

**APRIMORAMENTO DE PROCESSOS VIA CONTROLADOR LÓGICO
PROGRAMÁVEL: análise de aplicações do Modicon M221 na Indústria 4.0**
***PROCESS IMPROVEMENT VIA PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER: an
analysis of Modicon M221 applications in Industry 4.0***

Romário Gomes Rodrigues – romariorodrigues883@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec)– Taquaritinga – SP – Brasil

Luis Fernando Terazzi – luis.terazzi@fatec.sp.gov.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec)– Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/inf.v22i2.2270

Data de submissão: 09/09/2025

Data do aceite: 29/11/2025

Data da publicação: 20/12/2025

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo principal apresentar como a utilização do Controlador Lógico Programável Modicon M221 contribui para o aprimoramento dos processos industriais, promovendo maior eficiência, segurança e automação. Além disso, ao explorar um exemplo prático da aplicação do dispositivo no ambiente industrial, o estudo busca oferecer suporte técnico e didático para estudantes e profissionais atuantes ou interessados na área de automação. Paralelamente, investiga-se as formas de programação dos CLPs, equipamentos que proporcionam diversos benefícios, como a diminuição de falhas e o aumento da confiabilidade no funcionamento. Especificamente no caso do M221, pretende-se demonstrar como sua aplicação melhora a produtividade, a integração com sistemas supervisórios e a segurança ocupacional. Para avaliar esses benefícios de forma prática, apresenta-se um estudo de caso real em uma indústria de embalagens localizada em Santa Catarina, estado reconhecido como polo nacional em automação industrial e inovação tecnológica. Assim, esta pesquisa vai além da abordagem teórica do dispositivo, buscando compreender sua aplicabilidade e eficácia em um ambiente fabril real e alinhado às demandas da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Controlador Lógico Programável. Indústria 4.0. Produtividade.

ABSTRACT

This research aims to present how the use of the Programmable Logic Controller (PLC) Modicon M221 contributes to the improvement of industrial processes by promoting greater efficiency, safety, and automation. Furthermore, by exploring a practical example of the device's application in an industrial setting, the study seeks to provide technical and educational support for students and professionals active or interested in the field of automation. In parallel, it investigates the programming methods of PLCs, which offer a wide range of benefits, including fault reduction and increased operational reliability. Specifically regarding the M221,

the intention is to demonstrate how its use enhances productivity, integration with supervisory systems, and occupational safety. To assess these benefits in practice, a real case study is presented, involving a packaging industry located in Santa Catarina—recognized as a national hub for industrial automation and technological innovation in Brazil. Therefore, this research goes beyond a theoretical approach to the device, aiming to understand its applicability and effectiveness in a real industrial environment aligned with the demands of Industry 4.0.

Keywords: Programmable Logic Controller. Industry 4.0. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Molinari (2024), o avanço da Indústria 4.0 tornou crescente a busca por profissionais com maior aprofundamento técnico, ao mesmo tempo em que se espera mais segurança e menos custos operacionais. Nesse contexto, um Controlador Lógico Programável (CLP) se encaixa na resolução desse cenário, haja vista que desempenha o papel de facilitar e modernizar os sistemas supervisórios e os processos produtivos (Molinari, 2024).

Atualizado para as modalidades atuais de indústria e mercado, segundo Schneider (2020) no ano de 2020, o novo CLP Modicon M221 surge como um dispositivo promissor para aprimorar processos industriais, pois entre suas principais funcionalidades está o controle de máquinas e equipamentos de maneira mais precisa. Além disso, a automação por meio do CLP Modicon M221 reduz falhas operacionais e aumenta a produtividade de forma considerável, além de ser um equipamento de fácil instalação (Schneider, 2020). Schneider (2020) preconiza que análises técnicas dos manuais evidenciam como as principais funcionalidades do dispositivo formam um imenso diferencial quando comparado a outros CLPs disponíveis no mercado, destacando-se ainda pela sua integração com sistemas de *big data* e Internet das Coisas (IoT). Segundo Schneider (2020), a eficiência dos processos industriais depende cada vez mais da digitalização e da capacidade de conectar equipamentos a plataformas inteligentes que favorecem a tomada de decisão imediata.

Desse modo, justifica-se este estudo pela relevância crescente da automação industrial no contexto da Indústria 4.0, especialmente no que diz respeito à otimização de processos produtivos por meio de tecnologias acessíveis, flexíveis e eficientes. A compreensão aprofundada das funcionalidades de CLPs modernos, como o Modicon M221, torna-se essencial para engenheiros, técnicos e gestores industriais que buscam melhorar o desempenho de suas operações.

Portanto, o objetivo deste artigo é, por meio de uma revisão bibliográfica e um estudo de caso, apresentar os principais usos, características e aplicações do CLP Modicon M221, evidenciando sua contribuição para o aprimoramento de processos na Indústria 4.0.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução dos CLPs e sua Integração à Indústria 4.0

Schneider (2020) denota que a automação industrial evoluiu de forma significativa desde a introdução dos primeiros CLPs na década de 1960, com o intuito inicial de substituir relés e temporizadores mecânicos por soluções mais flexíveis e reprogramáveis. Desde então, os CLPs tornaram-se indispensáveis em sistemas produtivos, impulsionando uma nova fase industrial baseada em controle confiável e adaptável (Molinari, 2024).

Com o desenvolvimento da Indústria 4.0, o papel dos CLPs foi substancialmente ampliado. Não basta mais apenas automatizar tarefas: é necessário que os sistemas estejam conectados, sejam responsivos e capazes de gerar e interpretar dados em tempo real (Lacerda, 2025). Surge, assim, o conceito de fábrica inteligente, no qual os equipamentos “conversam” entre si e se adaptam às rotinas operacionais, antecipando falhas por meio de algoritmos preditivos. Essa realidade é reforçada por Schneider (2020), ao enfatizar que a integração com plataformas digitais e com a Internet das Coisas (IoT) amplia o potencial da automação na indústria moderna.

Nesse cenário, destaca-se o Modicon M221, integrante da linha *Green Premium da Schneider Electric*, como um dos CLPs que mais se alinham às exigências da nova era industrial (Schneider, 2020). O equipamento oferece conectividade com diversos protocolos industriais — como Modbus, CANopen e *Ethernet* — e permite integração com ambientes de IoT. Diferentemente dos CLPs tradicionais, focados apenas no controle lógico sequencial, o M221 possibilita a coleta e análise de dados diretamente na borda do sistema (*edge computing*), contribuindo para a descentralização da inteligência operacional (Lacerda, 2025).

A Figura 01 ilustra o modelo do controlador M221 com porta *Ethernet* integrada, destacando seu potencial de comunicação industrial avançada.



Fonte: Schneider (2020).

2.2 Aplicações e Diferenciais do CLP Modicon M221

De acordo com Schneider (2020), um dos maiores diferenciais do Modicon M221 é sua compatibilidade com o software *EcoStruxure® Machine Expert*, uma plataforma intuitiva que facilita o desenvolvimento de lógicas complexas, mesmo por profissionais com pouca experiência em programação. A estrutura modular do CLP, com versões compactas e expansíveis, permite sua aplicação tanto em sistemas de pequeno porte quanto em linhas de produção completas, reforçando sua versatilidade (Schneider, 2020).

Para ilustrar as vantagens do M221 em relação a modelos equivalentes de outras marcas líderes de mercado, o Quadro 01 apresenta um comparativo técnico do CLP Modicon M221

com o Siemens LOGO! 8 e o Allen-Bradley Micro820, considerando critérios como comunicação, expansão, segurança e diagnóstico.

Quadro 01 – Comparação dos principais pontos dos controladores

Critério	Modicon M221	Siemens LOGO! 8	Allen-Bradley Micro820
Indicação Principal	Aplicações de pequeno a médio porte, escaláveis	Aplicações simples e de baixo custo	Pequenas automações com foco em conectividade
Flexibilidade de Comunicação	Alta (Ethernet/IP, Modbus TCP/IP, CANopen)	Limitada (Ethernet básica, Modbus TCP)	Boa (Ethernet/IP nativa, Modbus RTU/TCP)
Capacidade de Expansão	Alta (módulos digitais, analógicos, comunicação)	Limitada (expansões reduzidas)	Moderada (módulos I/O e expansão de comunicação)
Interface de Programação	SoMachine Basic, versão 1.5	LOGO! Soft Comfort (simples, básico)	Connected Components Workbench (médio)
Protocolos Suportados	Modbus TCP, CANopen, Ethernet/IP, Serial Modbus RTU	Modbus TCP, Ethernet	Ethernet/IP, Modbus RTU/TCP
Recursos de Diagnóstico	Diagnóstico Web nativo, alarmes em tempo real	Diagnóstico básico via software	Diagnóstico moderado via software e Web Server
Cibersegurança	Proteções contra acesso não autorizado, atualização segura	Proteções básicas de senha	<i>Firewall</i> interno básico, autenticação por senha

Fonte: Schneider (2020).

A partir do comparativo apresentado por Schneider (2020), verifica-se que o Modicon M221 deixa de ser apenas um controlador lógico tradicional para se posicionar como um elemento estratégico de inteligência operacional na Indústria 4.0. Sua capacidade de integração com tecnologias emergentes e sua arquitetura flexível o tornam adequado para atender aos desafios da automação contemporânea (Molinari, 2024; Schneider, 2020).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este estudo baseia-se em uma revisão bibliográfica e um estudo de caso, conforme orientado por Turrioni e Mello (2012), que definem esse tipo de pesquisa como um levantamento da produção científica já publicada sobre determinado tema, permitindo compreender o estado da arte e as principais contribuições existentes. A revisão foi focada em publicações recentes sobre automação industrial, relativos aos CLPs, com ênfase no Modicon M221. Essa abordagem possibilita uma análise detalhada do progresso tecnológico e das aplicações práticas dos CLPs na indústria contemporânea.

Complementarmente, para avaliar os benefícios práticos do Modicon M221, será explorado um estudo de caso real em uma indústria localizada em Santa Catarina. Segundo Cinelli (2023), este estado destaca-se como um dos principais polos da automação industrial no Brasil, devido à forte presença de inovação tecnológica e à concentração de empresas especializadas no setor. Dessa forma, a pesquisa não se limita ao embasamento teórico, mas também busca analisar a aplicabilidade do controlador em um contexto industrial real, investigando seus impactos na eficácia produtiva, na segurança do trabalho e na redução de custos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparativamente, o CLP Modicon M221 apresenta vantagens notáveis em relação a modelos concorrentes. Destaca-se por sua superior escalabilidade, maior capacidade de processamento e ambiente de programação mais acessível. Além disso, possui compatibilidade nativa com um número ampliado de protocolos industriais, o que o torna uma opção atrativa em projetos de automação industrial (Lacerda, 2025).

4.1 Panorama técnico da automação industrial

A automação industrial contemporânea está fundamentada em ecossistemas de tecnologias interligadas, cujo principal objetivo é a otimização dos processos produtivos e a redução das falhas humanas. CNN (2023) indica que essa estrutura se organiza em diferentes níveis de automação, desde o nível de campo, no chão de fábrica, até os sistemas de gestão e tomada de decisão. Cada nível depende de uma comunicação eficiente entre sensores, atuadores, controladores e sistemas supervisórios.

De acordo com Dias (2023), a arquitetura típica da automação industrial é composta por cinco níveis hierárquicos: nível de campo, nível de controle, nível de supervisão, nível de gerenciamento da produção e nível empresarial. Os CLPs, como o M221, inserem-se no nível de controle, sendo responsáveis por receber sinais de dispositivos de campo e acionar atuadores conforme as lógicas previamente programadas. Entretanto, com o avanço da Indústria 4.0, esses dispositivos passaram a assumir funções também nos níveis de supervisão e gerenciamento de dados, em virtude da incorporação de recursos de conectividade e processamento.

A integração do CLP com sistemas *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), bem como sua interoperabilidade com plataformas de análise em nuvem, amplia seu papel no ambiente fabril. Isso possibilita sua utilização como fonte estratégica de dados para monitoramento remoto, manutenção preditiva e melhoria contínua dos processos (Dias, 2023). Outro aspecto relevante é o uso de protocolos abertos de comunicação. Segundo Dias (2023) e CNN (2023), esses protocolos favorecem a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes e contribuem para a padronização necessária à adoção de novas tecnologias.

A segurança funcional também constitui fator crítico na automação. O Modicon M221 incorpora funcionalidades como *watchdogs*, redundâncias e travamentos programáveis, assegurando a integridade dos processos mesmo diante de falhas críticas.

4.2 Análise de manuais e especificações técnicas do Modicon M221

A análise técnica do CLP Modicon M221 revela uma arquitetura robusta e voltada à flexibilidade de aplicação. O dispositivo é oferecido em versões compactas (*book*) e modulares (*box*), com opções que variam entre 16 e 40 pontos de entrada e saída, possibilitando o uso tanto em aplicações simples quanto em sistemas distribuídos (Matos, 2024).

Com um processador de 32 bits, o controlador garante ciclos de escaneamento rápidos e resposta eficiente, mesmo em tarefas que exigem precisão temporal, como controle de servomotores, esteiras e sistemas de dosagem. Outro destaque apresentado é a disponibilidade de portas *Ethernet* integradas, o que, segundo Matos (2024), reduz a necessidade de módulos adicionais para a integração em redes industriais.

Além disso, Schneider (2020) enfatiza a facilidade e segurança das instalações elétricas, disposição dos módulos, distâncias mínimas entre os componentes e critérios para aterramento adequado, ou seja, bom cumprimento de aspectos críticos que garantem o desempenho e a durabilidade do equipamento.

De acordo com Exsto (2021), a principal diferença é que o CLP foi projetado para operar em diversos ambientes industriais, resistindo a sujeira, poeira, altas temperaturas, ruídos e vibrações. Isso o torna mais versátil e possibilita a integração com dispositivos de outras interfaces já existentes na fábrica.

A Quadro 02 apresenta um resumo das principais características técnicas do Modicon M221, com ênfase nas linguagens de programação compatíveis, recursos de diagnóstico,

capacidade de armazenamento e possibilidades de expansão, o que contribui para sua ampla aceitação no setor industrial.

Quadro 02 – Principais características técnicas do Modicon M221

Linguagens de programação	Compatibilidade com a norma IEC 61131-3 (Ladder, Bloco de Função, Texto Estruturado), acessível via o ambiente <i>Machine Expert</i> .
Diagnóstico em tempo real	Via interface web ou SCADA.
Capacidade de armazenamento	Programas de até 128kB, suficiente para lógicas complexas com várias rotinas e subprogramas.
Módulos de expansão	I/O, analógicos, comunicação serial e módulos específicos para controle de motores.

Fonte: adaptado de Matos (2024) e Schneider (2020).

Por fim, é importante destacar que o M221 já é projetado com a tecnologia *Plug and Play*, permitindo atualizações de programas via unidades drive USB, reduzindo drasticamente o tempo de parada em casos de manutenção ou substituição (Matos, 2024).

4.3 Caso de aplicação do CLP Modicon M221 em uma indústria catarinense

Para exemplificar a aplicabilidade prática do Modicon M221 no contexto industrial, Exsto (2021) aborda a implementação do dispositivo em uma indústria de embalagens plásticas localizada no Vale do Itajaí, em Santa Catarina. A empresa em questão enfrentava desafios significativos relacionados à variabilidade na produção, alto índice de paradas não programadas e ausência de integração entre as linhas produtivas e o sistema supervisor central.

A planta industrial contava com um parque fabril composto por máquinas de extrusão e corte de diferentes fabricantes, muitas delas ainda operando com relés convencionais. Segundo Exsto (2021), a ausência de padronização dificultava a coleta de dados e a identificação de gargalos no processo produtivo. Diante disso, optou-se por um projeto de modernização baseado em controladores Modicon M221.

Os CLPs adquiridos foram acoplados aos módulos já existentes, por meio de conexões via Ethernet. A Figura 02 apresenta um exemplo visual da aplicação prática dos controladores M221 na planta industrial, conforme documentação do estudo de caso.

Figura 02 – Aplicação na prática do CLP Modicon M221



Fonte: Exsto (2021).

Essa integração teve como objetivos principais: unificar a lógica de controle das linhas de produção, integrar os dados da produção ao sistema preliminar de supervisão e adotar soluções com bom custo-benefício. Após os três primeiros meses de uso, os resultados preliminares indicaram que a facilidade de acoplamento e conexão do CLP foi um diferencial reconhecido pela equipe técnica (Exsto, 2021).

4.3.1 Avaliação dos resultados e impactos

Após a instalação de 12 unidades do Modicon M221 distribuídas entre as máquinas de extrusão e selagem, observou-se uma melhora significativa nos indicadores operacionais. A Quadro 3 conforme Exsto (2021) resume as principais vantagens relatadas pela equipe técnica.

Quadro 03 – Vantagens reportadas

Redução de paradas não programadas	Atingiu a casa dos 28% devido à detecção antecipada de falhas em motores e sensores.
Diminuição do tempo de manutenção	As manutenções corretivas ocorreram de forma 35% mais rápida, com o uso dos diagnósticos fornecidos pela interface nativa do controlador.
Sistema supervisão	Passou a ter integração em tempo real, permitindo que os operadores visualizassem, em um único <i>dashboard</i> , o status de todas as linhas de produção.

Fonte: Adaptado de Exsto (2021).


Além dos ganhos operacionais, os impactos positivos também se refletiram na estratégia e no capital humano da empresa. A confiabilidade dos sistemas automatizados elevou a capacidade de produção em cerca de 18% no período de seis meses, tempo total do levantamento de dados realizado no estudo. Complementarmente, a equipe de operação passou a ter acesso a capacitações específicas sobre o novo sistema. A Figura 03 ilustra o ambiente virtual utilizado nos treinamentos aplicados aos colaboradores.

Figura 03 – Treinamento específico

TREINAMENTO EaD

Disponível online, a apresentação dos recursos e formas de utilização do kit são apresentados em vídeo. Engloba os seguintes assuntos:

- Instalação;
- Demonstração dos comandos;
- Funcionalidades;
- Utilização e aplicações gerais;
- Demonstração dos módulos suas funcionalidades;



Fonte: Exsto (2021).

Os relatórios finais também demonstraram queda nos incidentes operacionais relacionados a falhas de controle, e o investimento inicial, considerado modesto em comparação a outras soluções de automação de mercado, apresentou retorno dentro do período estudado. Isso reforça a viabilidade do M221 como uma solução eficaz e acessível para empresas de médio porte que buscam digitalizar seus processos sem comprometer a estabilidade operacional.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa evidenciou como a adoção do CLP Modicon M221, em sua versão mais recente, representa um marco relevante na modernização dos processos industriais, especialmente no contexto da Indústria 4.0. A análise técnica do dispositivo demonstrou que suas funcionalidades atendem de forma eficaz às demandas contemporâneas de controle, automação, integração de sistemas e coleta de dados em tempo real, além de contribuírem significativamente para a segurança ocupacional.

O estudo de caso realizado em uma indústria catarinense evidenciou o potencial do M221 como uma solução prática, de fácil instalação e com excelente relação custo-benefício. Os resultados demonstram que a escolha adequada de um CLP, alinhada às demandas da digitalização industrial, pode influenciar diretamente a competitividade da empresa, promovendo a redução de paradas não programadas, o aumento da produtividade e a melhoria na tomada de decisões operacionais.

Por fim, recomenda-se a continuidade de investigações na área, com a análise comparativa entre diferentes modelos de controladores quanto ao desempenho, cibersegurança e aplicações emergentes, como o uso da inteligência artificial integrada ao controle automatizado. Uma vertente promissora para estudos futuros está na relação entre controladores e sustentabilidade industrial, explorando seu papel na eficiência energética, na redução de desperdícios e na otimização de recursos.

Espera-se que este estudo contribua tanto para o meio acadêmico quanto para profissionais e gestores industriais que buscam soluções tecnológicas acessíveis e inteligentes, capazes de impulsionar a modernização de suas operações frente aos desafios da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

CINELLI, B. **Seleção do CLP adequado para cada aplicação**. São Paulo, 2023. Disponível em: <<https://tecnomira.com.br/selecao-do-clp-adequado-para-cada-aplicacao/>>. Acesso em: 03 abr. 2025.

CNN. **Automação Industrial: conceito, objetivos e vantagens**. 2023. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/automacao-industrial/>>. Acesso em 22 abr. 2025.

DIAS, R. K. P. **Conhecendo e explorando recursos industriais**. São Carlos, 2023. Disponível em: <https://moodle.ead.ifsc.edu.br/mod/book/tool/print/index.php?id=82391>. Acesso em: 03 abr. 2025.

EXSTO. **Banco de Ensaios para CLP Schneider M221**. Itupeva, 2021. Disponível em: <<https://exsto.com.br/Catalogos/XC155.pdf>>. Acesso em 22 abr. 2025.

MATOS, R. **7 Benefícios do CLP Schneider que Você Precisa Conhecer**. 25 de Setembro de 2024. Disponível em: <<https://www.jmf.com.br/blog/categorias/artigos/7-beneficios-do-clp-schneider-que-voce-precisa-conhecer>>. Acesso em 10 mar. 2025.

MOLINARI, B. **Automação Industrial: Maior eficiência produtiva e mais competitividade no mercado global**. Florianópolis, 2024. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/25336-automacao-industrial-maior-eficiencia-produtiva-mais-competitividade-mercado-global>>. Acesso em: 19 mar. 2025.

SCHNEIDER, E. **Modicon M221: Controlador lógico e guia de programação**. Blumenau, 2020. Disponível em: <<https://daxautomacao.com.br/wp-content/uploads/2020/09/M221-Guia-de-programacao.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2025.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Itajubá: Unifei, 2012.