engenharia de Computação, São Luís, MA, Brasil.

Wanderson Taylon dos Santos Ferreira

Universidade CEUMA, Engenharia de Computação, São Luís, MA, Brasil.

Joyce Carvalho Vasconcelos Lacerda

Universidade CEUMA, Engenharia de Computação, São Luís, MA, Brasil.

Jonathan Araújo Queiroz

Universidade CEUMA, Departamento de Educação, São Luís, MA, Brasil.

DOI: [10.47573/aya.5379.2.61.2](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.61.2)

RESUMO

Este estudo tem como objetivo fornecer uma alternativa mais simples e confiável para o projeto de estruturas de controle supervisorio para sistemas com uma variável de controle e múltiplas variáveis manipuladas, também conhecidos como sistemas MISO (multiple input-single output). Ao longo do artigo, algumas razões teóricas e práticas são apresentadas, bem como um exemplo industrial em que o esquema proposto substitui estratégias inadequadas.

Palavras-chave: MISO. split-range. multicontrolador.

ABSTRACT

This study aims to provide a simpler and more reliable alternative for designing supervisory control structures for systems with one control variable and multiple manipulated variables, also known as MISO (multiple input-single output) systems. Throughout the article, some theoretical and practical reasons are presented, as well as an industrial example in which the proposed scheme replaces inadequate strategies.

Keywords: MIMO. split-range. multicontroller.

INTRODUÇÃO

A área de controle e automação é altamente dependente do desenvolvimento tecnológico e passou por fases mecânicas, pneumáticas, eletrônicas e digitais nos últimos 80 anos. Com a eliminação das novas tecnologias e a eliminação das antigas, sob a pressão do dia a dia, as velhas ideias são rapidamente implantadas sem explorar as possibilidades oferecidas pelas novas tecnologias. Na maioria dos casos, uma cópia pura e simples da solução é realizada sem considerar os princípios básicos que levaram a essa solução. Por exemplo, quando os projetistas encontram 2 atuadores e uma variável controlada (CV), eles consideram automaticamente o uso do controlador e atribuem sua saída a esses dois atuadores. Esse tipo de estratégia é chamado de controle de faixa dividida ou controle de faixa dividida. Esta estrutura é ilustrada na Figura 1. No entanto, é óbvio neste exemplo que, assim como em qualquer sistema multivariável, cada atuador tem um efeito diferente no CV. Além da polarização, nada nos impede de usá-lo para cada controlador de par A de atuador- CV. Na Figura 2, retirada de uma das poucas publicações que realmente tratam do assunto (King, 2011), mostra-se uma alternativa com dois controladores. Nessa situação específica com dois atuadores e uma variável controlada, simplesmente utilizando dois controladores para o mesmo VC já é possível controlar melhor cada atuador, pois cada controlador possui, pode ser ajustado no currículo de acordo com sua resposta dinâmica. Só nos resta saber coordenar suas ações conjuntas. Isso pode ser feito de forma muito simples pela diferença de valor entre os pontos de ajuste dos dois controladores. Se isso for feito, um deles terá ação prioritária. Se a histerese for relativamente ampla, haverá uma zona morta entre os usos do atuador.

Se a correia ficar estreita, poderá reduzir até que suma e comece a permitir sobreposição

da ação do atuador. Em casos extremos, os set points são iguais, dependendo das configurações do processo e das mudanças utilizadas. Em ambas as situações, a melhor faixa de divisão pode equivaler ao desempenho do multicontrolador. De fato, diversas simulações indicaram que, se os objetos controlados forem muito semelhantes, ou seja, se o atuador tiver uma resposta muito semelhante no VC, o desempenho do split-range é apenas semelhante ao esquema multicontrolado. Na situação mais realista, o atuador tem diferentes respostas de ganho e a atuação do multicontrolado se torna superior.

Figura 1 - Controle Split-Range (King,2011).

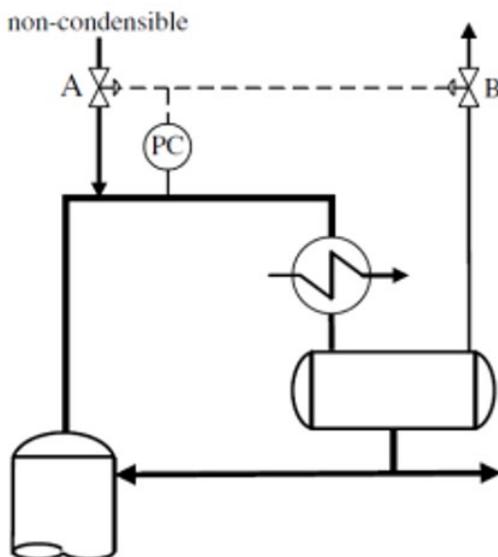
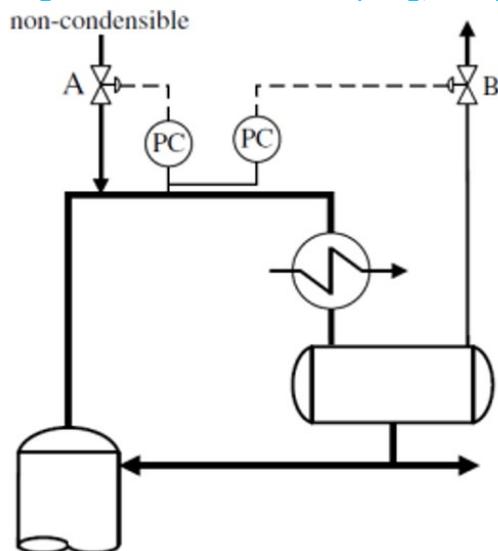
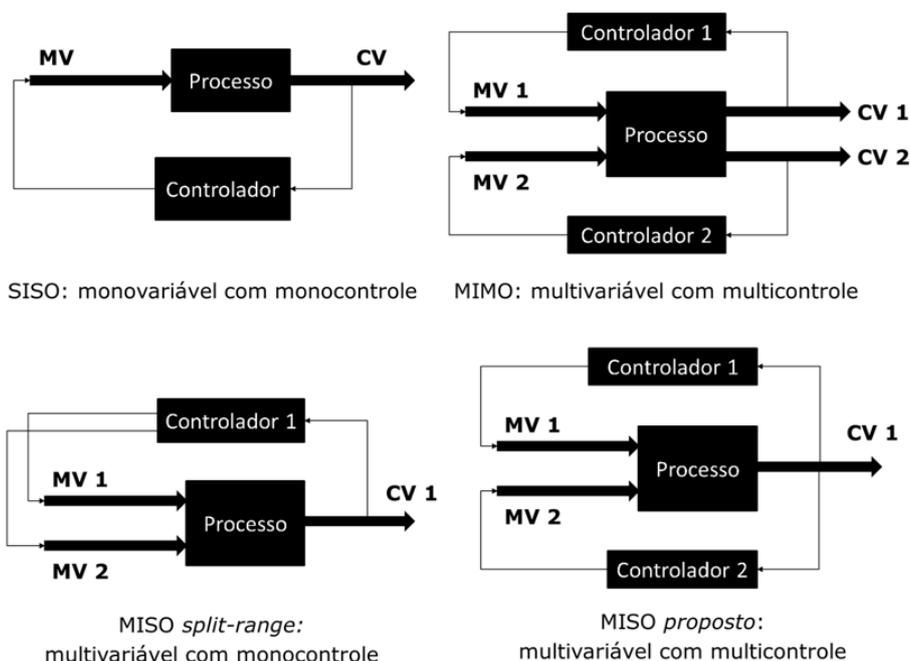


Figura 2- Multicontrolador (King, 2011)



Uma coisa que podemos esclarecer a partir de agora é que a solução de multicontrolador não é uma mudança do controle de multivariável. O sistema MISO é naturalmente multivariado. Porém, a estratégia split-range é um sistema de controle único, e a estratégia proposta, como o nome sugere, é uma estratégia de controle múltiplo. A Figura 3 ilustra essas diferenças por meio de diagramas de blocos dos sistemas SISO (Single Input Single Output), MISO e MIMO (Multiple Input Multiple Output). Nesta figura, a MV é uma variável manipulada.

Figura 3 - controle de sistemas SISO, MIMO e MISO.



Pode-se observar na Figura 3 que a única estratégia não natural é a estratégia split-range, pois considera o controlador único do sistema de controle multivariável. A principal força motriz para o uso do split-range é economizar transmissores e controladores. Na era do controle pneumático, quando essa solução apareceu pela primeira vez, os custos de transmissão e controle eram extremamente altos e os requisitos de desempenho eram baixos. Portanto, vale a pena economizar tais controladores. Porém, em sistemas industriais modernos, o custo de inserção de um novo PID (Controlador Proporcional-Integral-Derivativo) é praticamente zero. Portanto, é costume, juntamente com a falta de algum conhecimento dos princípios básicos de controle, continuar a usar soluções cuja eficácia já expirou. O objetivo deste trabalho é apresentar algumas objeções ao uso de divisões e mostrar que o uso de esquemas de controle múltiplos é muito simples.

O CONTROLE DE PROCESSOS E OS PROBLEMAS OPERACIONAIS DO SPLIT-RANGE

Frequentemente nos deparamos com situações em que a estratégia de controle enviada para configuração e implementação - embora bem projetada e teoricamente precisa - precisa ser modificada antes da implementação, ou porque é muito complexa e tecnicamente inviável (falta de recursos de automação) Conhecimento), ineficiência (falta de conhecimento do comportamento dinâmico do processo), ou falta de segurança. Esse fato nos levou a discutir os princípios que norteiam o projeto de estratégia de controle e os pré-requisitos para o bom funcionamento da malha de controle. Este assunto não é novo. O famoso professor e educador William L. Luyben (William L. Luyben) definiu algumas regras concisas e universalmente válidas:

Primeira lei de Reuben: O sistema de controle mais simples que atenda aos requisitos é o melhor.

Lei de Luyben 2: Entender o processo é condição necessária para poder controlá-lo.

Com base em nosso entendimento e experiência na academia e na indústria, essas leis podem ser estendidas para considerar a tecnologia de automação (hardware) e a teoria de controle mais avançada. Portanto, propomos as seguintes regras, que constituem a premissa para o funcionamento normal da malha de controle (Longhi, 2013):

Regra 1. "Saiba (claramente) o que você quer da malha de controle".

Regra 2. "Compreender o comportamento dinâmico do sistema controlado" (segunda lei de Reuben).

Regra 3. "Saiba o que você pode fazer".

Além disso, embora a ideia básica por trás do controle de processo seja a automação de processos repetitivos que podem ser feitos manualmente da mesma maneira todas as vezes, dois princípios básicos devem ser considerados ao projetar um sistema de controle para que sejam realmente: eficazes e operacionalmente usados:

Princípio 1: "Facilite a vida dos usuários.

Princípio 2: "Não comprometer a segurança do processo (manter / melhorar o nível de segurança)". Com a premissa e esses princípios, podemos estabelecer as regras gerais que devem ser consideradas ao projetar um sistema de controle:

Regra 1: "Automação de coisas que acontecem com frequência e a necessidade de sempre realizar as mesmas ações ou ações semelhantes."

Regra 2: "Somente automatize coisas que acontecem com pouca frequência para fins de segurança."

Regra 3: "Não torne a operação em modo manual inviável ou atrapalhe a hierarquia inferior."

Regra 4: "Não automatize a tomada de decisão envolvendo avaliação situacional." Regra 5: "Não insira complexidade desnecessária (siga a primeira lei de Luyben)".

Quando consideramos o modo de intervalo dividido, podemos ver que essa estratégia significa que o modo manual é inviável, convertendo a saída em um mapeamento fixo de vários atuadores. É impossível para o operador definir quaisquer aberturas para atuadores que não sigam a equação de divisão. Isso pode levar a problemas de segurança, assim como a perda do controle manual, pois violamos o princípio básico de não afetar a segurança do processo. Para ilustrar essa situação, imagine como seria agir sobre os dois elementos finais em uma emergência, e ambos são operados separadamente. Você pode tentar evitar esse problema colocando um seletor manual antes do sinal de divisão de faixa. Da mesma forma, você também pode configurar a programação de ganho para alterar os parâmetros PID com base no atuador usado. Porém, a partir desse momento, complexidades desnecessárias começaram a ser introduzidas, que podem ser tratadas de forma mais elegante e natural por meio de uma estratégia de multicontroladores. O sistema multicontrolador permite que se insira um parâmetro de início em um atuador e ative ou não outra malha.

O DESEMPENHO DO ESQUEMA MULTICONTROLADOR

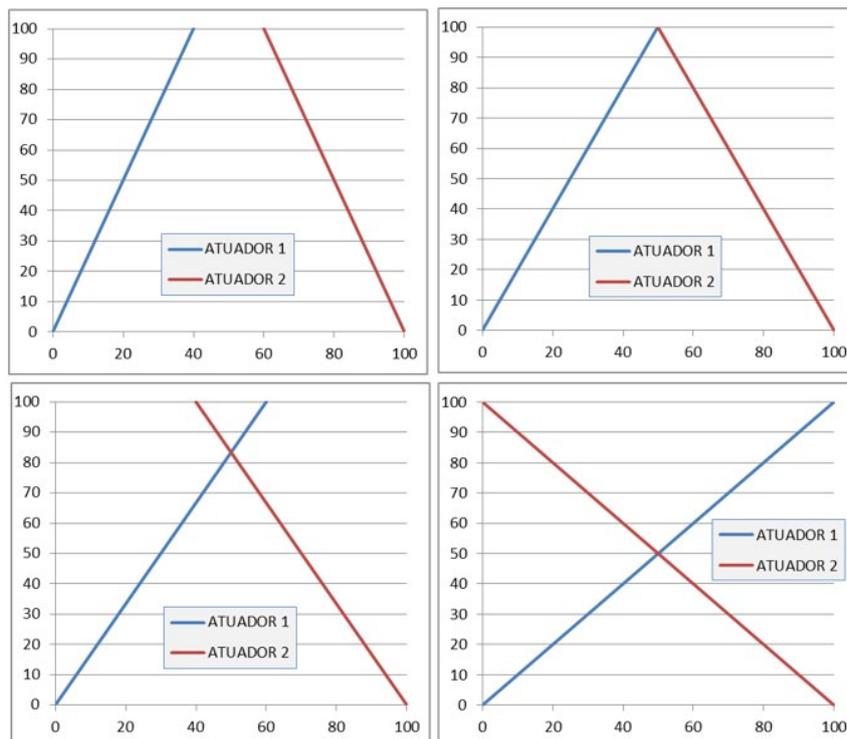
Nesta sessão vamos analisar uma breve descrição das possíveis maneiras de operar um sistema multi-atuador. Consideremos um sistema MISO, que possui uma entrada e duas saídas variáveis manipuladas (MV), duas válvulas controladoras, por exemplo, com acionamento reverso (uma aberta e outra fechada), cuja abertura é controlada por um único controlador A definição de saída. O primeiro modo de operação é uma sequência com uma zona morta. Neste caso, de acordo com Figura 4.a, o sinal é até o primeiro atuador até que fique saturado, e a banda de saída (ou PV) se torna zona morta, onde o outro atuador não tem ação. Após esta zona morta, o outro atuador começa a fechar. Em termos de split-range, esta operação é alterada de um mapeamento da saída do controlador, se tornando uma abertura da válvula. Tal mapa é mostrado nas curvas na Figura 4.

Nesse mapeamento, a zona morta pode ser reduzida até que seja cancelada, e chegamos à situação na Figura 4.b, que é o modo puramente sequencial mais popular da indústria. Outra possibilidade para evitar mudanças repentinas no atuador é inserir uma zona morta negativa, chamada de sobreposição. Essa situação é mostrada na Figura 4.c. Neste caso, o segundo atuador começa a se mover antes que o primeiro atuador sature. Outra situação muito comum é usar dois atuadores ao mesmo tempo.

Esta situação é mostrada na Figura 4.d, apenas enviando o sinal diretamente para os dois atuadores como se fossem um único elemento de controle final. Todos esses modos de ação não estão limitados ao intervalo dividido, mas são aplicáveis a todos os sistemas com vários atuadores. O split-range faz define claramente como operar e corrigir esse mapeamento.

Por sua vez, a estratégia de multicontrolador torna o mapeamento livre, o que é algo bom, mesmo que seja mais complexo determinar o ponto inválido da zona morta, o que é quase irrelevante na prática.

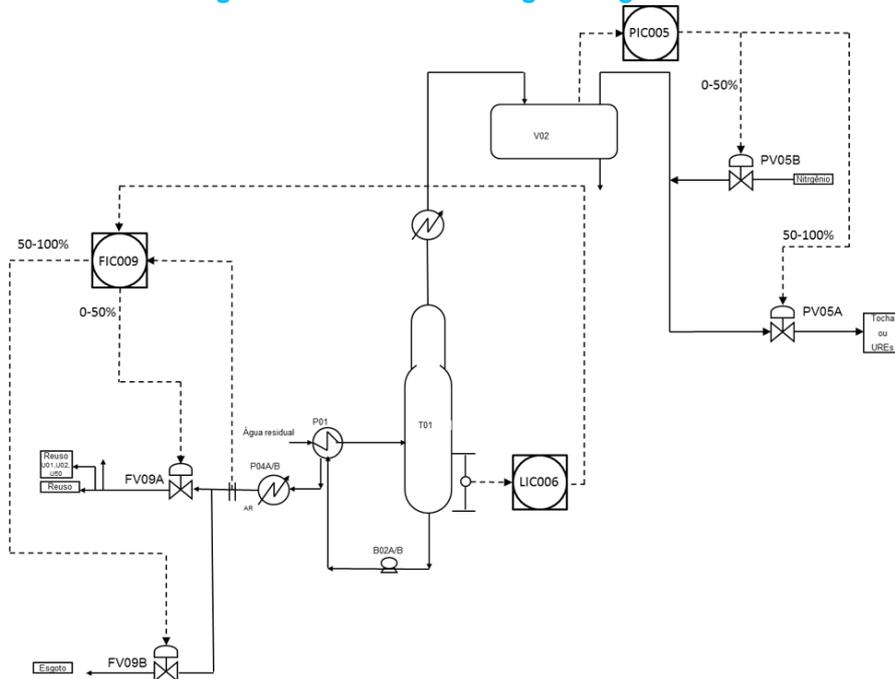
Figura 4 - Split-Range atuando



ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL

Esse estudo de caso se trata do controle de nível de fundo de uma torre de retificação de água ácida, um resíduo bastante comum em indústrias petroquímicas. O controle de nível das torres é feito através da modulação de duas correntes de água residual, sendo uma para reuso e outra para o tratamento de esgoto oleoso. Na maioria dos casos, a estratégia de controle de início projetada para este fim foi o split-range, conforme pode ser visto na Figura 6, para quando o sinal de saída na faixa de 0 a 50%, a válvula é aberta novamente. Se a corrente não é suficiente e o sinal excede 50% (faixa de 50-100%), pode-se começar a atuar na válvula da corrente para o tratamento do esgoto. Durante o funcionamento normal da unidade, uma vez que o sistema de reaproveitamento não está disponível, o nível do fluxo de esgoto precisa ser controlado. No entanto, a estratégia da Figura 6, para o sinal de saída na faixa de 0 a 50%, a válvula é aberta novamente. Se a corrente for insuficiente e o sinal ultrapassar 50% (faixa 50-100%), a válvula de corrente de tratamento de esgoto pode iniciar a ação. Durante o funcionamento normal da unidade, por não haver sistema de reaproveitamento, o fluxo de esgoto precisa ser controlado. No entanto, a estratégia da Figura 6 impede seu uso no modo manual. Portanto, o uso repetido no local é bloqueado e o nível do líquido é controlado pela válvula B, não automática. Portanto, além de exigir intervenção no local, o sistema também tem uma capacidade de extração limitada, o que não é desejável. O problema de manutenção e seleção de atuadores ocorre no controle de pressão do reservatório superior (PIC005).

Figura 5 - controle estratégico original

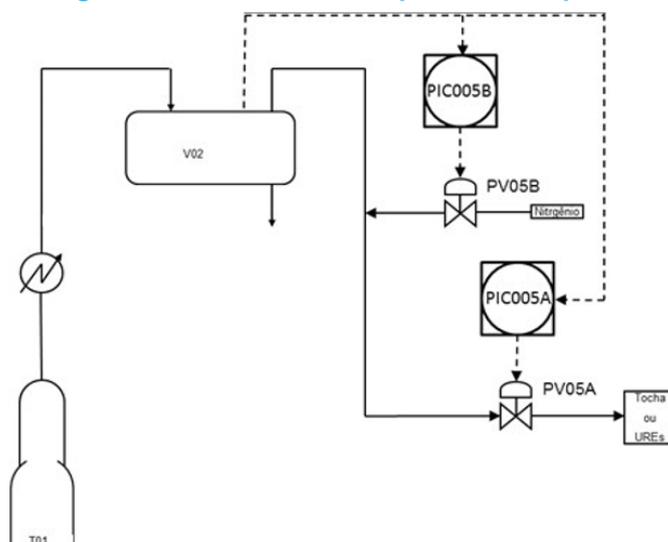


Para o controle de pressão do vaso superior, devido à vasta aceitação dessa estratégia do sistema de pressão pela operação do dispositivo, uma substituição de faixa dividida de múltiplos esquemas de controle foi rapidamente realizada. A estratégia implantada é mostrada na Figura 7.

Quanto ao controle de nível, a primeira solução considerada foi criar um regulador de fluxo para cada válvula e inserir um seletor manual, como mostrado na Figura 8.

Esta solução é notoriamente a mais simples, permite o monitoramento em cascata com qualquer válvula. No entanto, uma das válvulas deve ser manipulada manualmente e o ajuste do LIC (controlador de nível de líquido) das duas válvulas permanece o mesmo. Logo, para evitar a seleção e manter os dois FICs em modo cascata, uma lógica deve ser configurada para colocar automaticamente o controlador não selecionado no estado manual. O segundo controlador pode ser usado para ajustes esporádicos, assim como o controle de posição, para fornecer mais controle para o loop selecionado. Se o ajuste for muito frequente, o controle de posição deve ser programado para automatizar o sistema. Mas, este controle de posição deve ser replicado automaticamente para outra válvula, pois qualquer circuito de fluxo pode ter sido designado para a cascata, o que complica ainda mais a performance do sistema.

Figura 6 - Multicontrolador para vaso superior



A melhor escolha para atender as condições do processo de forma elegante e universal é inserir dois controladores paralelos, um para cada elemento atuador, como mostrado na Figura 9. Veja que, como o fluxo de saída da torre não é uma variável que precisa ser controlada, o controlador de fluxo foi eliminado e transformado em um indicador de fluxo. Para aqueles familiarizados com seletores e até mesmo intervalos de divisão, esta estratégia pode parecer mais complicada no início. Mas, este é um fator meramente cultural, e qualquer resistência será superada rapidamente, pois facilita a vida do operador. Ao contrário da estratégia da Figura 8, a nova estratégia possui somente dois elementos de decisão (dois controladores), enquanto a nova estratégia possui 4 elementos de decisão (3 controladores e um seletor). O plano na Figura 9 não requer nenhuma entrada "temporária" para funcionar de acordo com qualquer objetivo de controle. Nessa estratégia, o sistema considera exatamente a resposta de cada válvula no nível do líquido, de forma a fazer os ajustes mais adequados para cada malha. Outra questão que deve ser levada em consideração é o traqueamento do sinal por conta do seletor, que fica mais complicada. Obviamente, a estratégia mais simples na superfície não é tão simples. Isso porque o seletor não é uma estratégia natural, ele permite clareza de operação e agilidade no processo. Ao colocar este elemento (seletor), as pessoas começaram a precisar de vários outros elementos "temporários" (não naturais) para simular todas as possibilidades operacionais não incluídas nesta simplicidade "óbvia", ou seja, dificultamos desnecessariamente o sistema, aumentando a possibilidade de erros de configuração e operação.

Figura 7 - Seletor estratégico.

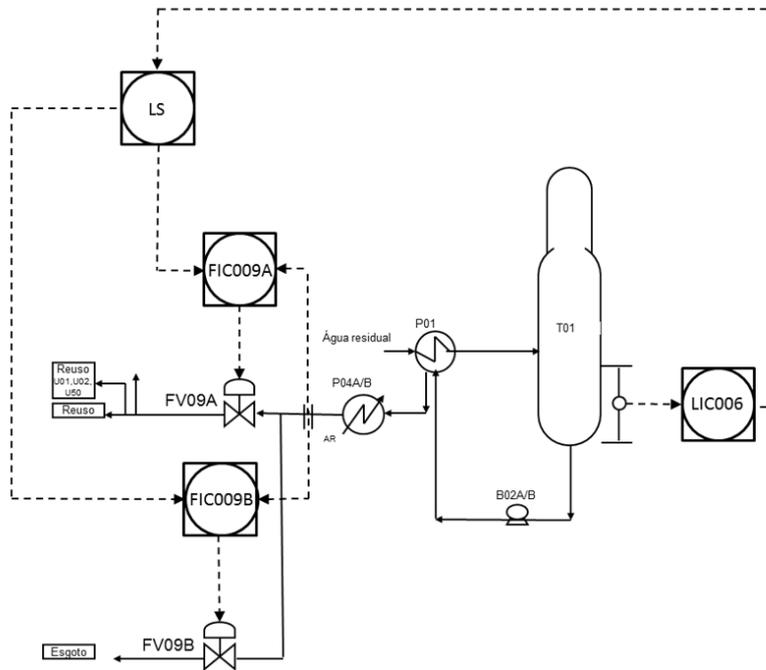
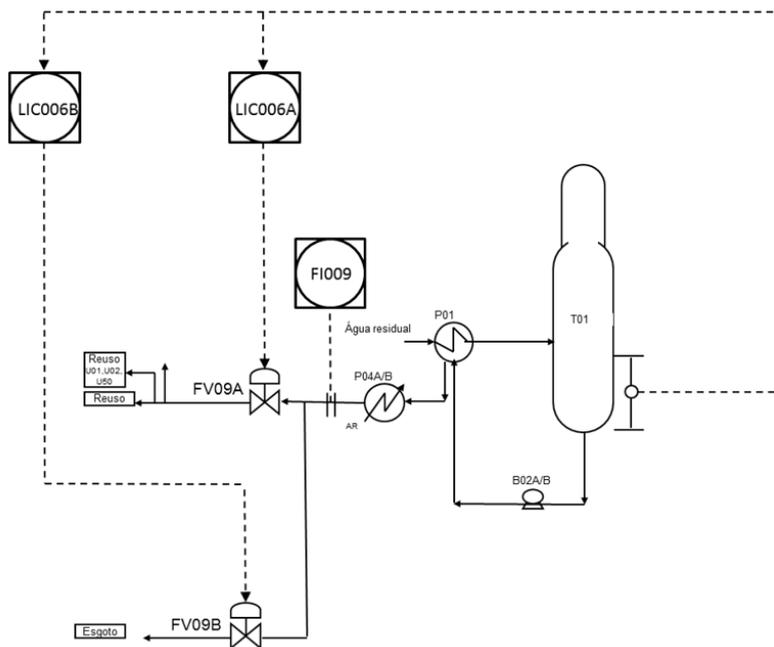


Figura 8 - Controle estratégico final



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como objetivo desencadear algumas discussões sobre o projeto da estrutura de controle do sistema MISO. Para esses sistemas, cada atuador possui um efeito diferente na CV. Como todos sabemos, não é aconselhável inviabilizar o modo manual de funcionamento de uma malha. Entretanto, quando se deparam com o sistema MISO, diversos projetos consideram diretamente o uso da divisão sem questionar se os objetivos de controle e segurança foram alcançados. Os motivos presumidos são os seguintes: (1) Na indústria, existe uma grande pressão para economizar energia e tempo. Portanto, o projeto de sistemas de controle é geralmente mais devido ao hábito do que questionar a melhor alternativa com base em princípios

básicos. Como não podemos questionar as soluções existentes, mesmo que elas não as satisfaçam, tecnologias inadequadas continuam a ser usadas na indústria. A implantação é geralmente a última etapa no trabalho da equipe de controle e automação, e o desempenho insatisfatório é confiado ao usuário, e não às restrições da estrutura de controle. (2) Nas universidades, é capaz haver pouco interesse em lidar com sistemas que não sejam novos ou matematicamente complexos. Deve-se notar que o desenvolvimento teórico geralmente requer alta precisão do modelo. Paradoxalmente, o intervalo de divisão é onipresente e é o principal responsável por impor restrições ao desempenho da planta, justamente por rejeitar a existência de múltiplos modelos entre o alvo e o atuador.

REFERÊNCIAS

Longhi, L. G. S. Controle de Processos: As regras do jogo (2013), IN: Notas técnicas da Otimização (NT-OT), Documento interno PETROBRAS. Refinaria Alberto Pasqualini, Canoas, RS.

Longhi, L. G. S., Tedesco, M. M., Mello, D. I. e Fernandes, P. R. B (2015), Substituição de Split-range por multicontroladores: uma estratégia natural e mais confiável para sistemas MISO. IN: Anais do congresso RIO AUTOMAÇÃO 2015, IBP, Rio de Janeiro, RJ.

King, M. (2011), Process Control: A Practical Approach, Wiley.

Tedesco, M. M. (2014), Metodologia para substituição de controladores em split-range por multicontroladores. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Depto Eng. Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.