



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS – CCE

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – DEL

Pós-Graduação em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais

HEYTOR FABRICIO ARANTES FRAUCHES REIS

**Proposta de automação para processo de diluição de resina impermeabilizante em
corrugadoras**

VIÇOSA

2020

HEYTOR FABRICIO ARANTES FRAUCHES REIS

Proposta de automação para processo de diluição de resina impermeabilizante em corrugadoras

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais, da Universidade Federal de Viçosa, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Automação e Controle de Processos Agrícola de Industrial.

Orientador: Daniel Khéde Dourado Villa

VIÇOSA

2020

RESUMO

A aplicação de impermeabilizantes nas capas do papelão ondulado é uma técnica importante na indústria de embalagens que permite a utilização do papel em condições de umidade elevada. Para realizar a aplicação é necessário diluir o impermeabilizante de acordo com o Cobb especificado para o produto. O trabalho apresenta uma proposta para a automação do processo de diluição, com o objetivo de garantir o atendimento às especificações de qualidade e reduzir desperdícios. Para tal, foi criado um diagrama de processo e instrumentação, algoritmo de controle e o respectivo código em Ladder. O custo estimado com materiais para a automação do sistema foi de R\$ 28.270.

ABSTRACT

The use of coating barriers on the corrugated board surface is an important technique in the paperboard packaging industry which allows the utilization of paper under elevated moisture conditions. In order to apply the barriers, it's necessary making the dilution to achieve the Cobb specified for the product. This work brings a proposal for the automatization of the dilution process, intending to satisfy the quality requirements and reduce losses. Therefore, were created a process and instrumentation flowchart, control algorithm and the respective Ladder code. The costs estimated with materials for the automation system were R\$ 28.270.

1. Introdução

A indústria de embalagens de papelão ondulado (PO) é um setor consolidado no Brasil. Segundo a ABPO (2020) existiam 144 onduladeiras em operação no país em 2018, as quais geraram uma expedição de mais de 7 milhões de km² de PO, sendo mais da metade destinados ao setor de alimentos. No mesmo período, as fábricas de PO empregaram 24.154 pessoas e geraram R\$ 3,6 bilhões em impostos. Ademais, o setor pode ser considerado um exemplo de economia circular, visto que utiliza matéria-prima renovável, com 70% de seus produtos fabricados com fibras recicladas.

O setor de PO busca constantemente por inovações tecnológicas que viabilizem o emprego de seus produtos em novos mercados. Um avanço importante para o setor foi a utilização impermeabilizantes, especialmente para atender o mercado de alimentos refrigerados. Pois, a exposição das embalagens de papelão a ambientes com umidade elevada provoca perda significativa de sua resistência (QINFAZHANG et al, 2019).

No uso das embalagens, diferentes graus de impermeabilização são requeridos, sendo essa propriedade mensurada pelo controle de qualidade das indústrias através do teste de Cobb, o qual determina a capacidade de absorção de água por unidade de área de papel ou papelão (TAPPI T411, 2004).

Apesar do desenvolvimento de diversas pesquisas para a utilização de polímeros biodegradáveis, os impermeabilizantes sintéticos são ainda os mais utilizados (VARTIAINEN et al, 2014). Esses são comumente constituídos de emulsões de água com copolímeros acrílicos e parafina (POPIL et al, 2008; ANDRARE, 2011). Após a

aplicação da emulsão, a água é removida pelos secadores das máquinas corrugadoras e então forma-se um filme impermeável na superfície do papel.

A fim de atender diferentes especificações de Cobb requeridas pelo mercado, usualmente nas fábricas de PO se realizam diluições das resinas em água. Quando essas diluições são realizadas de forma manual, ocorrem desperdícios e problemas de qualidade, muitas vezes devido à falta de padronização do Cobb. Logo, a automação do processo se torna interessante para reduzir custos e melhorar a satisfação dos clientes.

A proposta do trabalho é desenvolver um processo de diluição de resina automatizado. Para tal, foi criado um diagrama de processo e instrumentação (P&ID), algoritmo de controle e o respectivo código em Ladder. Também foram estimados os custos para a automação do sistema. Detalhes e custos construtivos não foram abordados.

As máquinas utilizadas para aplicação de resina impermeabilizante em papel possuem funcionamento relativamente simples. A resina é bombeada continuamente de um tanque para a calha de alimentação da máquina, a qual é apresentada na Figura 1. Sobre essa calha, encontra-se um rolo revestido com cromo que arrasta a resina. O excesso do produto verte no fundo da calha para evitar o transbordo, sendo o mesmo recirculado por bomba ou gravidade, a depender da diferença de nível e distância para o tanque. Outro componente importante das calhas são os limitadores de aplicação, que delimitam a área de aplicação de acordo com a largura da folha de papel a se impermeabilizar.

Sobre o rolo coletor é montado um rolo dosador, revestido com borracha, conforme na Figura 2. O papel passa por um *gap* entre ambos os rolos, sendo o *gap* ajustável para a gramatura do papel através da movimentação do rolo dosador por cilindros pneumáticos que possuem limitadores mecânicos de curso reguláveis. Ao passar pelo *gap*, o papel é conduzido por rolos guias e, posteriormente, passará pelo processo de secagem.

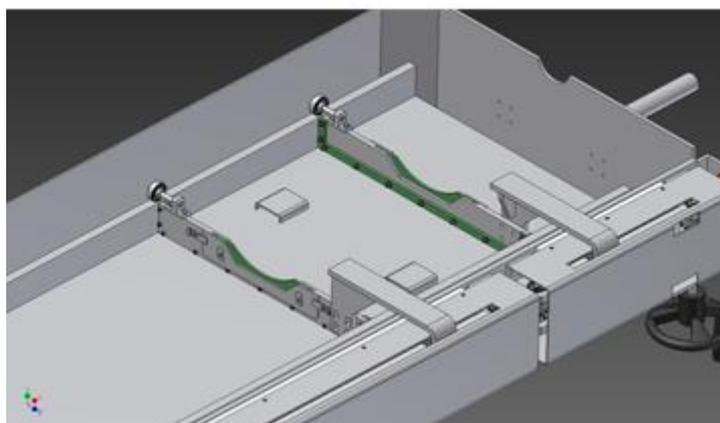


Figura 1: Calha de alimentação de máquina aplicadoras de resina em papel.

Fonte: Geasa.



Figura 2: Detalhe de passagem de papel entre rolos coletor e dosador.

Fonte: Geasa.

2. Proposta de Automação

2.1. Descrição do Sistema de Diluição

O sistema de diluição apresentado no fluxograma da Figura 3 é composto por dois tanques: um de diluição (Tanque 1) e outro de trabalho (Tanque 2). Podendo, se necessário, utilizar o Tanque 1 também como tanque de trabalho. Para tal, abre-se as válvulas V4 e V10, ao invés de V3, V5 e V9. Ambos os tanques são dotados de impelidores acionados por motores elétricos (M1 e M2) e sensores de nível. Esses serão utilizados para medir os volumes de água e resina impermeabilizante durante o preparo das bateladas, assim como para mensurar o consumo instantâneo pela variação temporal do nível.

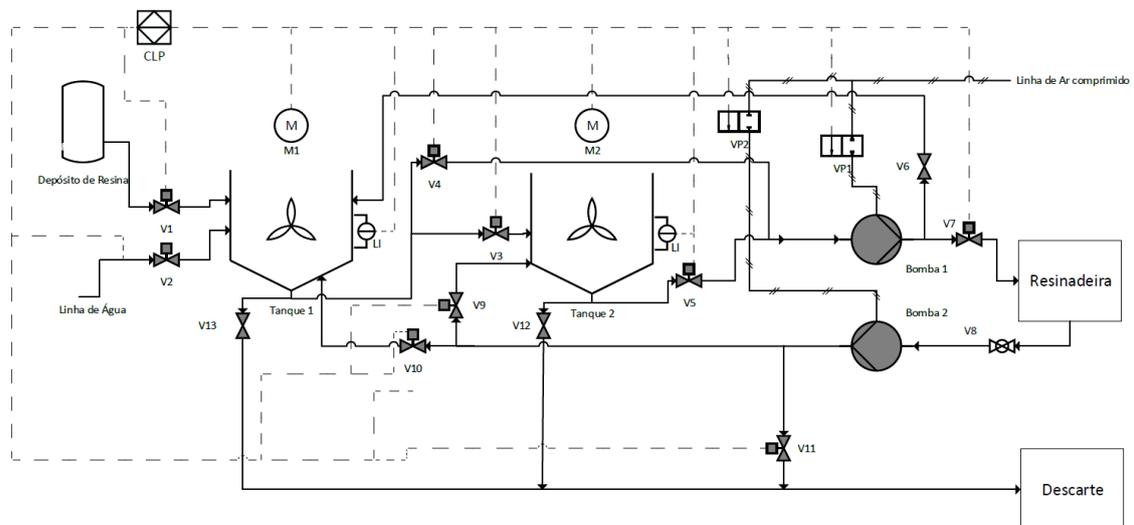


Figura 3: Fluxograma P&ID do sistema de diluição.

As bombas utilizadas são pneumáticas, acionadas pela abertura de válvulas eletropneumáticas (VP1 e VP2). A utilização desse tipo de bomba ao invés de centrífugas é recomendada, devido ao risco de separação da emulsão por cisalhamento. A Bomba 1 será utilizada para alimentar a aplicadora de resina, tendo a opção de devolver a solução armazenada para o Tanque 1, em operação manual, através da abertura de V6. Enquanto isso, a Bomba 2 retorna a resina da calha de alimentação. Assume-se no projeto que o Tanque 1 será construído em um nível mais alto que o Tanque 2, para dispensar o uso de outra bomba.

Dada à presença de sujidades, como pó resultante da abrasão do papel, e a adesão de resina nas paredes dos equipamentos, foi incluída na automação uma rotina de limpeza do sistema. O descarte da limpeza programada se dará pela abertura de V11. Além de V11, também foram incluídas duas válvulas manuais, V12 e V13, para permitir a drenagem dos tanques em uma limpeza manual.

Em produtos com aplicação de resina em apenas uma das capas é possível ocorrer o fenômeno de abaulamento das chapas de papelão ondulado. Isso é causado pela contração desigual entre os papéis utilizados nas capas, após a secagem. Uma alternativa para reduzir esse problema é aplicar água na capa não impermeabilizada. Por isso, a lógica do sistema foi concebida para trabalhar também com aplicação de água pura.

A lista com materiais necessários para a automação do processo e os respectivos custos estimados é apresentada na Tabela 1. O custo é relativamente baixo, se comparado ao potencial de economia. Para exemplificar, considerando uma aplicação média de 10 g/m² por capa e uma redução de 10% no consumo (1 g/m²), ao custo de 4 R\$/kg de impermeabilizante, a economia total seria de 8 R\$/km². Com isso, a automação do sistema obteria o retorno de capital com 3.534 km² de produção. Considerando que as principais empresas do setor expedem de 17 à 1.141 mil km²/ano (ABPO, 2020), constata-se que o retorno pode ser obtido em poucos meses, à depender da participação dos produtos impermeabilizados na carteira de clientes das empresas. Ademais, destaca-se que o sistema proposto é adaptável a diferentes escalas. Bastando-se dimensionar tanques, bombas, comprimento de tubulações e fios, de acordo com a demanda e *layout* do local de instalação.

2.2. Algoritmo de Controle

A Figura 4 apresenta o fluxograma do algoritmo de controle. Para facilitar a interpretação, o mesmo foi diferenciado em 3 cores: azul para Tanque 2 operando como tanque de trabalho, preto para o Tanque 1 e verde para o procedimento de limpeza dos tanques. Conforme a Figura 4, para iniciar o preparo da batelada, deve ser informado ao sistema a concentração de resina impermeabilizante e o volume total da batelada. Caso a

entrada de volume da batelada exceda o volume físico dos tanques, uma mensagem de erro será informada e o volume será novamente solicitado. Com as informações fornecidas, a lógica deverá calcular o volume de água e resina a se adicionar.

Tabela 1: Lista de materiais com respectivos custos estimados.

Quantidade	Componente	Especificação	Custo estimado
8	Válvula Solenóide	Dn de 1", fabricada em bronze ou latão	R\$ 2 400,00
2	Válvula Eléctropneumática	0 - 24 Vdc / 0 - 10 bar	R\$ 1 400,00
2	Bombas Pneumática	Vazão máxima de 57 L/min, Pressão de trabalho até de 7 bar e Conexões de 1"	R\$ 11 400,00
2	Sensores de Nível	Ultrasônico, Alimentação de 24 Vdc, Sinal de 4 a 20 mA	R\$ 8 000,00
3	Válvula de Esfera	Dn de 1", fabricada em bronze ou latão	R\$ 150,00
1	Válvula Globo	Dn de 1", fabricada em bronze ou latão	R\$ 120,00
2	Motorreductor	1 CV de potência, IP 55, 180 rpm	R\$ 3 000,00
1	CLP	Click 02 20HT-D com modo de expansão 8 ERD	R\$ 1 800,00
Total			R\$ 28 270,00

Em seguida, adiciona-se a resina e água, a depender da receita, através da manipulação das válvulas V1 e V2, respectivamente. Caso, durante o preparo o Tanque 2 esteja ocupado, por exemplo, com sobras de uma batelada anterior; o operador do sistema deverá dar o comando para que o sistema utilize o Tanque 1 como tanque de trabalho.

Após finalizar o preparo de uma batelada, a bomba 1 é ligada e então aguarda-se um período de 1 minuto para ligar a bomba 2 (retorno). O motivo desse *delay* é permitir que a resina preencha toda a bacia de alimentação da aplicadora e verta para a calha coletora. Caso contrário, a bomba de retorno iria succionar ar. Assim que o retorno é ligado, inicia-se o reporte da vazão na tela, calculado pela variação temporal do volume do tanque em uso.

Por fim, o operador pode optar por iniciar o código de limpeza do tanque e da máquina. O qual consiste em: 1) preencher o tanque 1 com água, sob agitação; 2) transferir a água para o Tanque 2; 3) Circular a água entre o Tanque 2 e a aplicadora de resina e 4) descartar a água de lavagem, através da abertura de V11.

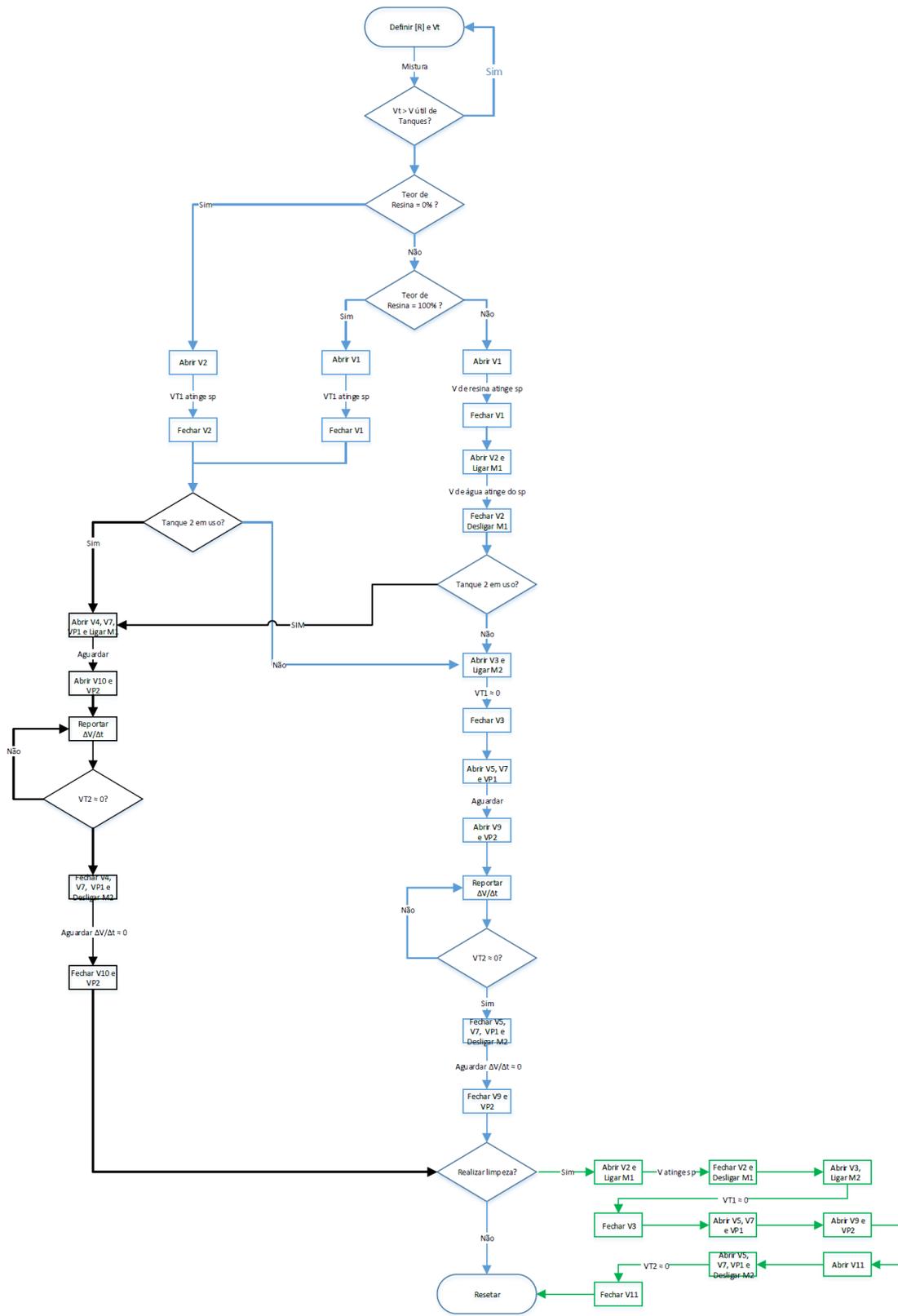


Figura 4 – Algoritmo de controle.

Uma simulação passo a passo do código Ladder feita utilizando o Software Click 02 edit da WEG pode ser vista nos *links* disponibilizados no Anexo I, divididos em 4 partes. Na parte 1 apresenta-se o preparo de uma batelada e o seu bombeamento para a resinadeira; na parte 2 a desativação das bombas ao fim da aplicação e o acionamento da rotina de limpeza da máquina; na parte 3 mostra-se a finalização da rotina de limpeza e na parte 4 o funcionamento do sistema de reporte de vazão. O código em Ladder é apresentado no Anexo II.

3. Conclusão

A aplicação de impermeabilizantes é essencial na indústria de embalagens papelão ondulado para permitir a utilização de seus produtos em ambientes com elevado teor de umidade, tal como câmaras frigoríferas. Permitindo assim, que um produto de origem renovável e altamente reciclado substitua o plástico.

Uma vez que é necessária precisão no preparo das diluições, a fim de garantir a qualidade do produto e redução de desperdícios, a automação do processo traz grandes vantagens. Nesse contexto, o trabalho apresentou uma proposta viável, facilmente escalonável e de baixo custo para esse fim.

Como propostas para trabalhos posteriores sugere-se: I) instalar sensores de nível nas calhas das aplicadoras e utiliza-lo como critério para controlar a vazão de retorno com uma válvula proporcional; II) integrar o sistema de diluição aos softwares de supervisão das máquinas corrugadoras para programar o preparo das bateladas de acordo a sequência de especificações de Cobb dos pedidos e III) utilizar um sinal de velocidade das corrugadores para permitir reportar a aplicação instantânea por unidade de área produzida.

4. Referências

ABPO. Associação Brasileira de Papelão Ondulado. **Anuário Estatístico 2018**. Disponível

em:<<http://www.sinpapel.com.br/public/uploads/images/Ano2019/AnuarioEstatisticoABPO-2018.pdf>>. Acesso em 23 de mar. de 2020.

ANDRADE, Mario Juscelino Faleiro de. Avaliação da quitosana como recobrimento de papelão ondulado. 2011.

GEASA. APLICADORA DE RESINA. Disponível em: <<http://www.geasa.com.br/conversao/aplicadoraderesina.html>>. Acesso em 10 de fev. de 2020.

POPIL, ROMAN E.; JOYCE, MARGARET K. Strategies for economical alternatives for wax replacement in packaging. **Tappi Journal**, v. 7, n. 4, p. 11-18, 2008.

QINFAZHANG, Yuxi Zheng; ZHANG, Gannian. Study on Kinetics of Polymerization and Moisture-Proof Property of Acrylate Copolymer Latexes Used to Coating Corrugated Paperboard. 2010.

TAPPI, T. 441. **Water Absorptiveness of Sized (Non-Bibulous) Paper, Paperboard, and Corrugated Fiberboard (Cobb Test)**. Technical Association of Pulp and Paper Industry, Norcross, GA, 2004.

VARTIAINEN, Jari; VÄHÄ-NISSI, Mika; HARLIN, Ali. Biopolymer films and coatings in packaging applications—a review of recent developments. **Materials Sciences and applications**, v. 2014, 2014.

Anexo I

Parte 1 – <https://youtu.be/kF8k0VT4KiQ>

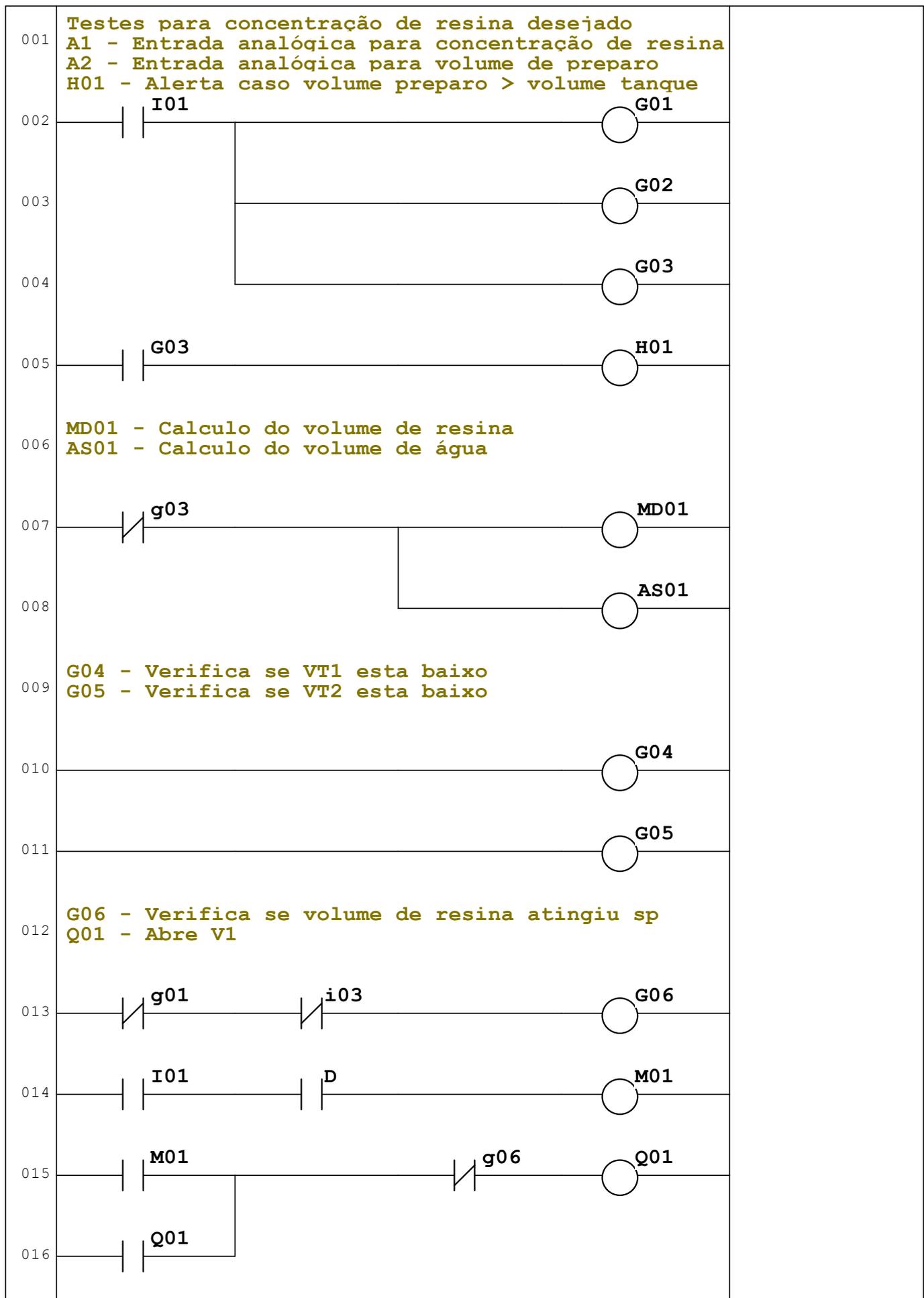
Parte 2 – https://youtu.be/NebyM_8TWiw

Parte 3 – https://youtu.be/3WVt_duenCs

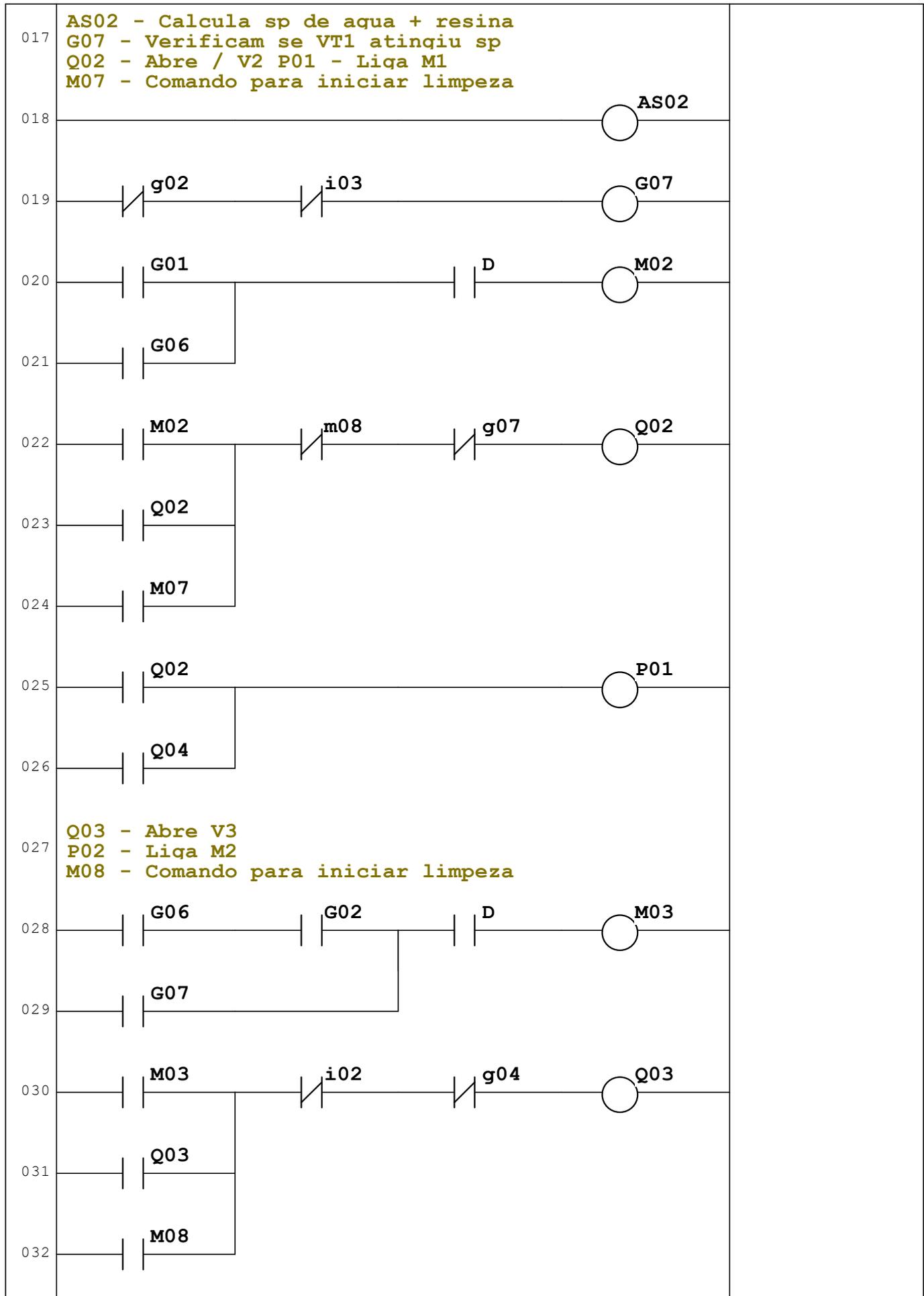
Parte 4 - <https://youtu.be/5VnknTZzF7Q>

Anexo II

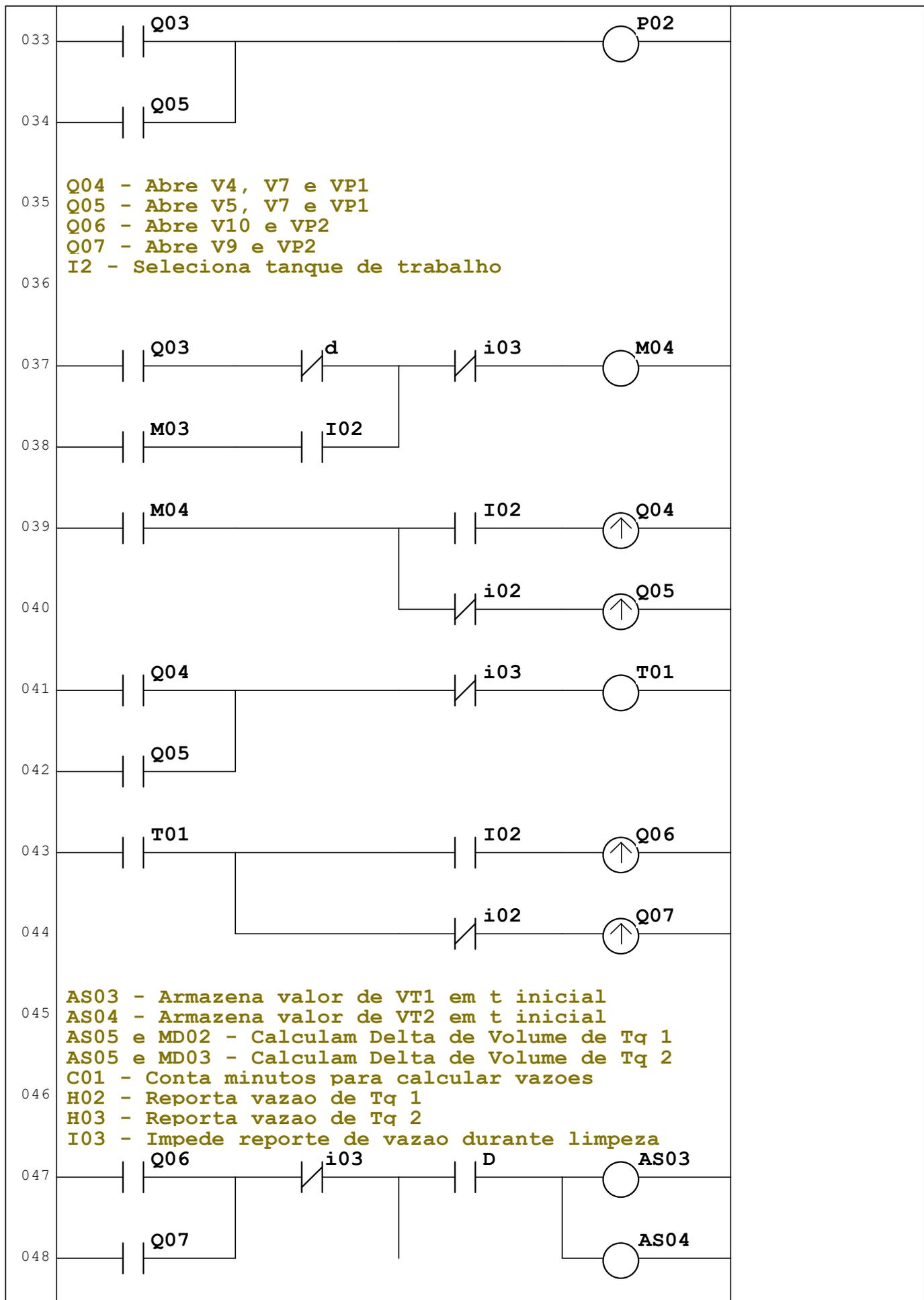
Line Program



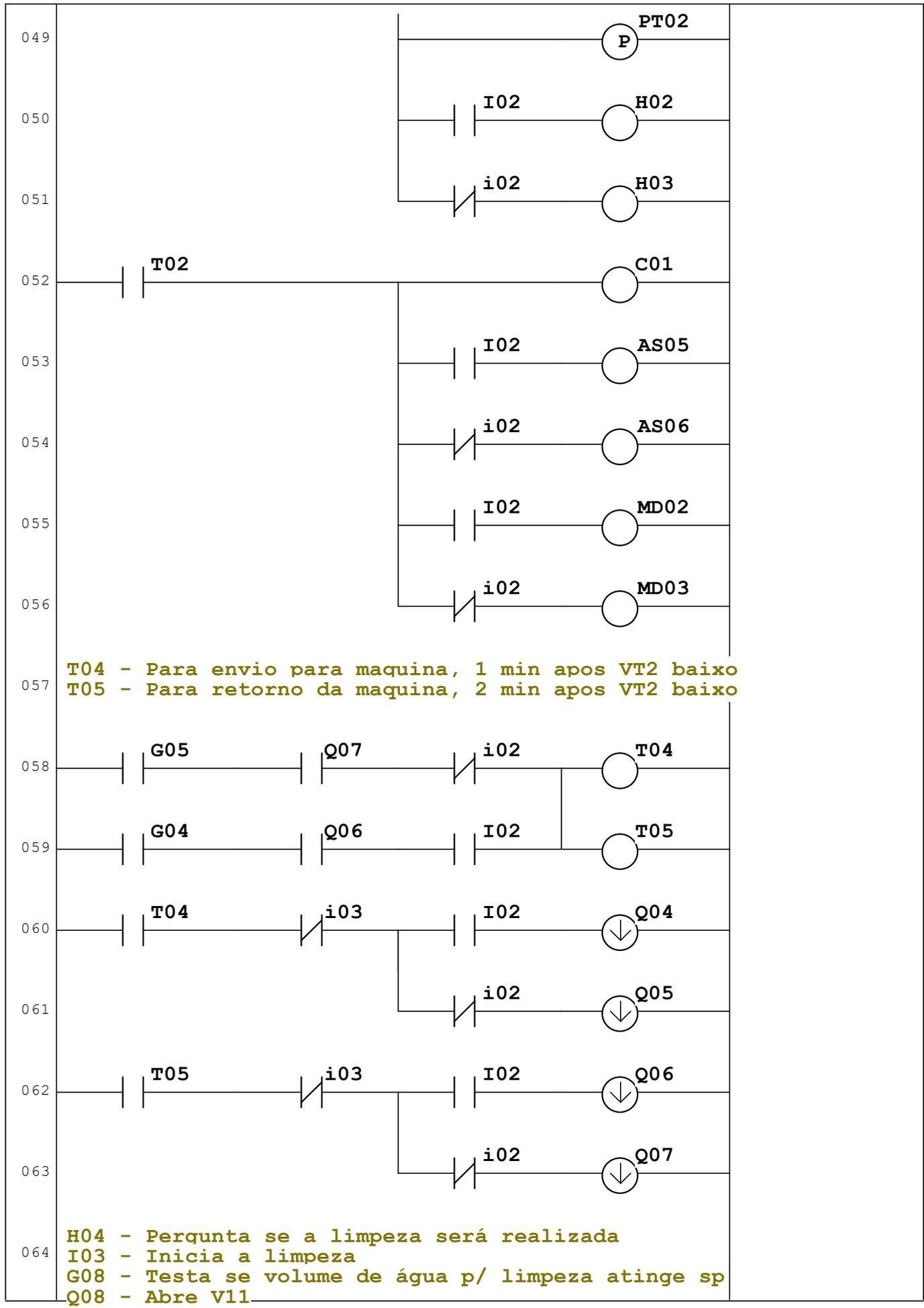
Line Program



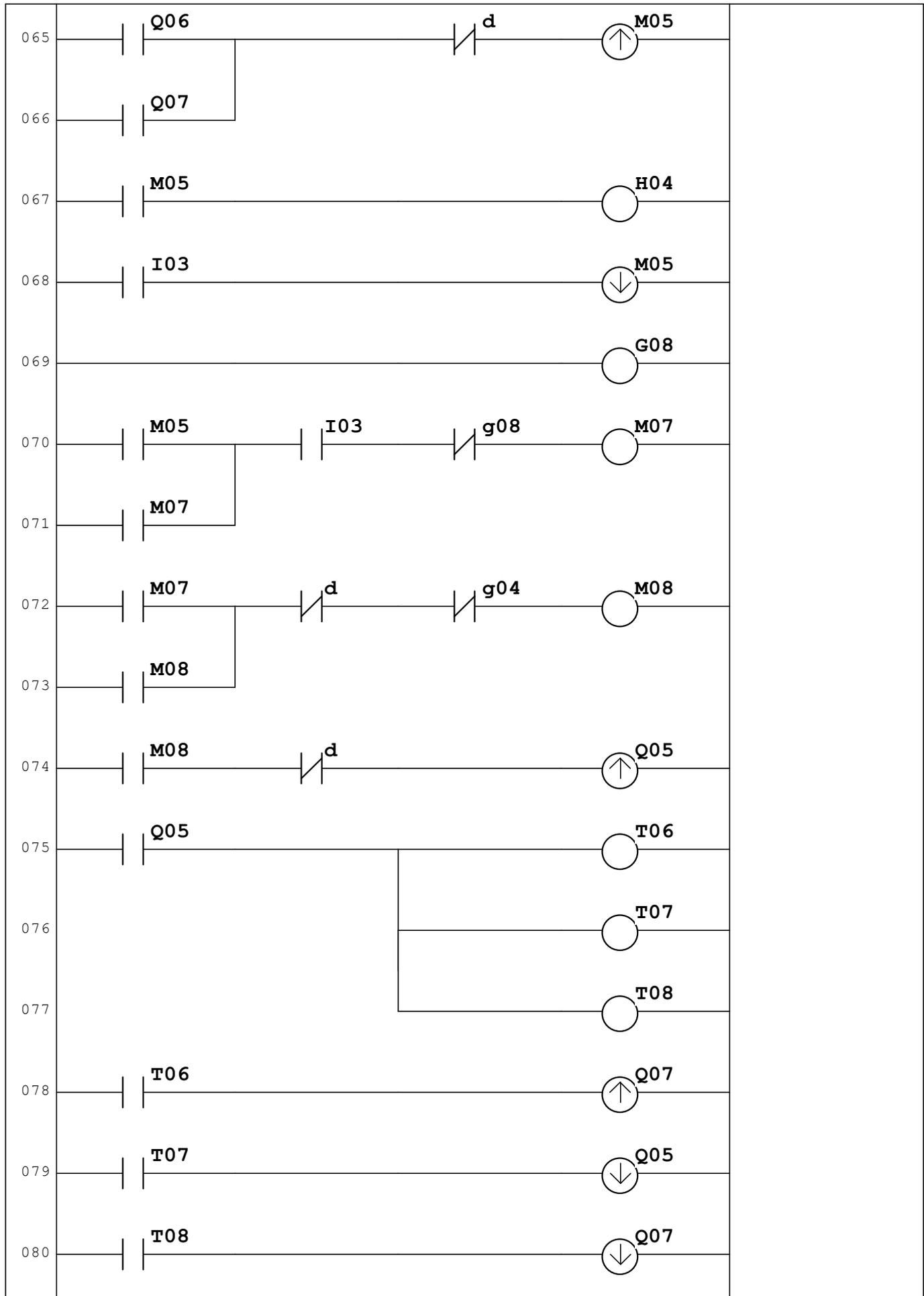
Line Program



Line Program



Line Program



Line **Program**

