

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

Faculdade de Tecnologia de Mauá

Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica

Beatriz Vitória Silva de Carvalho

Larissa Gomes Alves da Silveira

Matheus Cordeiro da Silva

**DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NAS PEQUENAS
EMPRESAS**

Mauá

2026

Beatriz Vitória Silva de Carvalho
Larissa Gomes Alves da Silveira
Matheus Cordeiro da Silva

DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NAS PEQUENAS EMPRESAS

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Mauá, como exigência parcial
para obtenção do título de Tecnólogo em
Fabricação Mecânica, sob a orientação da
professora Me. Cristina Blanco Padovani.

Autorizo a reprodução e a divulgação deste trabalho, no todo ou em parte, por qualquer meio convencional ou eletrônico, exclusivamente para fins de estudo e pesquisa, desde que a fonte seja citada.

Catálogo-na-Publicação – Biblioteca Fatec Mauá

658.514

C331d Carvalho, Beatriz Vitória Silva de.

Desafios da implementação da indústria 4.0 nas pequenas empresas / Beatriz Vitória Silva de Carvalho ; Larissa Gomes Alves da Silveira ; Matheus Cordeiro da Silva. – 2026.

45 p. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Me. Cristina Blanco Padovani.

Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica) – Faculdade de Tecnologia de Mauá.

Referências: 43-45.

1. Indústria 4.0. 2. Pequenas empresas. 3. Fabricação mecânica. 4. Automação. 5. Desafios. I. Silveira, Larissa Gomes Alves da. II. Silva, Matheus Cordeiro da. III. Padovani, Cristina Blanco. IV. Título.

CDD 23. : Indústrias: inovações tecnológicas 658.514
Elaborada por Tatiana Sambinelli CRB-8 SP-011003/O

Beatriz Vitória Silva de Carvalho

Larissa Gomes Alves da Silveira

Matheus Cordeiro da Silva

DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NAS PEQUENAS EMPRESAS

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Mauá, como exigência parcial
para obtenção do título de Tecnólogo em
Fabricação Mecânica

Aprovação em: ____/____/____

Banca examinadora ou pareceristas:

Professora Me. Cristina Blanco Padovani
Orientadora
FATEC Mauá

Professor Esp. Will Robson Rodrigues de Brito
Avaliador
FATEC Mauá

Professor Me. João Henrique da Silva Gama
Avaliador
FATEC Mauá

“Dedicamos este trabalho aos nossos pais e familiares, pelo apoio incondicional e pelos sacrifícios realizados para que pudéssemos concluir esta jornada acadêmica. Aos nossos amigos e colegas de curso, pelo companheirismo e incentivo nos momentos de desafio.”

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Faculdade de Tecnologia de Mauá pela oportunidade de realização desta pesquisa e por disponibilizar o suporte acadêmico necessário para nossa formação como Tecnólogos em Fabricação Mecânica.

A nossa orientadora, Professora Me. Cristina Blanco Padovani, pela dedicação, orientação, paciência e pelos conhecimentos compartilhados ao longo do desenvolvimento deste trabalho, fundamentais para a condução deste estudo sobre a integração entre Projeto e PCP.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições, sugestões e observações apresentadas, que auxiliaram no aperfeiçoamento deste trabalho.

À empresa estudada e aos profissionais que colaboraram com esta pesquisa, fornecendo informações e contribuindo para a análise do estudo de caso apresentado.

Aos nossos familiares, amigos e colegas, pelo apoio, incentivo e compreensão durante toda a trajetória acadêmica.

Por fim, agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

"A tecnologia move o mundo." (Steve Jobs)

RESUMO

A Indústria 4.0 representa uma nova fase da revolução industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais, automação avançada e sistemas inteligentes aos processos produtivos. No entanto, a implementação desses conceitos ainda representa um grande desafio para pequenas empresas, especialmente no setor metalmeccânico, devido às limitações financeiras, tecnológicas e organizacionais. Este trabalho tem como objetivo analisar os principais desafios enfrentados pelas pequenas empresas do setor metalmeccânico na implementação da Indústria 4.0. A metodologia utilizada baseia-se em pesquisa bibliográfica, exploratória e qualitativa, com levantamento de estudos, artigos científicos e relatórios técnicos. Os resultados indicam que, apesar das dificuldades, a adoção gradual dos conceitos da Indústria 4.0 pode proporcionar ganhos significativos de produtividade, qualidade e competitividade para as pequenas empresas, desde que haja planejamento estratégico e capacitação da mão de obra.

Palavras-chave: indústria 4.0; pequenas empresas; fabricação mecânica; automação; desafios.

ABSTRACT

Industry 4.0 represents a new phase of the industrial revolution, characterized by the integration of digital technologies, advanced automation, and intelligent systems into production processes. However, the implementation of these concepts still poses major challenges for small companies, especially in the metal-mechanical sector, due to financial, technological, and organizational limitations. This study aims to analyze the main challenges faced by small companies in the metal-mechanical sector in implementing Industry 4.0. The methodology adopted is based on bibliographic, exploratory, and qualitative research, using scientific articles, books, and technical reports. The results indicate that, despite the difficulties, the gradual adoption of Industry 4.0 concepts can provide significant gains in productivity, quality, and competitiveness for small companies.

Keywords: Industry 4.0; small companies; mechanical manufacturing; automation; challenges.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Desafios da implementação da Indústria 4.0 em pequenas empresas.....	17
Quadro 2 – Principais tecnologias da Indústria 4.0 e suas aplicações no setor metalmeccânico.....	17
Quadro 3 – Escala de nível de automação.....	35
Quadro 4 – Nível de automação por setor.....	36
Quadro 5 – Situação atual x Indústria 4.0.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pilares da indústria 4.0.....	16
Figura 2 – Informativo das principais tecnologias da manufatura avançada.....	18
Figura 3 – Avanço da tecnologia.....	26
Figura 4 – Fluxo do processo produtivo da empresa estudada.....	33
Figura 5 – Mapeamento do processo do PCP.....	34
Figura 6 – Planilha de controle de estoque de chapas metálicas X-Metalúrgica.....	37

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema de pesquisa	12
1.2 Objetivos	12
1.3 Justificativa.....	13
1.4 Delimitação	14
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1.1 Referencial teórico.....	15
2.1.2 Indústria 4.0.....	15
2.1.3 Tecnologias da indústria 4.0.....	17
2.1.4 Benefícios da indústria 4.0.....	18
2.1.5 Pequenas empresas no Brasil.....	19
2.1.6 Principais características de uma EPP.....	20
2.1.7 Empresa Metalúrgica	21
2.1.8 Os tipos de empresas metalúrgicas	23
2.1.9 Usinagem na indústria metalúrgica	23
2.1.10 4ª Revolução Industrial.....	24
2.1.11 Desafios da 4ª Revolução Industrial	27
2.1.12 Mão de obra especializada.....	28
2.1.13 Implementação da Indústria 4.0 nas Pequenas Empresas.....	29
2.1.14 Pequenas empresas podem adaptar-se às tendências.....	30
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
2.2.1 Estudo de caso - X METALÚRGICA.....	32
2.2.2 Processo produtivo/ Processo do PCP.....	33
2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
2.3.1 Situação Atual em Relação à Indústria 4.0.....	35
2.3.2 Análise do Nível de Automação dos Setores.....	35
2.3.3 Análise Comparativa: Situação Atual x Indústria 4.0.....	37
2.3.4 Desafios para Implementação da Indústria 4.0	38
2.3.5 Propostas de Implementação da Indústria 4.0.....	39
2.3.6 Resultados esperados	39
2.3.7 Análise do Nível de Maturidade em Relação à Indústria 4.0	40
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

REFERÊNCIAS.....43

1 INTRODUÇÃO

A evolução industrial ao longo dos anos sempre esteve associada ao desenvolvimento tecnológico. Desde a mecanização da produção até a automação dos processos, as indústrias passaram por transformações significativas que impactaram diretamente a forma de produzir bens e serviços. Atualmente, a Indústria 4.0 surge como a mais recente revolução industrial, caracterizada pela digitalização e integração dos sistemas produtivos.

No setor metalmeccânico, a Indústria 4.0 apresenta grande potencial para otimizar processos, reduzir custos e aumentar a competitividade. No entanto, a implementação dessas tecnologias ainda é limitada, especialmente em pequenas empresas, que enfrentam diversos desafios estruturais e financeiros.

Diante desse contexto, torna-se relevante analisar os principais desafios enfrentados pelas pequenas empresas do setor metalmeccânico na implementação da Indústria 4.0, buscando compreender as barreiras existentes e identificar possíveis caminhos para a modernização industrial de forma gradual e sustentável.

1.1 Problema de pesquisa

Apesar dos avanços tecnológicos disponíveis e dos benefícios associados à Indústria 4.0, observa-se que muitas pequenas empresas do setor metalmeccânico ainda operam com processos tradicionais, apresentando baixo nível de automação e digitalização. Essa realidade levanta questionamentos sobre os fatores que dificultam a adoção desse novo modelo industrial.

Dessa forma, o problema de pesquisa que norteia este trabalho é: Quais são os principais desafios enfrentados pelas pequenas empresas do setor metalmeccânico na implementação dos conceitos da Indústria 4.0?

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar de forma abrangente os desafios da implementação da Indústria 4.0 nas pequenas empresas do setor metalúrgico.

Busca-se compreender como essas organizações lidam com a necessidade

de modernização tecnológica frente às suas limitações inerentes de infraestrutura, capital e capacitação de mão de obra, visando identificar os fatores determinantes que impulsionam ou retardam a adoção de sistemas de manufatura inteligente e digitalizada nesse segmento específico.

Para que essa meta central seja alcançada, a pesquisa desdobra-se em objetivos específicos que funcionam como um roteiro para as etapas metodológicas do estudo. Inicialmente, o trabalho propõe-se a mapear e identificar as tecnologias habilitadoras da Quarta Revolução Industrial como a Internet das Coisas (IoT), a computação em nuvem, a integração de sistemas e a automação acessível que apresentam maior viabilidade de aplicação e custo-benefício para a realidade técnica das pequenas metalúrgicas. Em seguida, busca-se diagnosticar o cenário atual dessas indústrias, descrevendo as características de seus processos produtivos convencionais e avaliando o nível de maturidade tecnológica em que a maioria se encontra.

Avançando na investigação, o estudo tem o intuito de examinar e categorizar criticamente os entraves que dificultam essa modernização, separando-os em barreiras financeiras, operacionais e de cultura organizacional. Por fim, como etapa de contribuição prática, a pesquisa visa elaborar um conjunto de recomendações e diretrizes estratégicas. Esse referencial tem o propósito de auxiliar os gestores e empreendedores do setor a planejar um plano de ação viável, permitindo superar as dificuldades mapeadas e garantindo uma transição gradual, segura e sustentável rumo à digitalização de suas linhas de produção.

1.3 Justificativa

A escolha do tema “Desafios da implementação da Indústria 4.0 nas pequenas empresas do setor metalmecânico” justifica-se pela crescente importância da transformação digital no contexto industrial atual. De acordo com MATOS (2020), a Indústria 4.0 tem se destacado como um fator estratégico para o aumento da produtividade, da competitividade e da qualidade dos processos produtivos, tornando-se essencial para a permanência das empresas no mercado.

No Brasil, o setor metalmecânico é composto, em sua maioria, por pequenas empresas, que desempenham papel fundamental na economia, mas enfrentam limitações financeiras, tecnológicas e organizacionais. Essas dificuldades tornam a

adoção das tecnologias da Indústria 4.0 mais complexa, evidenciando a necessidade de estudos voltados à realidade dessas organizações.

Do ponto de vista acadêmico, este trabalho contribui para a ampliação do conhecimento sobre a Indústria 4.0 aplicada a empresas de pequeno porte, um tema ainda pouco explorado quando comparado aos estudos voltados para grandes indústrias (Kassai 1997, Gularte 2025).

Sob a perspectiva prática, a pesquisa pode auxiliar gestores e profissionais da área de fabricação mecânica na compreensão dos principais desafios e na elaboração de estratégias mais viáveis para a implementação gradual da Indústria 4.0. Dessa forma, o estudo justifica-se pela relevância do tema, pela contribuição acadêmica e pela possibilidade de aplicação prática dos conhecimentos gerados, visando o fortalecimento e a modernização das pequenas empresas do setor metalmeccânico.

1.4 Delimitação

Este trabalho delimita-se à análise dos desafios da implementação da Indústria 4.0 em pequenas empresas do setor metalúrgico, com ênfase nos aspectos tecnológicos, financeiros, organizacionais e relacionados à qualificação da mão de obra. O estudo está voltado à realidade das pequenas empresas brasileiras do segmento metalúrgico, considerando suas características produtivas, limitações estruturais e necessidades de modernização frente às demandas da transformação digital. Para complementar a análise teórica, foi considerada a realidade de uma empresa de pequeno porte do setor metalúrgico, denominada neste trabalho como X Metalúrgica, buscando identificar seu nível de automação, os desafios enfrentados e as oportunidades de aplicação dos conceitos da Indústria 4.0.

Não fazem parte do escopo desta pesquisa análises aprofundadas de desenvolvimento de softwares, programação de sistemas, projetos detalhados de automação industrial, inteligência artificial avançada ou estudos voltados a médias e grandes empresas de outros segmentos industriais.

O foco do trabalho restringe-se à compreensão dos desafios e das possibilidades de implementação da Indústria 4.0 em pequenas empresas metalúrgicas

2 DESENVOLVIMENTO

2.1.1 Referencial teórico

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos e fundamentos teóricos relacionados à Indústria 4.0, às pequenas empresas e ao setor metalúrgico. Também são abordados os desafios da transformação digital e os fatores que influenciam a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 em organizações de pequeno porte.

2.1.2 Indústria 4.0

Segundo a FIEC (2021), a indústria 4.0 é um conceito que representa a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem com o objetivo de promover a digitalização das atividades industriais, melhorando os processos e aumentando a produtividade.

Esse modelo de produção permite que máquinas, sistemas e equipamentos estejam conectados e troquem informações em tempo real, tornando os processos industriais mais eficientes, inteligentes e integrados. Dessa forma, as empresas conseguem ter maior controle sobre a produção, reduzir falhas, otimizar recursos e melhorar a tomada de decisões dentro do ambiente industrial. Nesse contexto, setores industriais como o metalúrgico, que desempenham papel fundamental na produção de peças e componentes utilizados em diversas áreas da indústria, também enfrentam desafios na adoção dessas novas tecnologias.

Dessa forma, torna-se importante analisar os principais desafios enfrentados pelas pequenas empresas na implementação da Indústria 4.0, considerando fatores tecnológicos, financeiros e organizacionais. A compreensão dessas dificuldades pode contribuir para identificar oportunidades de melhoria e caminhos que auxiliem essas empresas no processo de transformação digital e no aumento de sua competitividade no mercado. Os fundamentos da Indústria 4.0 estão baseados em pilares tecnológicos que possibilitam a digitalização e a automação inteligente dos processos produtivos. Esses pilares são apresentados na figura 1 que resume os principais elementos que sustentam esse novo modelo industrial.

Figura 1 – Pilares da indústria 4.0



Fonte: Osinski, gerada por Grok (xAI) em 22 de maio de 2026.

A aplicação desses pilares permite maior controle dos processos produtivos, redução de desperdícios e melhoria da qualidade. Entretanto, a adoção dessas tecnologias ocorre de forma desigual, principalmente em pequenas empresas, que enfrentam diversas limitações estruturais e financeiras.

Segundo Osinski (2026), os principais desafios relacionados à implementação da Indústria 4.0 em pequenas empresas são apresentados no quadro 1, evidenciando as dificuldades enfrentadas por organizações de menor porte no setor metalmeccânico.

Quadro 1 – Desafios da implementação da Indústria 4.0 em pequenas empresas

Categoria	Desafio	Descrição
Financeira	Alto custo de investimento	Dificuldade de aquisição de máquinas e softwares avançados
Tecnológica	Infraestrutura limitada	Equipamentos antigos sem integração digital
Humana	Falta de qualificação	Escassez de profissionais capacitados
Organizacional	Resistência à mudança	Cultura tradicional e dificuldade de adaptação
Estratégica	Falta de planejamento	Ausência de estratégias para implementação gradual

Fonte: Beatriz, Larissa e Matheus (2026)

Esses desafios demonstram que a implementação da Indústria 4.0 em pequenas empresas exige planejamento estratégico e adoção gradual das tecnologias. Para compreender melhor essa diferença, o quadro 2 apresenta uma comparação entre a indústria tradicional e a Indústria 4.0, destacando as principais mudanças ocorridas nos processos produtivos.

Quadro 2 – Principais tecnologias da Indústria 4.0 e suas aplicações no setor metalmeccânico

Pilar	Descrição	Aplicação no setor metalmeccânico
Internet das Coisas (IoT)	Conexão de máquinas e sensores para troca de dados em tempo real.	Monitoramento de máquinas CNC e controle de processos.
Big Data	Análise de grandes volumes de dados produtivos.	Otimização de parâmetros de usinagem e redução de falhas.
Automação avançada	Uso de sistemas automatizados e robótica.	Automação de células de produção.
Sistemas ciberfísicos	Integração entre sistemas computacionais e físicos.	Comunicação entre máquinas e sistemas de gestão.
Computação em nuvem	Armazenamento e processamento remoto de dados.	Acesso remoto a informações produtivas.

Fonte: Beatriz, Larissa e Matheus (2026)

2.1.3 Tecnologias da indústria 4.0

Como ressalta FIEC (2021), a Indústria 4.0 é caracterizada pelo uso de diversas tecnologias habilitadoras, tais como Inteligência Artificial, Computação em Nuvem, Big Data, Cibersegurança, Internet das Coisas (IoT), Robótica Avançada,

Manufatura Digital, Manufatura Aditiva, Integração de Sistemas, Sistemas de Simulação e Digitalização.

Figura 2 – Informativo das principais tecnologias da manufatura avançada.



Fonte: Equipe TOTVS 2026, gerada por Grok (xAI) em 22 de maio de 2026.

2.1.4 Benefícios da indústria 4.0

A Indústria 4.0 representa a etapa mais avançada da evolução dos sistemas produtivos, caracterizada pela integração de tecnologias digitais, automação e conectividade nos processos industriais. De acordo com MATOS (2020), essa transformação proporciona benefícios significativos às organizações, como o aumento da produtividade, da eficiência operacional e da lucratividade, além de favorecer a flexibilidade dos processos, o compartilhamento de informações e uma tomada de decisão mais assertiva.

Nesse contexto, o Portal da Indústria (2026) destaca que um dos principais benefícios da Indústria 4.0 é o uso mais eficiente dos recursos produtivos. A incorporação de novas tecnologias, sistemas inteligentes e equipamentos automatizados permite a criação de novos modelos de negócios e contribui para o

desenvolvimento econômico. Atividades repetitivas, anteriormente realizadas por operadores, passam a ser executadas por máquinas com maior precisão, enquanto processos administrativos podem ser agilizados por meio de softwares e aplicativos, tornando o trabalho mais eficiente.

Além disso, a automação promove a padronização das operações, aumentando a segurança, a rapidez na transmissão de informações e a qualidade dos produtos. Sistemas personalizados também podem ser adaptados às necessidades específicas de cada empresa, contribuindo para melhores resultados. Outro benefício importante é a redução de desperdícios de matérias-primas, tempo, recursos e mão de obra, bem como a diminuição de erros e retrabalhos.

A utilização de sensores, monitoramento em tempo real e análise de dados possibilita maior previsibilidade das operações, permitindo antecipar falhas e programar manutenções preventivas. Dessa forma, evitam-se paradas emergenciais de máquinas e equipamentos, reduzindo custos com manutenções corretivas e aumentando a confiabilidade dos processos produtivos. Assim, a Indústria 4.0 não apenas otimiza a produção, mas também contribui para a sustentabilidade e para a melhoria da experiência dos clientes.

2.1.5 Pequenas empresas no Brasil

As pequenas empresas representam um dos pilares mais importantes da economia brasileira. Elas são responsáveis pela maior parte da geração de empregos formais no país e desempenham um papel estratégico na dinamização econômica, especialmente em momentos de crise ou recuperação. (Kassai, 1997)

De acordo com Kassai S. (1997), as pequenas empresas atuam como “ambientes de inovação empresarial”, funcionando como um espaço de experimentação. Apesar de sua relevância, a definição do que constitui uma pequena empresa não é universal. A autora destaca que essa classificação pode ser realizada por meio de critérios quantitativos como faturamento anual e número de funcionários, critérios qualitativos estrutura organizacional simplificada, gestão centralizada e pouca especialização administrativa ou pela combinação de ambos.

No contexto brasileiro atual, a legislação define as Empresas de Pequeno Porte (EPP) por meio da Lei Complementar nº 123/2006, atualizada pela Lei

Complementar nº 188/2022. Segundo Gularte C. (2025), as EPPs são empresas com faturamento anual entre R\$ 360.000,00 e R\$ 4.800.000,00. Esse porte empresarial oferece diversas vantagens, como acesso ao regime tributário simplificado do simples nacional, maior facilidade em licitações públicas e linhas de crédito diferenciadas.

As pequenas empresas brasileiras geralmente apresentam características marcantes que as diferenciam das médias e grandes organizações. Predomina a gestão centralizada na figura do proprietário, o que confere agilidade nas decisões, mas também gera limitações importantes. Entre essas limitações destacam-se o baixo nível de automação dos processos produtivos, a reduzida estrutura organizacional, a dificuldade de acesso a crédito, a escassez de mão de obra qualificada e a pouca formalização dos processos administrativos e estratégicos (Kassai, 1997; Gularte, 2025).

2.1.6 Principais características de uma EPP

Conforme Gularte (2025), as Empresas de Pequeno Porte são organizações classificadas de acordo com os limites de faturamento estabelecidos pela legislação brasileira, posicionando-se entre as microempresas e as empresas de maior porte. Essa categoria empresarial possui características próprias que a diferenciam das microempresas, principalmente em relação à sua capacidade de atuação e ao volume de suas operações.

As EPPs podem atuar nos mais diversos segmentos da economia, como comércio, indústria e prestação de serviços, desde que atendam aos critérios de enquadramento previstos na legislação. Além disso, possuem estrutura empresarial compatível com suas atividades, permitindo o desenvolvimento de suas operações de forma organizada e adequada às demandas do mercado.

Outra característica importante é a possibilidade de adesão ao Simples Nacional, regime tributário simplificado que unifica o recolhimento de diversos tributos em uma única guia de pagamento. Esse sistema tem como objetivo simplificar o cumprimento das obrigações fiscais e administrativas das empresas enquadradas nessa categoria.

Dessa forma, as Empresas de Pequeno Porte representam uma importante categoria empresarial, caracterizada pelo porte intermediário, enquadramento

baseado no faturamento e possibilidade de utilização de regimes tributários simplificados, conforme previsto na legislação vigente (Gularte, 2025).

2.1.7 Empresa Metalúrgica

Uma empresa metalúrgica é uma organização industrial responsável pela transformação de metais em peças, componentes, estruturas e produtos utilizados por diversos setores da economia. Sua atividade envolve processos como corte, dobra, soldagem, usinagem, fundição, conformação mecânica e montagem, com o objetivo de transformar matérias-primas metálicas em produtos acabados ou semiacabados destinados à indústria, construção civil, setor automotivo e outros segmentos produtivos. O setor metalúrgico possui grande importância para a economia, pois fornece materiais e componentes essenciais para diferentes cadeias produtivas.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2025), a indústria metalúrgica engloba atividades relacionadas à transformação de metais ferrosos e não ferrosos, servindo como base para setores como a construção civil, a indústria automobilística e a fabricação de bens de capital.

De acordo com o portal especializado em metalurgia Brusson (2026), uma metalúrgica é a empresa que adquire matérias-primas metálicas, como chapas, tubos, barras e perfis, e realiza sua transformação por meio de processos industriais para produzir peças e componentes metálicos. Dessa forma, a metalúrgica atua como elo intermediário entre as siderúrgicas, que produzem o metal, e as indústrias que utilizam esses componentes em seus produtos.

Além da fabricação de peças metálicas, as empresas metalúrgicas também investem em tecnologia, controle de qualidade e modernização dos processos produtivos, buscando maior eficiência, precisão e competitividade no mercado industrial.

No setor metalúrgico, as empresas de pequeno porte assumem importância estratégica por fornecerem produtos e serviços para diversos segmentos industriais, como a indústria automobilística, a construção civil e a fabricação de bens de capital. De acordo com Pedrazzi D. e Vieira S. (2009), o setor metalúrgico apresenta participação relevante na economia nacional, contribuindo para o Produto Interno Bruto (PIB) e promovendo investimentos contínuos em

infraestrutura, tecnologia e capacidade produtiva.

Para manter a competitividade em um mercado cada vez mais exigente, as pequenas empresas metalúrgicas necessitam realizar investimentos constantes em tecnologia, qualificação da mão de obra, aquisição de máquinas e modernização dos processos produtivos. Conforme afirmam Pedrazzi e Vieira (2009), a realização de investimentos é essencial para garantir o crescimento sustentável das organizações e sua permanência no mercado, especialmente diante das constantes mudanças econômicas e tecnológicas.

A metalurgia só se tornou possível após o ser humano dominar o fogo, possibilitando a manipulação do metal derretido. Desses tempos antigos para cá, bastante coisa evoluiu e os processos estão cada vez mais específicos. Uma empresa metalúrgica pode ter algumas funções e atuar em certos campos do trabalho com metal, entre as principais, estão:

- **Produção de ferroligas:** Se trata de ligas especiais, dependentes de alta tecnologia para serem produzidas. Possuem ferro e níquel como base, além de outros elementos que potencializam suas propriedades, como o cromo e outros. As ferroligas podem ser superiores ao aço em vários aspectos — e até compor ligas de aço para melhorar suas características.
- **Produção de ferro-gusa:** O ferro gusa é obtido por meio da redução do minério de ferro pelo coque ou carvão e calcário em um alto forno. Tem uma alta porcentagem de carbono (acima de 5%) e é utilizado na produção de lingotes, que servem de matéria-prima para ferro fundido e aço.
- **Fabricação de tubos:** De forma básica, a produção de tubos das mais variadas medidas e materiais para o uso da indústria. As empresas produtoras trabalham com chapas retas, que são dobradas e cortadas com auxílio de dobradeiras.
- **Produção de metais não ferrosos:** São aqueles metais que não possuem ferro, portanto não são magnéticos, como cobre, alumínio, chumbo e zinco.
- **Fundição:** Criação de produtos de metal a partir da inserção do material derretido (líquido) em um molde com medidas predefinidas.
- **Siderurgia:** Se trata do tratamento e fabricação de aços e ferros fundidos.

2.1.8 Os tipos de empresas metalúrgicas

Segundo a XP Investimentos (2026), muitas empresas metalúrgicas atuam no modelo B2B, produzindo e vendendo para outras empresas, que utilizam esses materiais na fabricação de produtos destinados ao consumidor final. Isso acontece porque o metal, em sua forma mais bruta, geralmente não possui comercialização direta para o público comum.

Empresas de utensílios (como grelhas, espetos) ou talheres (garfos, facas) compram o metal já preparado de siderúrgicas e apenas fazem o seu acabamento, conferindo a forma final do produto. No entanto, esse meio de campo é povoado de diversas especialidades sendo elas:

- Soldagem: O processo que usa do calor para unir duas partes de metal com auxílio de um metal de solda, despejado como elemento de união das peças no local indicado. É essencial em de toda indústria, em especial para a metalmecânica, automobilística, naval, aeronáutica e muito mais. Há ainda suas variações, como a solda por pressão, a laser, por fricção e até por explosão.
- Fundição: O ofício de uma empresa metalúrgica de fundição é criar produtos de metal a partir da inserção do material em um molde. Esse é um processo bastante utilizado para se alcançar formatos que seriam difíceis (e caros) por meio da usinagem.

2.1.9 Usinagem na industria metalúrgica

Segundo Stoeterau R. (2022), na indústria metalúrgica, a usinagem é amplamente utilizada na produção de eixos, engrenagens, buchas, flanges, parafusos e diversos componentes mecânicos empregados nos setores automotivo, aeronáutico, naval e de máquinas industriais. A qualidade das peças produzidas depende diretamente dos parâmetros de corte utilizados, como velocidade de corte, avanço e profundidade de corte, que influenciam a produtividade, o acabamento superficial e a vida útil das ferramentas. Outro fator importante é a geometria da ferramenta de corte. Na visão de Stoeterau R. (2022), a geometria adequada influencia a formação e a saída do cavaco, as forças de corte, o desgaste da ferramenta e a qualidade final da peça usinada. Dessa forma,

a escolha correta da ferramenta e das condições de usinagem é fundamental para garantir eficiência e precisão no processo produtivo. Além disso, de acordo com Cesar P. (2022), durante a usinagem ocorre a formação de cavacos, que correspondem à porção de material removido da peça pela ação da ferramenta. A forma e as características desses cavacos estão relacionadas às propriedades do material, aos parâmetros de corte e à geometria da ferramenta, podendo influenciar diretamente a segurança e o desempenho do processo.

A usinagem também está associada ao desgaste das ferramentas de corte, fenômeno causado pelo atrito, pelas forças de corte e pelas elevadas temperaturas geradas durante o processo. Esse desgaste pode comprometer a qualidade dimensional das peças e aumentar os custos de produção, tornando necessária a seleção adequada dos materiais das ferramentas e dos fluidos de corte utilizados. A lubrificação industrial é uma das peças principais do quebra-cabeça da usinagem. Para que a usinagem seja assertiva e o chão de fábrica produtivo, a empresa metalúrgica precisa ficar de olho nos sistemas e produtos de lubrificação utilizados.

A eficiência da lubrificação impacta toda cadeia produtiva, melhorando os resultados da companhia. Uma dica para essas empresas é criar um plano de lubrificação que as auxilie na manutenção do seu maquinário e dos processos de usinagem. Dessa forma, ela garante máxima eficiência na criação de peças metálicas.

Dessa forma, a usinagem e a lubrificação desempenham um papel essencial na indústria metalúrgica, pois permite a fabricação de componentes com alta precisão dimensional, qualidade superficial e repetibilidade, características indispensáveis para a competitividade e o desenvolvimento tecnológico do setor.

2.1.10 4ª Revolução Industrial

Segundo a equipe TOTVS (2026), a Quarta Revolução Industrial está presente no cenário atual e se materializa por meio da Indústria 4.0. Para alcançar esse estágio de desenvolvimento, a indústria passou por importantes transformações ao longo da história. A Primeira Revolução Industrial, iniciada por volta de 1760 na Inglaterra, foi marcada pelo uso das máquinas a vapor, que substituíram parte do trabalho manual e aumentaram significativamente a produtividade. Posteriormente, a Segunda Revolução Industrial introduziu novas

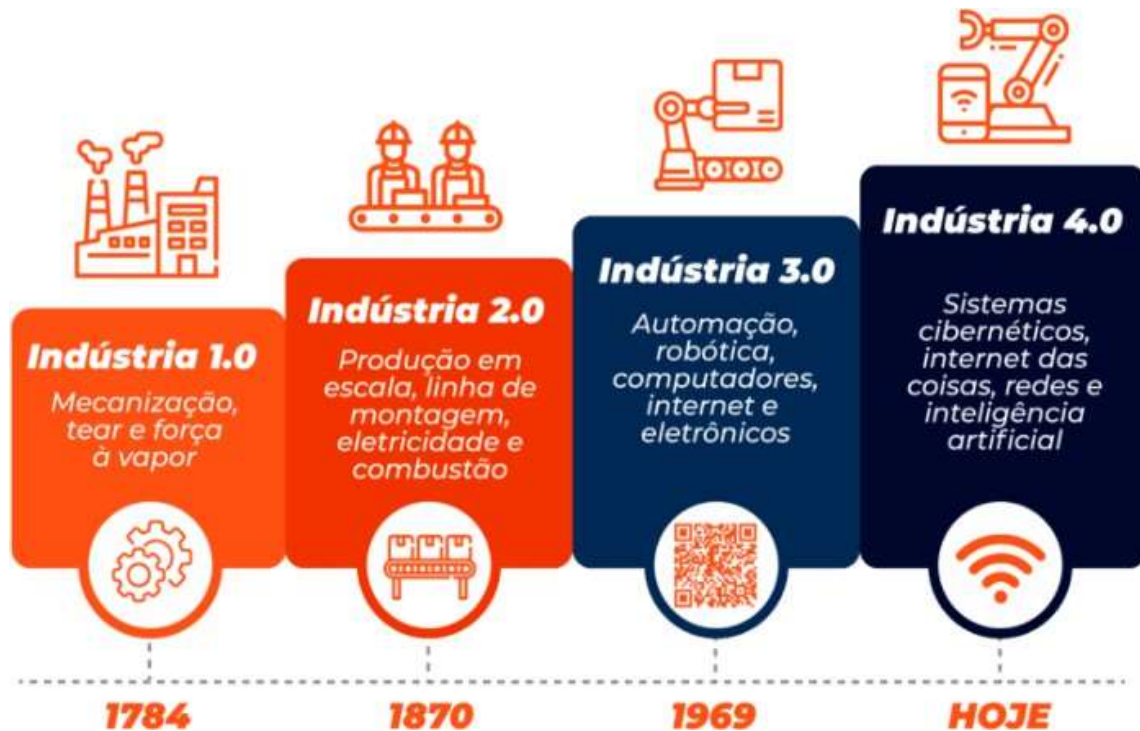
fontes de energia, como a eletricidade e o petróleo, além de avanços nos setores químico e metalúrgico, possibilitando a produção em massa por meio das linhas de montagem.

Entre as décadas de 1960 e 1970, ocorreu a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Digital, caracterizada pela incorporação da eletrônica, da informática e da automação aos processos produtivos. O uso de computadores, softwares e robôs industriais permitiu maior controle e eficiência nas operações fabris, preparando o caminho para uma nova etapa de transformação tecnológica.

Nesse contexto surge a Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, caracterizada pela integração de tecnologias avançadas aos sistemas produtivos. Segundo Schwab (2019), essa revolução diferencia-se das anteriores pela velocidade, amplitude e profundidade das mudanças que promove. O autor destaca que a principal característica desse novo paradigma é a fusão entre os mundos físico, digital e biológico, possibilitada por tecnologias como inteligência artificial, internet das coisas (IoT), computação em nuvem, análise de dados, robótica avançada e sistemas ciberfísicos.

A utilização integrada dessas tecnologias permite que máquinas, equipamentos e sistemas troquem informações em tempo real, tornando os processos produtivos mais inteligentes, eficientes e flexíveis. Dessa forma, a Indústria 4.0 representa uma nova fase da evolução industrial, marcada pela conectividade, automação avançada e tomada de decisões baseada em dados, contribuindo para o aumento da produtividade, da qualidade e da competitividade das organizações. A figura 3 abaixo mostra o avanço tecnológico desde a indústria 1.0 até a Indústria 4.0.

Figura 3 – Avanço da tecnologia



Fonte: Equipe TOTVS, gerada por Grok (xAI) em 22 de maio de 2026.

De acordo com Equipe TOTVS (2026), entre as tecnologias mais utilizadas, estão a internet das coisas, a transmissão de dados via wi-fi, o Big Data, e a inteligência artificial.

A internet das coisas possibilita a comunicação entre as máquinas, a qual é facilitada pelo uso do wi-fi. A transmissão de dados sem fio facilita a atualização de máquinas, a adaptação de layouts de fábricas, dando uma maior flexibilidade para as novidades e diminuindo os custos com infraestrutura.

O Big Data e suas análises possibilitam a otimização da produção, e a inteligência artificial disponibiliza informações a quem gerencia a produção e opera de forma autônoma. A utilização dessas tecnologias pelas fábricas inteligentes leva à descentralização da produção e dos processos decisórios.

O futuro da manufatura prepara uma operação totalmente automatizada, onde a própria fábrica se ajusta às necessidades, resolve problemas e adapta os volumes de produção e características dos produtos com a mínima interferência humana.

As fábricas inteligentes não estarão isoladas na aplicação total da Indústria 4.0, mas sim conectadas em toda a cadeia produtiva, incluindo a venda dos

produtos aos consumidores.

A interação com os consumidores determinará as características dos produtos a serem feitos, e a demanda ajudará no controle dos estoques de matérias primas e o relacionamento das fábricas com os fornecedores.

2.1.11 Desafios da 4ª Revolução Industrial

Como observa a Equipe TOTVS (2026), a 4ª Revolução Industrial e o estabelecimento da Indústria 4.0 têm muitos desafios pela frente. O pleno funcionamento de todas as tecnologias desenvolvidas de forma integrada, depende basicamente da sua compatibilidade. Para isso, será necessária a cooperação entre os diferentes níveis das cadeias produtivas, para que os produtos e as máquinas estejam dentro de um mesmo padrão.

O risco de uma parte da cadeia utilizar um tipo de tecnologia diferente, pode fazer com que um produto ou material chegue a determinado nível, e não consiga prosseguir na cadeia produtiva de forma autônoma porque o equipamento não consegue fazer a leitura do material e direcioná-lo para a próxima fase da produção.

Os sistemas híbridos enfrentam o desafio de desenvolverem e utilizarem padrões universais de comunicação e operação para que possibilitem a comunicação entre as máquinas, independentemente de onde estejam instalados. Ao lado da preocupação com o estabelecimento de padrões, a possibilidade de monopólio sobre um sistema, ou qualquer tecnologia ligada à indústria também deve ser uma preocupação não só dos usuários, como também dos governos.

Esses devem atuar nos processos de controle e estabelecimento de políticas para o desenvolvimento econômico e de mercado.

Cibersegurança, a questão da segurança de redes é outro tema para o desenvolvimento da Indústria 4.0. A integração dos sistemas híbridos à internet pode expor os processos produtivos a ataques de hackers, o que demanda que exista uma rede mais segura para impedir esse tipo de infiltração e sabotagem.

Um ataque desse tipo poderia levar a paralisação da produção, mudança dos processos produtivos, alteração dos produtos e de seu protocolo para os outros níveis da cadeia (como logística, por exemplo) ou outras interferências.

Apoio governamental: O apoio do governo com financiamento e pesquisa para a Indústria 4.0 é algo necessário para os países que ainda estão passos atrás

da Alemanha. O desenvolvimento da tecnologia no país possibilita a adequação à sua realidade, e pode trazer novidades ainda não trabalhadas em outros lugares. O financiamento tanto para a pesquisa quanto para a modernização das fábricas também impulsiona a aplicação das tecnologias.

2.1.12 Mão de obra especializada

Segundo a Equipe TOTVS (2026), a transição da mão de obra intensiva para a mão de obra especializada é um dos principais desafios da Indústria 4.0, uma vez que as novas tecnologias exigem treinamento adequado e constante atualização dos profissionais. Além disso, é fundamental que os trabalhadores estejam preparados para lidar com a introdução de sistemas automatizados, inteligência artificial e outras inovações presentes nos ambientes produtivos modernos.

Nesse contexto, os autores Machado *et al.* (2024), destacam que a crescente digitalização dos processos industriais tem ampliado a demanda por profissionais qualificados, capazes de operar, monitorar e interpretar informações geradas por tecnologias avançadas. Os autores ressaltam que a qualificação profissional não se limita à formação técnica, abrangendo também competências relacionadas à adaptação, resolução de problemas e aprendizagem contínua.

Além da capacitação dos trabalhadores, a Indústria 4.0 exige mudanças na própria estrutura industrial. Conforme a Equipe TOTVS (2026), muitas empresas ainda não conseguiram acompanhar o ritmo do desenvolvimento tecnológico, o que dificulta a integração entre produção, logística e consumo. A falta de investimentos em inovação e modernização pode comprometer a competitividade das organizações e retardar sua inserção nos novos modelos produtivos.

Outro aspecto relevante é o desenvolvimento dos sistemas híbridos, que combinam tecnologias digitais e processos físicos. Para a Equipe TOTVS (2026), essa evolução deve ocorrer de forma gradual, permitindo a adaptação das fábricas por meio da implementação progressiva de sensores, sistemas de monitoramento e bases de dados integradas. Dessa forma, a qualificação da mão de obra e a modernização da infraestrutura industrial tornam-se fatores essenciais para o sucesso da Indústria 4.0 e para o aumento da produtividade das organizações.

2.1.13 Implementação da Indústria 4.0 nas Pequenas Empresas

Segundo a autora VAZ R. (2025), as rápidas transformações tecnológicas na chamada Indústria 4.0 têm apresentado desafios para as pequenas empresas, que

lutam para acompanhar o ritmo acelerado de inovação. Essa revolução industrial impulsionada pela digitalização e automação tem levado as organizações a repensarem seus processos produtivos, a fim de garantir eficiência, competitividade e sustentabilidade.

Com a aplicação de tecnologias avançadas, como inteligência artificial, computação em nuvem e internet das coisas, as empresas podem melhorar sua produtividade e qualidade. A ideia é otimizar a execução das tarefas diárias por meio da automação e da inteligência das máquinas. Isso significa que, com a integração de sistemas inteligentes, as máquinas podem operar de maneira autônoma, realizando tarefas de forma mais rápida e eficiente do que os métodos tradicionais.

Além disso, a Indústria 4.0 permite a coleta de dados em tempo real, utilizando-os para tomar decisões precisas e estratégicas. Com a análise dessas informações, as empresas podem identificar oportunidades de melhoria, reduzir erros e evitar desperdícios, aumentando sua competitividade no mercado. O sistema ERP, por exemplo, desempenha um papel fundamental para as pequenas indústrias acompanharem essas evoluções. Trata-se de um programa de gestão empresarial que automatiza processos antes realizados manualmente, além de fornecer uma visualização unificada dos resultados. Com o uso da ferramenta ERP – sigla para *enterprise resource planning* ou planejamento de recursos empresariais –, as pequenas indústrias podem otimizar suas operações e se adaptar às demandas digitais de forma mais eficiente.

Para as pequenas empresas, no entanto, pode ser desafiador acompanhar essa evolução tecnológica. Os custos de implementação e a falta de conhecimento especializado são alguns obstáculos a serem superados. Especialistas indicam que é necessário buscar parcerias estratégicas e explorar programas de financiamento e incentivos governamentais, por exemplo, para viabilizar a adoção da Indústria 4.0.

Segundo artigo publicado no portal Sebrae (2025), compreender os desafios e as tendências da Indústria 4.0 é fundamental para empreendedores de pequeno,

médio e grande porte. Um dos principais obstáculos é a falta de profissionais qualificados. Para superar essa questão, a alternativa recomendada é investir em treinamento e capacitação da equipe atual, bem como na contratação de novos colaboradores. Dessa forma, eles podem trabalhar em conjunto com equipamentos inovadores e aproveitar todas as vantagens tecnológicas.

Além dos desafios relacionados à qualificação profissional, aos investimentos e à infraestrutura tecnológica, as micro e pequenas empresas enfrentam dificuldades específicas na implementação da Indústria 4.0. Conforme Lima (2023), muitas dessas organizações possuem recursos financeiros limitados e encontram obstáculos para incorporar novas tecnologias aos seus processos produtivos. Entretanto, o autor destaca que a adoção gradual de ferramentas digitais e sistemas automatizados pode proporcionar ganhos significativos em produtividade, qualidade e competitividade, permitindo que empresas de menor porte acompanhem as transformações do mercado e fortaleçam sua posição diante da concorrência.

A infraestrutura de telecomunicações também é um ponto crítico, uma vez que o cenário atual depende de uma infraestrutura sólida, como a internet e as redes móveis. A implantação da rede 5G, por exemplo, é fundamental para a digitalização eficiente dos processos industriais. Vale lembrar ainda que, com o aumento da digitalização, as informações e sistemas tornam-se mais vulneráveis a ciberataques, evidenciando que a segurança dos dados é um desafio adicional. Portanto, é crucial garantir a proteção e a segurança de sistemas, máquinas e informações armazenadas neles, a fim de evitar violações de segurança.

Conforme os especialistas, superar esses desafios exige esforços conjuntos de empreendedores, profissionais, instituições de ensino, governos e demais partes interessadas. Somente assim, o país pode aproveitar todo o potencial da Indústria 4.0 e impulsionar a inovação e o crescimento em diversos setores da economia.

2.1.14 Pequenas empresas podem adaptar-se às tendências

Segundo GULARTE C. (2025), entender a Indústria 4.0 pode ajudar as pequenas empresas a melhorar seu desempenho e otimizar resultados. Na prática, a implementação dessa nova fase da indústria não precisa ser complexa ou

custosa, na avaliação de Herbart Melo (2018), representante do Sebrae no Ceará. A tecnologia é utilizada como ferramenta de análise em tempo real, identificando problemas na gestão e operação das indústrias de menor porte.

Algumas tendências de inovação incluem a migração para a computação em nuvem, que oferece uma plataforma para armazenar dados e possibilita análises e otimizações de processos instantaneamente. Além disso, o recurso permite a integração de sistemas, facilitando a adaptação às mudanças no chão de fábrica sem interromper a operação.

A cibersegurança é outro aspecto importante, sendo essencial escolher um provedor confiável para proteger os dados da empresa. A automação dos processos de contas a pagar também traz benefícios, fornecendo acesso fácil a informações atualizadas e melhorando a produtividade. Assim, com o uso adequado da tecnologia, é possível impulsionar ganhos, tornando as empresas mais eficientes e competitivas.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica foi realizada entre os meses de março e maio de 2026, por meio da consulta de artigos, publicações técnicas e conteúdos disponíveis em plataformas de pesquisa acadêmica, como o Google Acadêmico, além de informações obtidas em sites institucionais e especializados relacionados à Indústria 4.0, às empresas de pequeno porte e ao setor metalúrgico.

Além disso, foi realizado um estudo de caso durante o período de março a maio de 2026 em uma empresa de pequeno porte do setor metalúrgico situada em Mauá no condomínio Acibam, atua na fabricação de peças metálicas sob encomenda para diversos setores industriais. De acordo com Yin (2015), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa utilizada para investigar fenômenos contemporâneos em seu contexto real, permitindo uma análise detalhada das características e condições observadas. Por meio dessa abordagem, foi possível analisar os processos da empresa, identificar seu nível de automação e avaliar sua aderência aos conceitos da Indústria 4.0.

2.2.1 Estudo de caso - X METALÚRGICA

A X Metalúrgica é uma empresa de pequeno porte do setor metalúrgico, atuando na fabricação de peças metálicas sob encomenda para diversos setores industriais. A empresa pode ser classificada como Empresa de Pequeno Porte (EPP), conforme a Lei Complementar nº 123, de 14/12/2006, devido ao seu faturamento e estrutura organizacional.

Para a realização do estudo de caso, foram levantadas informações sobre os processos produtivos e administrativos da empresa. Os dados foram obtidos por meio da observação dos processos internos, análise das atividades desenvolvidas nos setores e levantamento das tecnologias empregadas na rotina da organização. As informações coletadas serviram de base para a elaboração dos quadros e análises apresentadas neste trabalho

A empresa possui setores como:

- PCP (Planejamento e Controle da Produção)
- Compras
- Corte a laser
- Dobra
- Usinagem
- Solda
- Montagem
- Expedição

O processo produtivo inicia-se com o recebimento do desenho técnico do cliente, seguido pelo desenvolvimento do projeto, planejamento da produção, separação de materiais, fabricação das peças e envio ao cliente. Para facilitar a visualização dessas etapas, a figura 4 apresenta o fluxo simplificado do processo produtivo da empresa analisada.

Figura 4 – Fluxo do processo produtivo da empresa estudada



Fonte: X-Metalúrgica, fluxograma gerado por ChatGPT (OpenAI) em 11 de junho de 2026

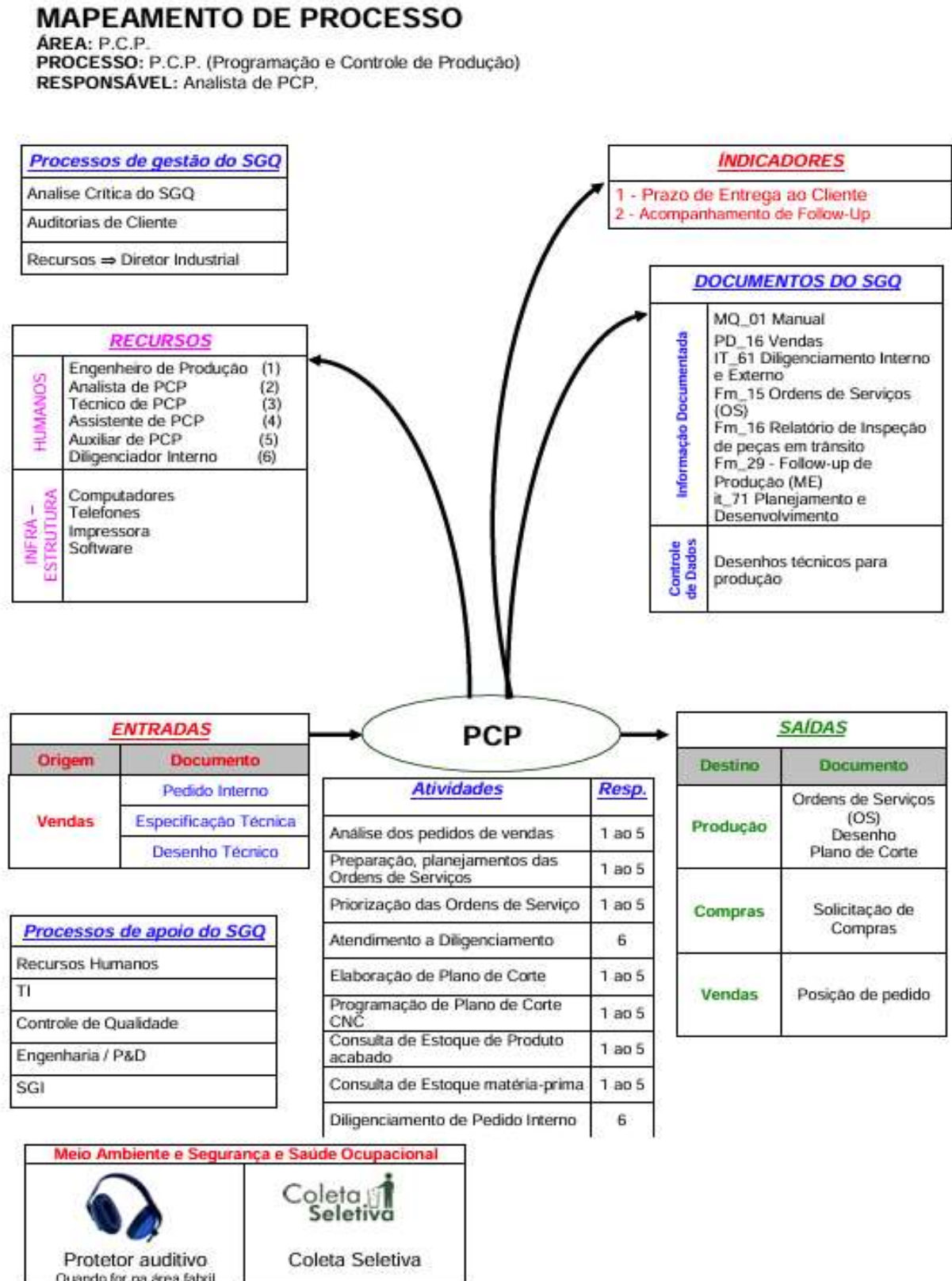
2.2.2 Processo produtivo/ Processo do PCP

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é responsável pelo planejamento das ordens de produção, controle de materiais, acompanhamento da fabricação e cumprimento dos prazos de entrega. O PCP possui papel fundamental na organização do processo produtivo, pois realiza a ligação entre os setores de projetos, compras, produção e expedição.

Na empresa estudada, o processo do PCP inicia-se com o recebimento do desenho técnico enviado pelo cliente. Em seguida, é realizado o desenvolvimento do projeto, cadastro do produto, elaboração da lista de materiais e verificação de estoque.

Caso não haja material disponível, é realizada a solicitação de compra. Após a chegada da matéria-prima, é feita a programação da produção, incluindo corte a laser, dobra, usinagem, solda e montagem. Por fim, o produto passa pela inspeção e é enviado para a expedição. A figura 5 apresenta o mapeamento do processo do PCP da empresa X Metalúrgica, demonstrando o fluxo de informações e materiais desde o recebimento do pedido até a expedição do produto.

Figura 5 – Mapeamento do processo do PCP



MAPEAMENTO DE PROCESSO MP-004 -REV. 06 DE 01/06/2022 Emissão 22-12-03

Fonte: Indústria Metalúrgica Ltda,2022

2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos por meio do estudo de caso realizado na X Metalúrgica. A análise tem como objetivo identificar o nível de automação existente na empresa e avaliar sua aderência aos conceitos da Indústria 4.0, considerando os processos produtivos e administrativos observados durante a pesquisa.

2.3.1 Situação Atual em Relação à Indústria 4.0

Ao analisar a empresa, observa-se que o nível de implementação de tecnologias da Indústria 4.0 ainda é inicial. Alguns processos ainda são realizados de forma manual ou com pouca integração entre setores. Foram identificadas as seguintes características:

- Uso de planilhas para controle de produção
- Falta de integração entre PCP, compras e produção
- Programação de máquinas feita separadamente
- Falta de monitoramento de produção em tempo real
- Controle de estoque parcialmente manual
- Falta de indicadores de produção
- Comunicação entre setores não integrada em sistema único

2.3.2 Análise do Nível de Automação dos Setores

Para avaliar o nível de automação dos setores da empresa X Metalúrgica, foi utilizada uma escala de 0 a 10, onde 0 representa processos totalmente manuais e 10 representa processos totalmente automatizados e integrados a sistemas informatizados.

A avaliação foi realizada com base na observação dos processos internos da empresa, considerando fatores como utilização de máquinas automatizadas, uso de softwares, integração entre setores, controle de dados e necessidade de

intervenção manual nas atividades. O quadro 3 apresenta a escala utilizada para classificação do nível de automação.

Quadro 3 – Escala de nível de automação

Nível	Classificação
0	Processo totalmente manual
1 a 3	Baixa automação
4 a 6	Média automação
7 a 8	Alta automação
9 a 10	Automação muito alta

Fonte: Beatriz, Larissa e Matheus (2026)

Com base nesses critérios, foi realizada a análise dos principais setores da empresa, conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4 – Nível de automação por setor

Setor	Descrição	Nível de automação (0 a 10)
Projetos	Uso de software CAD para desenvolvimento de desenhos técnicos	6
PCP	Planejamento e controle realizados em planilhas	3
Compras	Processos manuais e comunicação direta com fornecedores	3
Corte a laser	Máquina CNC automatizada	9
Dobra	Dobradeira com comando CNC	6
Usinagem	Máquinas CNC com programação manual	7
Solda	Processo predominantemente manual	3
Montagem	Processo Manual	2
Estoque	Controle manual ou parcialmente informatizado	2
Expedição	Processo manual	2

Fonte: Beatriz, Larissa e Matheus (2026)

Os resultados obtidos demonstram que a empresa apresenta um baixo nível de aderência aos conceitos da Indústria 4.0. Embora possua equipamentos automatizados, como máquinas CNC nos setores de corte a laser, dobra e usinagem, essas tecnologias estão associadas principalmente aos princípios da Indústria 3.0. Observa-se que os processos de PCP, compras, estoque, expedição e parte das atividades produtivas ainda são realizados de forma manual ou com reduzido nível de digitalização. Além disso, não foram identificadas tecnologias características da Indústria 4.0, como Internet das Coisas (IoT), integração de sistemas, monitoramento em tempo real, análise de dados ou computação em nuvem.

O controle de estoque é uma atividade fundamental para o planejamento e acompanhamento da produção. Na empresa analisada, esse processo é realizado por meio de planilhas eletrônicas utilizadas para registrar as entradas, saídas e saldos das chapas metálicas. A figura 6 apresenta um exemplo da planilha utilizada pela empresa para o controle de estoque.

Figura 6 – Planilha de controle de estoque de chapas metálicas X-Metalúrgica

ID	DESCRIÇÃO	ENTRADAS (Kg.)	SAÍDAS (Kg.)	SALDO (Kg.)
0013	CHAPA 5/8" (15,9mm) - A36	0,0	0,0	0,0
0014	CHAPA 5/8" (15,9mm) - A572	10.302,0	10.302,0	0,0
0015	CHAPA 3/4" (19mm) - A36	4.882,0	0,0	4.882,0
0016	CHAPA 3/4" (19mm) - A572	0,0	0,0	0,0
0017	CHAPA 7/8" (22,23mm) - A36	0,0	0,0	0,0
0018	CHAPA 7/8" (22,23mm) - A572	0,0	0,0	0,0
0019	CHAPA 1" (25,4mm) - A36	0,0	0,0	0,0
0020	CHAPA 1" (25,4mm) - A572	0,0	0,0	0,0
0021	CHAPA 12 (2,5mm) - A36	119.540,0	117.379,0	2.161,0
0022	CHAPA 14 (2mm) - A36	91.399,0	84.036,9	7.362,1
0023	CHAPA 16 (1,6mm) - A36	11.113,0	0,0	11.113,0
0024	CHAPA 18 (1,25mm) - A36	2.814,0	2.245,0	569,0
0025	CHAPA 20 (0,9mm) - A36	128,0	128,0	0,0
0026	CHAPA 14 (2mm) - INOX 316L - 5/64	172,0	115,0	57,0

Fonte: X-Metalúrgica, (2026).

2.3.3 Análise Comparativa: Situação Atual x Indústria 4.0

A implementação de tecnologias da Indústria 4.0 pode promover melhorias significativas nos processos da empresa, principalmente na integração de informações, controle da produção e tomada de decisão.

O quadro 5 apresenta uma comparação entre a situação atual da empresa e uma possível situação futura com a aplicação de conceitos da Indústria 4.0.

Quadro 5 – Situação atual x Indústria 4.0

Área	Situação atual	Situação com Indústria 4.0
PCP	Controle em planilhas	Sistema ERP integrado
Estoque	Controle manual	Sistema de estoque digital
Compras	Processo manual	Sistema integrado
Programação CNC	Programação manual	Integração com sistemas CAD/CAM
Controle de produção	Programação manual	Indicadores de desempenho (KPIs)
Comunicação	E-mail e comunicação informal	Sistema integrado
Armazenamento de dados	Limitado	Banco de dados em nuvem

Fonte: Beatriz, Larissa e Matheus (2026)

A partir da análise do quadro 5 verifica-se que a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 pode proporcionar maior integração entre os setores, melhoria no controle da produção e maior eficiência operacional. A utilização de sistemas integrados, como ERP, e o monitoramento em tempo real das atividades produtivas podem reduzir falhas, melhorar o planejamento e aumentar a competitividade da empresa.

2.3.4 Desafios para Implementação da Indústria 4.0

A implementação da Indústria 4.0 nas pequenas empresas metalúrgicas representa um grande desafio, especialmente devido às limitações estruturais, financeiras e organizacionais típicas desse segmento. A análise realizada no estudo de caso da X Metalúrgica, aliada à revisão bibliográfica, permitiu identificar os principais entraves enfrentados por essas organizações.

Os principais desafios identificados:

- Investimento em tecnologia
- A implementação de sistemas ERP, sensores, automação e integração de

máquinas exigem investimento financeiro, o que pode ser um desafio para pequenas empresas.

- Mão de obra qualificada

Necessidades da empresa em conhecimentos:

- Programação CNC
- Automação industrial
- Sistemas ERP
- Planejamento de produção
- Tecnologia da informação
- Integração de setores

Os setores da empresa ainda trabalham com sistemas separados, dificultando o fluxo de informações.

- Mudança cultural: A implementação de novas tecnologias exige treinamento e adaptação dos funcionários.
- Infraestrutura tecnológica: A empresa ainda não possui sistemas totalmente integrados nem monitoramento digital da produção.

2.3.5 Propostas de Implementação da Indústria 4.0

Para melhorar o nível tecnológico da empresa, são propostas as seguintes melhorias:

- Implantação de sistema ERP integrado
- Digitalização das ordens de produção
- Integração entre PCP, compras e produção
- Monitoramento de máquinas em tempo real
- Implantação de indicadores de produção (KPIs)
- Controle de estoque digital
- Planejamento de produção automatizado
- Treinamento de funcionários

- Armazenamento de dados em nuvem
- Uso de softwares de programação CNC integrados

2.3.6 Resultados esperados

Com a implementação dessas melhorias, espera-se:

- Aumento da produtividade
- Redução de desperdícios
- Melhor controle de prazos
- Redução de retrabalho
- Melhor planejamento da produção
- Melhor controle de estoque
- Integração entre setores
- Maior competitividade da empresa
- Melhor tomada de decisão baseada em dados

A digitalização dos processos produtivos pode transformar a empresa em uma organização mais eficiente e competitiva.

2.3.7 Análise do Nível de Maturidade em Relação à Indústria 4.0

A análise realizada na X Metalúrgica permitiu identificar que a empresa ainda não apresenta uma implementação efetiva dos conceitos da Indústria 4.0. Embora alguns setores utilizem equipamentos automatizados, como máquinas CNC nos processos de corte a laser, dobra e usinagem, essas tecnologias estão associadas principalmente aos conceitos da Indústria 3.0, caracterizados pela automação de máquinas e pelo uso de sistemas computadorizados isolados.

Observou-se que diversos processos administrativos e de controle, como PCP, compras, estoque e expedição, ainda são executados de forma manual ou por meio de ferramentas básicas, como planilhas eletrônicas. Além disso, não foram

identificadas tecnologias típicas da Indústria 4.0, como Internet das Coisas (IoT), integração de sistemas, monitoramento em tempo real, computação em nuvem, Big Data ou inteligência artificial.

Dessa forma, conclui-se que a empresa possui uma base inicial de automação industrial, porém apresenta baixo nível de maturidade em relação à Indústria 4.0. Apesar disso, a existência de equipamentos CNC e de softwares utilizados em alguns setores pode facilitar futuras iniciativas de modernização e transformação digital.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Indústria 4.0 representa uma grande transformação no setor industrial, baseada na digitalização dos processos produtivos, automação industrial, integração de sistemas e utilização de tecnologias como Internet das Coisas, Big Data, computação em nuvem e inteligência artificial. Essa nova revolução industrial tem como principal objetivo tornar as empresas mais eficientes, produtivas e competitivas no mercado.

Ao longo deste trabalho, foi possível compreender os conceitos da Indústria 4.0, suas principais tecnologias, benefícios e impactos no mercado de trabalho. Também foram abordadas as características das empresas de pequeno porte e os desafios enfrentados por essas organizações na busca por modernização e aumento da competitividade. Observou-se que as pequenas empresas possuem grande importância para a economia brasileira, sendo responsáveis pela geração de empregos e pelo desenvolvimento econômico.

Entretanto, verificou-se que a implementação da Indústria 4.0 nas pequenas empresas ainda enfrenta diversos desafios, como o alto custo de investimento em tecnologia, a falta de mão de obra qualificada, a infraestrutura tecnológica limitada, a resistência à mudança organizacional e a falta de planejamento estratégico para inovação tecnológica.

Por meio do estudo de caso realizado na empresa X metalúrgica, foi possível analisar na prática a realidade de uma empresa de pequeno porte do setor metalúrgico. Observou-se que a empresa já possui alguns processos automatizados, como corte a laser e usinagem CNC, porém ainda apresenta baixo

nível de integração digital entre os setores, utilização de planilhas para controle de produção, controle de estoque parcialmente manual e ausência de sistemas integrados de gestão.

Com base na análise realizada, foram propostas melhorias relacionadas à implementação de conceitos da Indústria 4.0, como a implantação de sistemas ERP, digitalização das ordens de produção, integração entre os setores de PCP, compras e produção, monitoramento de máquinas em tempo real, utilização de indicadores de desempenho e treinamento de funcionários para utilização de novas tecnologias.

Conclui-se que a implementação da Indústria 4.0 em pequenas empresas não ocorre de forma imediata, mas sim de maneira gradual, exigindo planejamento, investimento em tecnologia, capacitação profissional e mudança cultural dentro da organização. Apesar dos desafios, a Indústria 4.0 representa uma grande oportunidade de crescimento e aumento de competitividade para pequenas empresas, permitindo melhoria da produtividade, redução de custos, melhor controle da produção e maior eficiência operacional.

Dessa forma, pode-se afirmar que a implementação da Indústria 4.0 nas pequenas empresas é um processo necessário para que essas organizações se mantenham competitivas no mercado atual, sendo fundamental o investimento em tecnologia, inovação e qualificação profissional para acompanhar as mudanças da indústria moderna.

REFERÊNCIAS

- BIOLUB. **O que é uma empresa metalúrgica?** Disponível em: <https://biolub.com.br/blog/empresa-metalurgica/>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- BRUSON METALÚRGICA. Sobre a Bruson. **Araucária**, 2026. Disponível em: <https://bruson.com.br/sobre-a-bruson/>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- CÉSAR, Paulo. **O que é usinagem:** Alusolda Brasil, 13 jan. 2022. Disponível em: <https://alusolda.com.br/o-que-e-usinagem/>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Quais os benefícios da indústria 4.0?** Brasília, DF: Portal da Indústria. Disponível em: https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 30 mar. 2026.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). **Sondagem especial: Indústria 4.0. Fortaleza:** Observatório da Indústria, 2021. Disponível em: https://arquivos.sfiec.org.br/sfiec/files/files/Sondagem-Especial_Ind40_VF.pdf. Acesso em: 31 mar. 2026.
- GULARTE, Charles. **O que é EPP (empresa de pequeno porte).** Disponível em: https://www.contabilizei.com.br/contabilidade-online/o-que-e-epp-saiba-tudo/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 30 mar. 2026.
- KASSAI, Silvia. As empresas de pequeno porte e a contabilidade. **Caderno de Estudos**, São Paulo, v. 15, n. 15, p. 1-20, jun. 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cest/a/wBJnrmsT7mHtqz3QyvSdKFr/>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- LIMA, Kaio Oliveira dos Santos. **Desafios e oportunidades na Indústria 4.0 para micro e pequenas empresas no Brasil. 2023.** Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Administração) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Etec de Poá, Poá, 2023. Disponível em: http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/16342/1/tecnicoemadministracao_2023_2_kaiooliveiradossantoslima_desafioseoportunidadesnaindustria4.0paramicroepequenasempresasnobrasil.pdf. Acesso em: 20 mar. 2026.
- MACHADO, Laura Antonia Lima; ROMÃO JÚNIOR, José Marcos; ANTUNES NETO, Joaquim M. F.; BORRACINI, Paula Renata Goulart Monteiro. Desafios e soluções para a escassez de mão de obra qualificada: uma análise contemporânea e perspectivas futuras. **Prospectus**, Itapira, v. 6, n. 2, p. 417-439, jul./dez.2024. Disponível em: <https://www.prospectus.fatecitapira.edu.br/index.php/pst/article/view/260/206>. Acesso em: 20 mar. 2026.
- MATOS, Jhonata de Souza. *A Indústria 4.0 na economia brasileira: seus benefícios, impactos e desafios*. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23894>. Acesso em: 15

mar. 2026.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Anuário do Setor Metalúrgico. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

OSINSKI, Patrick. **O que é Indústria 4.0?** 2026. Disponível em: <https://www.patrickosinski.com/blog/o-que-e-industria-4-0>. Acesso em: 15 mar. 2026.

PEDRAZZI, Diogo Roberto; VIEIRA, Saulo Fabiano Amâncio. O processo de tomada de decisão de investimentos de capital nas micro, pequenas e médias empresas: um estudo de caso do setor metalúrgico de Londrina-PR. **Facesi em Revista**, ano 1, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2009.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2019.

SEBRAE. **Qual o papel da indústria metalúrgica**. Disponível em: <https://sebraepr.com.br/comunidade/artigo/sebrae-em-dados-metalurgicas>. Acesso em: 15 mar. 2026.

STOETERAU, Rodrigo Lima. PMR2202 – Aula RS1. São Paulo: **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, 2022.

TOTVS. **Indústria 4.0: pilares, tecnologias, impactos e desafios**. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-4-0/>. Acesso em: 31 mar. 2026.

VAZ, Renata. **Indústria 4.0: veja o que é, tecnologias e como implementar** Disponível em: <https://www.docuSign.com/pt-br/blog/industria-40>. Acesso em: 15 mar. 2026.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.