

FUNDAÇÃO ESCOLA DE COMÉRCIO ÁLVARES PENTEADO – FECAP
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

BEATRIZ DE CASTILHO FERREIRA – 23024947

LARA MARINA - 23024708

LUCCA GIORDANO - 23024522

VITOR UTIMURA LOCATELI - 23024638

Teoria da Computação e Linguagens Formais: Entrega 2

São Paulo

2025

BEATRIZ DE CASTILHO FERREIRA – 23024947

LARA MARINA - 23024708

LUCCA GIORDANO - 23024522

VITOR UTIMURA LOCATELI - 23024638

Teoria da Computação e Linguagens Formais: Entrega 2

Relatório Técnico apresentado ao curso de Ciência da Computação, como parte dos requisitos da disciplina de Teoria da Computação e Linguagens Formais, referente ao Projeto Interdisciplinar.

Orientador: Lucy Mary

São Paulo
2025

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	4
OBJETIVO	5
MODELAGEM E APLICAÇÃO DA MINIMIZAÇÃO DE ESTADOS	6
ANÁLISE DE TEMPO DE RESPOSTAS E GARGALOS	7
AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA COMPUTACIONAL	8
CONCLUSÃO	9

INTRODUÇÃO

O projeto consiste no desenvolvimento de uma solução de automação para salas de aula, voltada a instituições de ensino que desejam otimizar recursos, melhorar a gestão acadêmica e proporcionar maior organização no ambiente escolar.

A proposta integra diferentes funcionalidades de automação, como controle inteligente de iluminação e climatização, identificação de professores e alunos por meio de etiquetas RFID, gerenciamento de horários de aula e monitoramento de presença em avaliações. Essas funcionalidades têm como objetivo principal aumentar a eficiência operacional das instituições, reduzir desperdícios de energia elétrica e oferecer maior confiabilidade nos processos de controle acadêmico.

Além disso, a solução busca agregar valor para professores, alunos e gestores escolares ao proporcionar um ambiente mais confortável, organizado e transparente. Para a instituição, os dados coletados geram relatórios estratégicos sobre frequência, pontualidade e utilização dos recursos da sala, permitindo tomadas de decisão mais embasadas.

Trata-se, portanto, de um projeto inovador que combina automação e gestão educacional em uma única plataforma, criando benefícios tanto para a experiência pedagógica para o aluno e para o professor quanto para a administração escolar.

OBJETIVO

O projeto envolve diversas automações sequenciais e concorrentes (detecção de presença, acionamento de conforto, início de aula por RFID, chamada automática, etc.). Cada funcionalidade pode ser modelada por uma Máquina de Estados Finitos (MEF). O objetivo principal da aplicação de Teoria da Computação é:

1. Reduzir a Complexidade: Simplificar a estrutura utilizada para controlar as automações, diminuindo a quantidade de estados e transições.
2. Otimizar o Desempenho: Garantir que o sistema de controle seja o mais rápido e eficiente possível, minimizando o tempo de resposta e evitando gargalos nas transições automatizadas.
3. Garantir a Eficiência Computacional: Assegurar que os algoritmos de controle e as transições de estado possuam a menor complexidade possível, idealmente polinomial e baixa.

MODELAGEM E APLICAÇÃO DA MINIMIZAÇÃO DE ESTADOS

Máquina de Estado Original

Vamos considerar a Máquina de Estados Finitos original que gerência o fluxo de controle desde a entrada na sala até o início da aula, que são os principais discursos utilizados para o nosso projeto, contendo 7 estados (Q0 ao Q6) :

Estado (Q)	Entrada/Condição (Σ)	Próximo Estado (Q')	Saída/Ação (Δ)
Q0 (Ocioso)	Presença Detectada	Q1	Nenhuma
Q1 (Aguardando)	Timer Ativado	Q2	Ligar Luzes (Relé), Ligar AC (IR)
Q2 (Ativo)	Cartão RFID Aproximado	Q3	Nenhuma
Q3 (Aguardando Início)	Timer Ativado	Q4	Ligar Projetor, Ligar Computador, Registrar Início de Aula
Q4 (Aula em Andamento)	Presença Zerada > 5min OU Fim de Aula	Q0	Desligar tudo (Projetor, PC)
Q5 (Modo Tolerância)	Presença Zerada \leq 5min	Q0	Manter Ativo
Q6 (Erro)	Falha de Comunicação	Q0	Alerta no Dashboard

Aplicação do Algoritmo de Minimização

O objetivo é identificar estados distinguíveis e indistinguíveis (equivalentes).

Estados equivalentes:

- Q0 (Ocioso) e Q5 (Modo Tolerância) possuem transições para Q0 com saídas de "Manter Ativo" ou "Nenhuma". No contexto, Q5 é uma transição intermediária para evitar o desligamento imediato, mas ambos convergem para a mesma ação de estado inicial sob as condições finais.
- Q1 e Q2 são distinguíveis pela transição de Q1 que ativa o conforto (saída distinta). Q3 e Q4 são distinguíveis pela transição de Q3 que ativa o Início Inteligente.

Máquina Simplificada

Estado (Q)	Entrada (Σ)	Próximo Estado (Q')	Saída (Δ)
Q0 (Ocioso)	Presença Detectada	Q1'	Nenhuma
Q1 (Conforto Ativo)	Cartão RFID Aproximado	Q2'	Conforto Ativado Imediatamente (Luzes, AC)
Q2 (Aula Ativa)	Fim de Aula (Presença Zerada > 5min OU Cartão Fim)	Q0'	Ligar Projetor, Ligar PC, Registrar Início, Desligar Tudo ao Fim
Q3' (Erro)	Falha de Comunicação	Q0'	Alerta no Dashboard

Resultado: Redução de 7 estados para 4 estados.

Resultado da Minimização

Métrica	Original	Minimizada	Benefício
Número de Estados	7	4	Redução na complexidade estrutural.
Lógica de Transição	Mais complexa	Lógica mais clara e menos ramificada	Menor chance de bugs e código mais legível.
Uso de Memória	Maior	Menor (estrutura de dados mais enxuta)	Melhor uso de recursos em microcontroladores.

ANÁLISE DE TEMPO DE RESPOSTAS E GARGALOS

Identificação de Gargalos

No nosso projeto, os potenciais gargalos não são relativamente a transição de estado em si, mas as ações de saída que a acompanham, pois envolvem comunicação e situações de Input e Output.

Transição Crítica	Ações Envolvidas	Potencial Gargalo (Latência)
Q0→Q1 (Detecção de Presença → Conforto)	Leitura de Sensor, Acionamento de Relé, Comando IR	O comando IR é uma transmissão serial lenta
Q1→Q2 (RFID → Início Inteligente)	Leitura RFID, Acionamento de Projetor/PC, Registro no Servidor	A latência da rede e o tempo de processamento do servidor para o registro da aula.

Análise de Tempo de Resposta

- T Processamento (Estado): depende exclusivamente da implementação da tabela de estados. Com a Máquina de Estados Finita minimizada, é virtualmente instantâneo ou muito baixo.
- T I/O (RFID): Tempo de leitura do módulo RFID entre 10 e 50 milissegundos.

- T Comunicação (Servidor): Tempo de latência da rede (Wi-Fi/Ethernet) + tempo de resposta do servidor.

Resultado da Análise: O gargalo primário está na Comunicação de Rede para o registro da aula.

Estratégia de Minimização de Gargalos

- Estratégia assíncrona: As ações críticas de I/O e Rede devem ser executadas de forma assíncrona ou em tarefas separadas. A transição de estado da Máquina de Estados Finitos é considerada completa após o acionamento da tarefa de rede, permitindo que a próxima transição seja processada sem esperar pelo resultado da rede.
- Protocolo Otimizado: Usar protocolos leves como MQTT em vez de HTTP RESTful para o registro de dados, minimizando a latência de comunicação.

AValiação de Eficiência Computacional

A transição de um estado Q_i para Q_j em uma Máquina de Estados minimizada é uma operação de busca que consulta a tabela de transição baseada na entrada atual.

- Implementação Ideal: A busca e a mudança de estado são operações de tempo constante:
- Impacto: A minimização do número de estados reduz o tamanho da tabela de transição, tornando a busca mais rápida na prática, pois há menos dados para processar.

Complexidade do Algoritmo de Minimização

O algoritmo de minimização de estados é executado apenas uma vez durante o desenvolvimento durante o pré processamento.

- Algoritmo de Hopcroft: É o mais eficiente para este fim, com complexidade de tempo, onde o número de estados é do tamanho do alfabeto de entrada.

Conclusão da Eficiência Computacional:

A complexidade para as transições em tempo de execução garante que a máquina de estados não será um fator limitante na velocidade do nosso sistema. A otimização estrutural da Máquina de Estados Finita, resultou em uma solução final de alta eficiência computacional.

CONCLUSÃO

A aplicação das técnicas de Teoria da Computação e Linguagens Formais foi fundamental para o desenvolvimento de um sistema de controle robusto e eficiente:

1. Redução da Complexidade: A Minimização de Estados resultou em uma redução significativa no número de estados da máquina de estados de controle, simplificando a lógica, reduzindo o uso de recursos e melhorando a manutenção do código.
2. Análise de Desempenho: A análise das transições identificou o registro via rede como o principal gargalo, levando à implementação de estratégias e à escolha de protocolos otimizados para garantir um tempo de resposta aceitável.
3. Eficiência Computacional: A implementação da Máquina de Estados minimizada garante que a lógica de controle opera com complexidade, atendendo ao requisito de alta eficiência computacional.

O sistema final opera de maneira rápida e previsível, permitindo que os professores e alunos se concentrem na qualidade do ensino, conforme o objetivo do projeto interdisciplinar.