

Estudo Conceitual Acerca da Automatização dos Restaurantes Universitários da USP

Gabriel Dias de Almeida, Gabriel Morth Cursino, Iago Baldim Mendes

Resumo – Foi realizado um estudo conceitual para a automação dos "Bandejões" da USP com a finalidade de reduzir as filas. O estudo foi realizado usando as metodologias de Production Flow Scheme e Rede de Petri. Tal modelo, que contém 13 entradas e 8 saídas, foi verificado com a árvore de alcançabilidade e traduzido para a linguagem de programação Ladder de acordo com a norma IEC 61131-3.

Palavras-chave – Restaurante Universitário; Automatização; Rede de Petri

1. Introdução

Nos domínios da Universidade de São Paulo, os Restaurantes Universitários, conhecidos como “Bandejões”, desempenham um papel crucial no dia a dia dos alunos. A presença de quatro desses restaurantes espalhados pela cidade universitária, no entanto, não é suficiente para atender a população estudantil. Essa abundância de alunos resulta em uma demanda massiva durante as refeições, sobrecarregando os funcionários e gerando filas extensas que permanecem por longos períodos.

Para mitigar as consequências dessa demanda nos restaurantes e proporcionar maior eficiência no serviço de alimentação, propõe-se um sistema de automatização dos restaurantes. Esse sistema foi concebido para agilizar o processo de montagem das bandejas, visando reduzir consideravelmente o tempo de espera dos estudantes. Um modelo foi elaborado, contemplando os componentes essenciais e as funções desejadas para esta automação. Posteriormente, esse modelo foi traduzido para uma Rede de Petri, uma representação visual que permitiu a avaliação das propriedades do sistema. O objetivo era garantir não só o funcionamento eficiente, mas também a fluidez operacional do processo.

Esse projeto não apenas visa solucionar o desafio imediato das longas filas nos restaurantes universitários, mas também busca proporcionar uma experiência mais eficaz e autônoma para os estudantes na hora das refeições. A implementação de um sistema automatizado não só alivia a pressão sobre os funcionários, mas também oferece uma solução inteligente para otimizar o fluxo de alunos durante o momento de montagem de suas refeições. Com essa abordagem, busca-se não apenas resolver o problema, mas também promover uma dinâmica mais fluida e eficiente nos serviços oferecidos pelos Bandejões.

2. Materiais e Métodos

O termo “Sistemas a Eventos Discretos” diz respeito a um sistema independente do tempo, em que as mudanças de estado dependem exclusivamente da ocorrência de eventos. Utilizando este conceito, foi realizada a modelagem do sistema para montar a bandeja de comida do aluno de forma automática.

A fim de modelar o comportamento do sistema, foi utilizada a metodologia PFS/RdP. A sigla PFS se refere a *Production Flow Schema*, ou esquema de fluxo de produção, e se caracteriza como uma rede que descreve graficamente e conceitualmente os processos relacionados com a produção na forma de sequência de etapas de atividades e de distribuição (CARDOSO e VALLETE, 1997). Ela também representa a relação de causalidade entre os fatos e a lógica de modelagem suportada pela RdP, mas sem englobar o comportamento dinâmico do sistema. A sigla RdP diz

respeito à Rede de Petri, o estágio final da modelagem que define graficamente a estrutura do sistema e que auxilia na análise de suas propriedades estruturais e comportamentais.

A norma IEC 61131-3 para programação é um padrão internacional que estabelece diretrizes para a programação de controladores lógicos programáveis (CLPs) visando promover a interoperabilidade e a portabilidade de programas entre diferentes fabricantes de equipamentos. Dentre as linguagens de programação englobadas pela norma, a utilizada para transcrição da RdP foi a Linguagem de Diagrama de Contatos (LD), que utiliza diagramas gráficos para representar as relações entre as entradas, saídas e lógica de controle. Os principais elementos incluem contatos, representando as entradas, bobinas, indicando as saídas, e operadores lógicos, utilizados para definir as relações entre contatos e bobinas (MIYAGI, 1996). Essa abordagem gráfica é intuitiva e permite que os programadores visualizem facilmente a lógica de controle do sistema.

2.1 Sensoriamento e Atuação

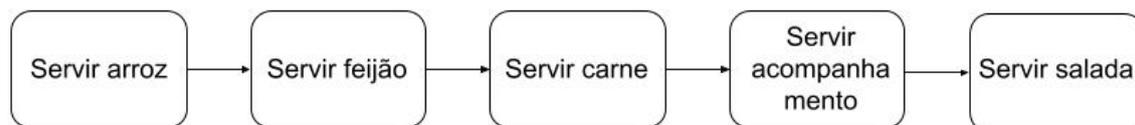
Foi definido que um sensor de aproximação (Módulo Sensor RFID / NFC PN532) seria utilizado como dispositivo de comando, enquanto dispensers de comida e bandejas (Automatic dispenser Vassoi ETD) e uma esteira (Wardcraft Model – H) seriam os dispositivos de atuação. Concomitantemente, sensores de peso (Célula de carga - Alumínio - M6 - IP66 - PE130.30 10Kg) e proximidade (Sensor indutivo Weg NA+NF) atuariam como dispositivos de detecção. Além disso, um temporizador é utilizado como dispositivo de realização e definiu-se que o carrossel teria 4 locais para receber as bandejas.

Os sensores de aproximação indicariam a presença de uma bandeja em uma estação de servir, enquanto o sensor de peso indicaria quando a comida está acabando e o sensor de proximidade detectaria a carteirinha do aluno para dar início ao processo.

3. Aplicação de Automação Mecatrônica

O sistema a ser automatizado consiste em uma sequência de estações de servir comida, como arroz, feijão, carne e um acompanhamento.

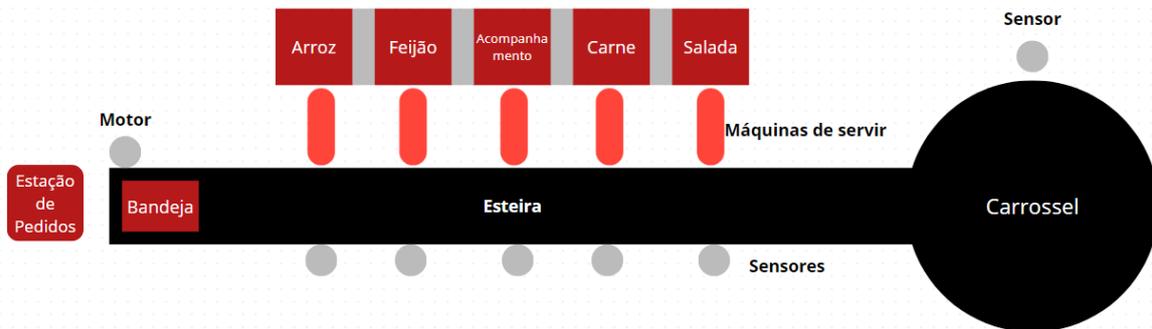
Figura 1 - Modelo esquemático do sistema.



Fonte: Autor

O processo de automação consiste em colocar dispensers de bandejas, máquinas para servir a comida e uma esteira para mover as bandejas de máquina para máquina. Ao fim do processo há um carrossel que armazena as bandejas prontas para que possam ser retiradas. Além disso, há sensores de presença na frente de cada estação de servir, os quais confirmam a presença de bandejas no local, um sensor no carrossel que identifica a presença de bandejas a fim de evitar que ele se sobrecarregue, e há sensores em cada reservatório de comida que indica quando a comida está acabando.

Figura 2 - Modelo estrutural do sistema.



Fonte: Autor

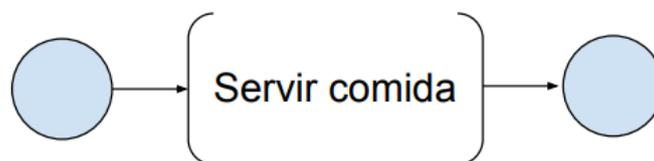
3.1 Aplicação da metodologia de modelagem

As metodologias do Production Flow Scheme (PFS) e da Rede de Petri foram aplicadas para estruturar e modelar o sistema, visando sua automação. O processo foi delineado na figura 3, oferecendo uma visão geral do sistema automatizado. Além disso, para detalhar as etapas e atividades do PFS, uma representação mais aprofundada foi elaborada na figura 4, fornecendo uma visão mais detalhada das operações e fluxos dentro do esquema de automação.

A partir dessas representações, foi possível criar e configurar a Rede de Petri correspondente, conforme ilustrado na figura 5. Essa representação gráfica da Rede de Petri oferece uma visualização das interações entre os diferentes elementos do sistema automatizado, permitindo uma análise mais precisa dos estados, transições e interconexões das atividades dentro do processo de automação dos "Bandejões".

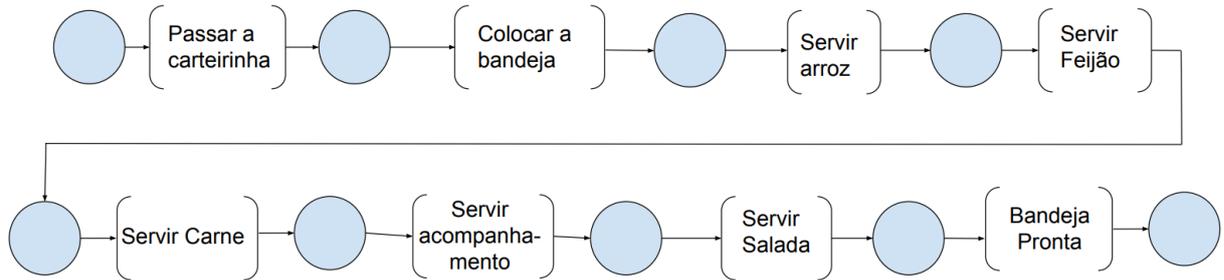
Esses modelos fornecem uma base sólida para entender e implementar a automação desse sistema, oferecendo insights detalhados sobre as operações e fluxos envolvidos, além de servirem como guias para a tradução desses modelos para linguagens de programação específicas, como a Ladder de acordo com a norma IEC 61131-3.

Figura 3 - Representação do processo.



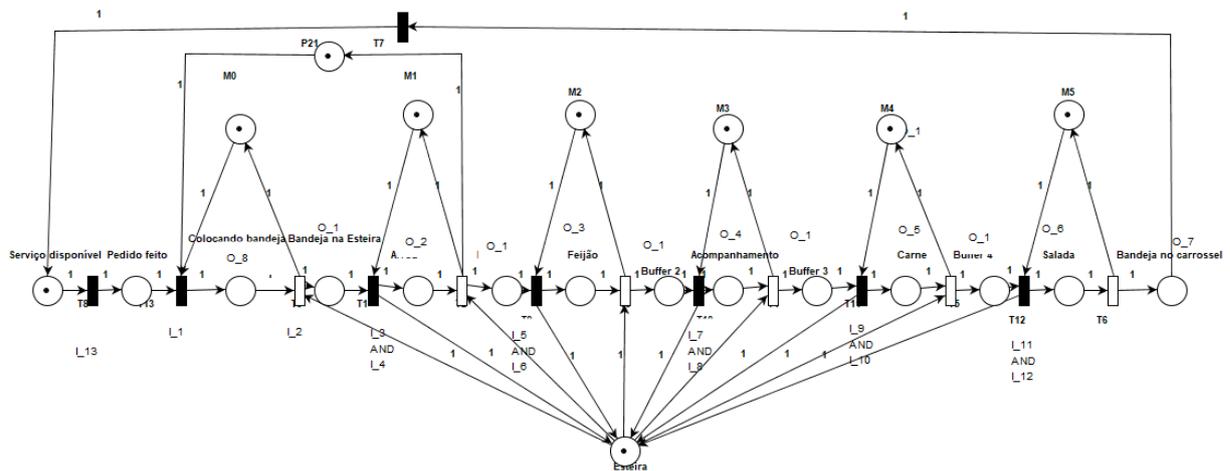
Fonte: Autor

Figura 4 - Detalhamento das atividades.



Fonte: Autor

Figura 5 - Rede de Petri do sistema.



Fonte: Autor

As entradas e saídas do sistema estão presentes na tabela I:

Tabela I – Entradas e saídas do sistema

<i>Entradas</i>	<i>Significado</i>	<i>Entradas</i>	<i>Significado</i>	<i>Saída</i>	<i>Significado</i>
I_1	Carrossel com espaço	I_9	Reservatório com carne	O_1	Esteira se move
I_2	Esteira Disponível	I_10	Máquina de servir carne disponível	O_2	Serve arroz
I_3	Reservatório com Arroz	I_11	Reservatório com salada	O_3	Serve feijão
I_4	Máquina de servir arroz	I_12	Máquina de servir salada	O_4	Serve acompanhame

	disponível		disponível		nto
I_5	Reservatório com feijão	I_13	Passou carteirinha	O_5	Serve carne
I_6	Máquina de servir feijão disponível			O_6	Serve salada
I_7	Reservatório com acompanhamento			O_7	Gira carrossel
I_8	Máquina de servir acompanhamento disponível			O_8	Coloca bandeja

3.2 Intertravamentos

Intertravamentos são usados para garantir a segurança e a integridade dos processos industriais, evitando condições operacionais inadequadas que possam resultar em danos ao equipamento, acidentes ou falhas no processo, e são divididos em três categorias:

A. *Intertravamento de Partida*

Um intertravamento de partida é um mecanismo de segurança em sistemas industriais que impede a ativação ou partida de equipamentos ou processos a menos que certas condições específicas sejam atendidas. Os intertravamentos de partida criados são:

- Todos os reservatórios com comida
- Todas os sensores e atuadores prontos para funcionar
- Carrossel com espaço para receber bandejas

B. *Intertravamento de Processo*

Esses intertravamentos garantem que certas condições sejam atendidas antes que um processo prossiga. Os intertravamentos de processo criados são:

- A esteira funciona por um tempo necessário para levar uma bandeja de uma estação de servir à outra
- O carrossel gira 90°
- Uma bandeja só pode ser colocada na esteira após a anterior a ela ser servida pela primeira vez.
- A comida só pode ser servida após o sensor detectar a presença da bandeja e a esteira estiver parada.

C. *Intertravamento de Funcionamento*

São medidas que garantem que um equipamento ou sistema funcione dentro de limites seguros. O intertravamento de funcionamento criado é:

- Se o comando de "esteira se move" é enviado e o sensor da próxima estação não verifica a presença da bandeja após um tempo maior que o necessário para movê-la, há problema no

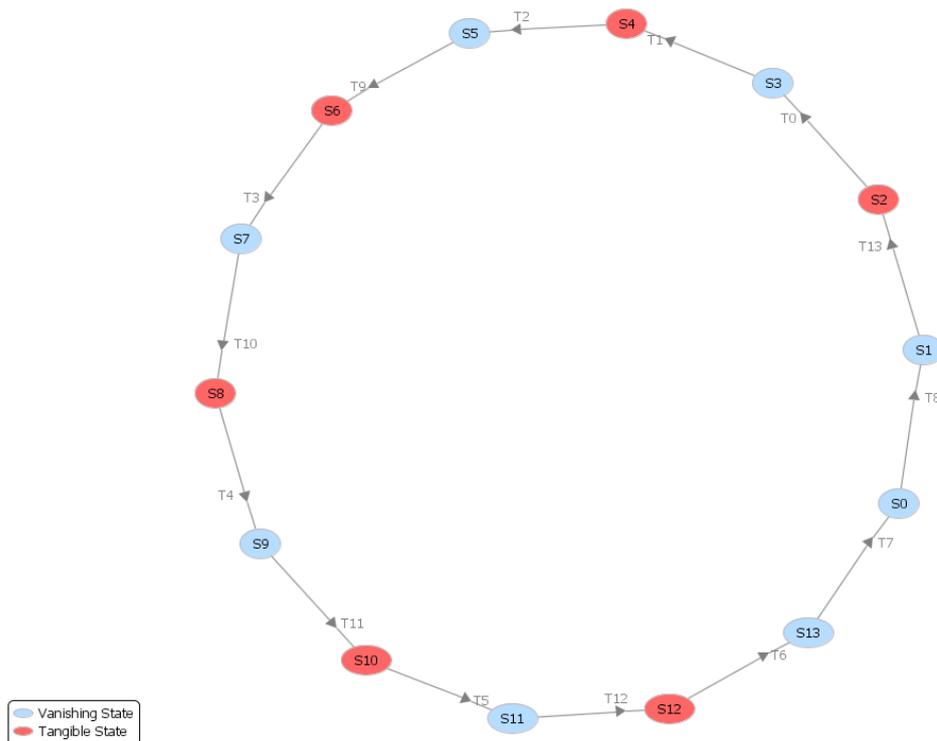
sensor ou na esteira.

3.3 Verificação do Modelo

Dada a impossibilidade de acesso direto ao sistema real para validar o modelo de automação dos "Bandejões" da USP, optou-se por realizar uma verificação do modelo construído. Essa verificação foi conduzida por meio da geração da árvore de alcançabilidade, cuja representação é apresentada na figura 6.

Os resultados da verificação apontaram para a segurança do modelo, demonstrando que a rede gerada é considerada segura, limitada e não suscetível a situações de travamento. Essa análise minuciosa da árvore de alcançabilidade permitiu validar que, dentro das condições e configurações modeladas, o sistema de automação opera de forma estável, sem riscos de bloqueios ou situações críticas.

Figura 6 - Árvore de alcançabilidade.



Fonte: Autor

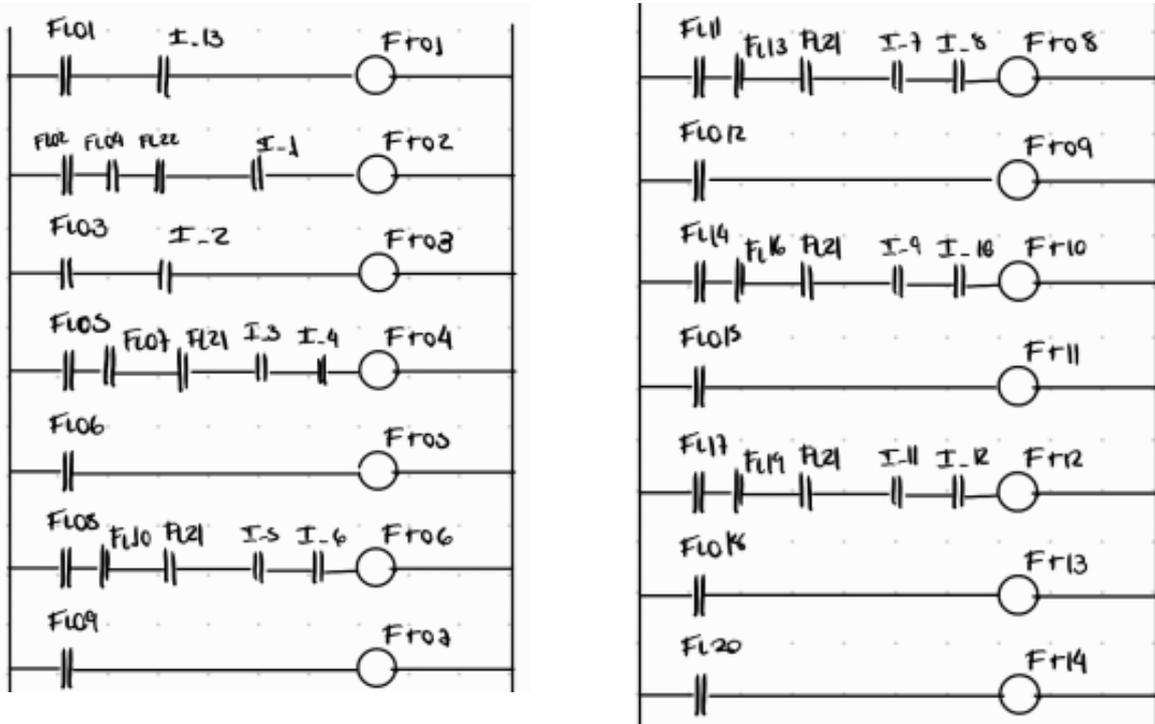
3.4 Aplicação do método para programação do controlador

Para viabilizar o controle efetivo do sistema proposto, a representação do modelo foi convertida para a linguagem LD. Essa linguagem é reconhecida por sua capacidade de programação de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), sendo especialmente eficaz para gerenciar sistemas industriais de alta complexidade.

A tradução do modelo para o formato de diagrama Ladder está detalhada nas figuras 7, 8 e 9, seguindo os princípios e diretrizes estabelecidos por Franchi e Camargo (2008). Essas representações em forma de diagramas Ladder fornecem uma visualização direta das instruções e lógica de controle que foram derivadas do modelo inicial.

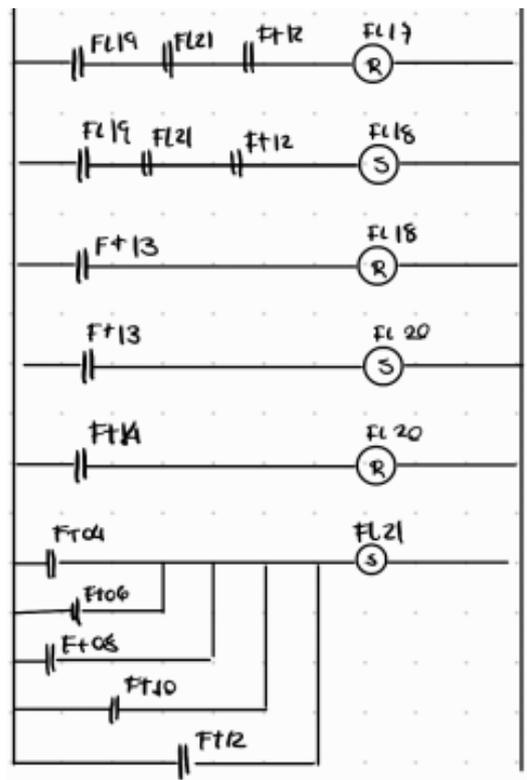
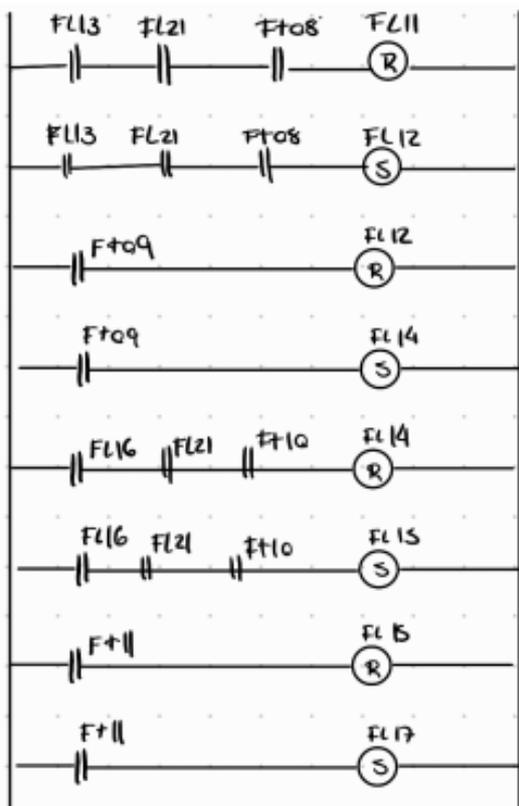
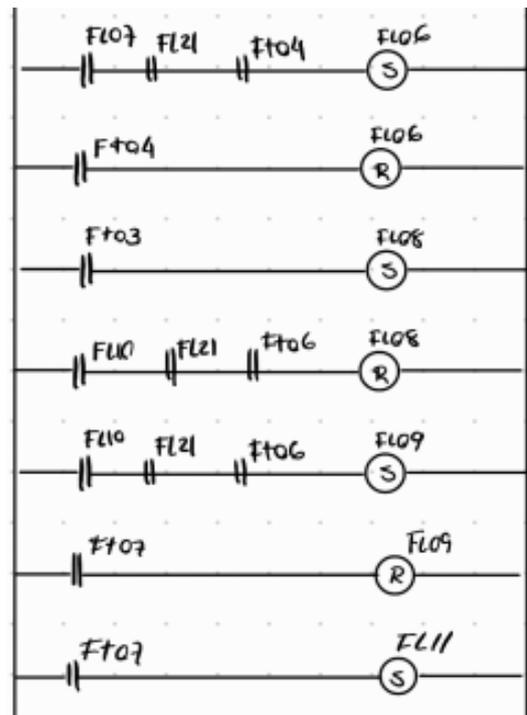
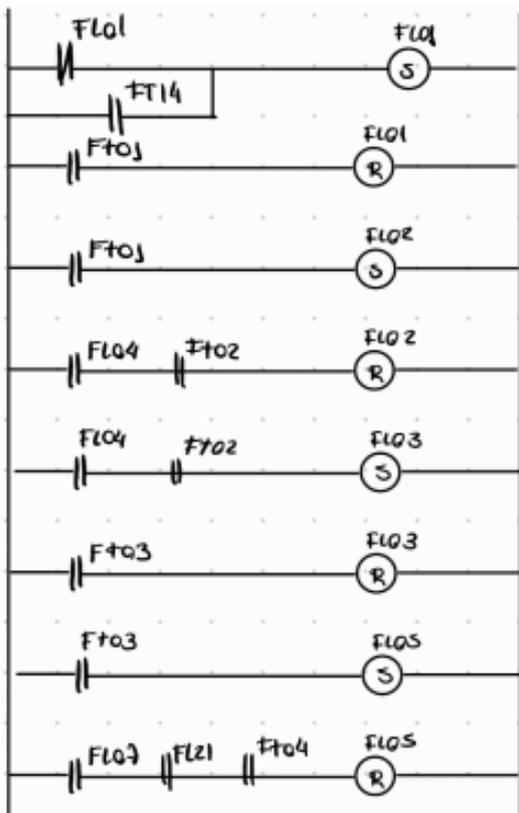
Ao adotar o LD como linguagem de programação para a implementação do modelo de automação dos "Bandejões" da USP, torna-se possível operacionalizar e controlar efetivamente o sistema proposto, utilizando CLPs para executar as operações definidas no modelo. Essa tradução proporciona uma transição prática e operacional do modelo conceitual para um formato programável, facilitando a implementação prática do sistema automatizado.

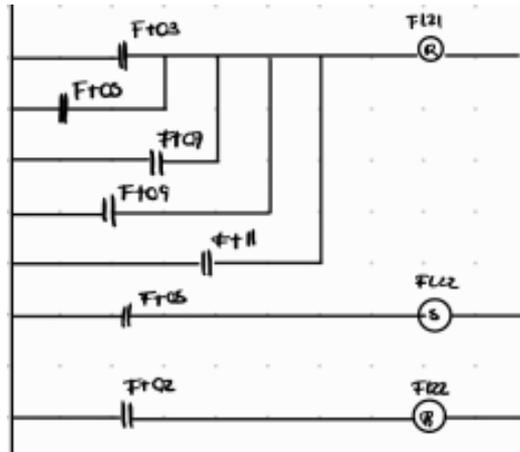
Figura 7 - Tradução LD para transições.



Fonte: Autor

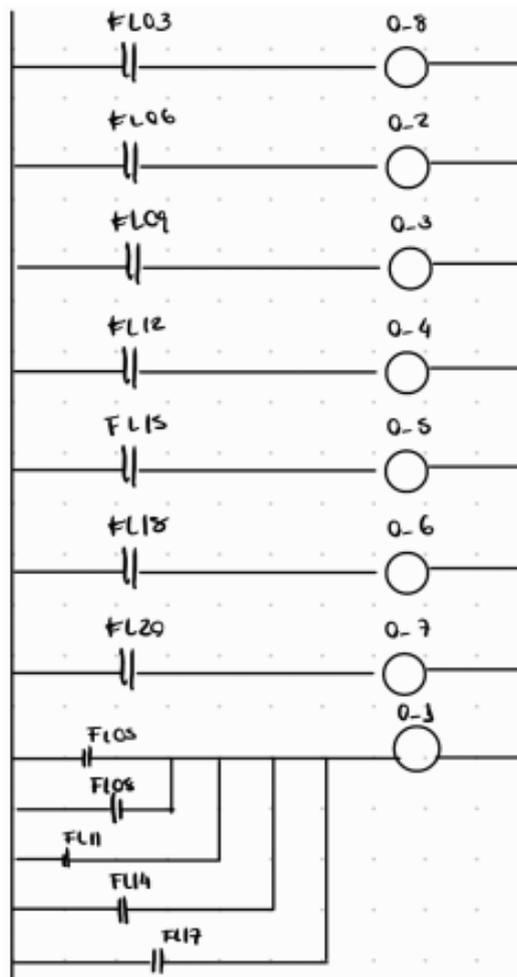
Figura 8 - Tradução LD para Flags.





Fonte: Autor

Figura 9 - Tradução LD para saídas.



Fonte: Autor

4 Observações Finais

Este projeto visa trazer uma solução para o tempo excessivo de espera nas filas dos restaurantes universitários. Pode-se concluir que o sistema projetado possui um funcionamento fluido, mostrando-se apto para ser desenvolvido e aplicado no cenário da cidade universitária.

Embora não tenha sido possível realizar a validação direta no sistema real, a verificação realizada oferece uma camada de garantia, assegurando que o modelo proposto para a automação dos "Bandejões" da USP foi elaborado de maneira consistente e confiável, sem apresentar falhas de segurança ou bloqueios durante seu funcionamento simulado.

Por fim, o projeto garantiu que os integrantes do grupo pudessem aplicar os conhecimentos trabalhados em aula de forma efetiva, abordando um obstáculo de seus cotidianos e buscando uma maneira factível de ultrapassá-lo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os professores Diolino José dos Santos Filho, Fabrício Junqueira e Paulo Eigi Miyagi pelas aulas ministradas ao longo do segundo semestre de 2023 e toda a ajuda dentro e fora da sala de aula, o que possibilitou a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, Janette; VALETTE, Robert. Redes de Petri. Florianópolis, Editora da UFSC, 1997.

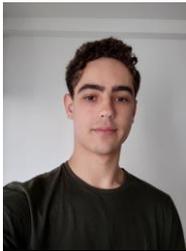
FRANCHI, Claiton; CAMARGO, Valter. Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos. 1.ed. São Paulo: Érica, 2008.

MIYAGI, Paulo. Controle Programável - Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1996.

Title – Conceptual Study on the Automation of University Restaurants at USP

Abstract – A conceptual study was conducted for the automation of the "Bandejões" at USP with the aim of reducing queues. The study was carried out using the Production Flow Scheme and Petri Net methodologies. This model, which comprises 13 inputs and 8 outputs, was verified using the reachability tree and translated into the Ladder programming language in accordance with the IEC 61131-3 standard.

Keywords – University Restaurants, Automation, Petri nets



Iago Baldim Mendes, ingressante do curso de Engenharia Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 2021, contemplado pelo FDTE para realização de uma iniciação científica sobre produção de ímãs de neodímio e coordenador do subsistema de transmissão da Equipe Poli Racing de Fórmula SAE.



Gabriel Morth Cursino, ingressante do curso de Engenharia Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 2021, capitão da Keep Flying, equipe de Aerodesign da POLI em 2023.



Gabriel Dias de Almeida, ingressante do curso de Engenharia Mecatrônica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 2021, membro da equipe Poli de Baja na área de Suspensão e Direção e pesquisador na área de Mãos Robóticas Humanoides no Laboratório de Protótipos para Assistência e Integração (Lab de PAI).