



**Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia
de Produção (SAEPRO) da EEL-USP**

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

**Mapeamento da Cadeia de Suprimentos Aeronáutica no Brasil:
Tecnologias 4.0 na Gestão de Riscos**

**Me. João Rodolfo de Oliveira Rosa / Prof. Dr Lúcio Garcia Veraldo Júnior / Prof.
Dr Álvaro Luiz Fazenda**

Universidade Federal de São Paulo (rodolfo.rosa@unifesp.br)

Prof. Dr Lúcio Garcia Veraldo Júnior

Universidade Federal de São Paulo (lucio.veraldo@infinityacademy3d.com.br)

Prof. Dr Álvaro Luiz Fazenda

Universidade Federal de São Paulo (alvaro.fazenda@unifesp.br)

Resumo

Este trabalho tem como objetivo mapear a cadeia de suprimentos aeronáutica brasileira, com foco no cluster aeroespacial liderado pela EMBRAER, identificando seus principais riscos e explorando soluções baseadas nas tecnologias da Indústria 4.0 para aumentar a resiliência e a eficiência operacional. A pesquisa, de natureza qualitativa, baseou-se na análise de documentos públicos, artigos científicos, relatórios governamentais e materiais disponibilizados pela EMBRAER. Foram identificados riscos como a dependência de fornecedores internacionais, a dispersão geográfica e os desafios de qualidade, que impactam a complexidade da cadeia. As tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, gêmeos digitais e integração de sistemas, mostraram-se fundamentais para mitigar esses riscos, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real, a visualização completa da cadeia



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

e a colaboração entre os diferentes atores. Além disso, o estudo destaca a importância de iniciativas como o programa ONEChain, implementado pela EMBRAER, para a gestão avançada da cadeia de suprimentos. Conclui-se que a adoção dessas tecnologias pode fortalecer a resiliência da cadeia, embora desafios como a integração de fornecedores de pequeno e médio porte e a cibersegurança ainda precisem ser superados.

Palavras-chave: Cadeia de Suprimentos, Indústria Aeronáutica, Gestão de Riscos, Indústria 4.0

Abstract

This work aims to map the Brazilian aeronautical supply chain, focusing on the aerospace cluster led by EMBRAER, identifying its main risks, and exploring solutions based on Industry 4.0 technologies to increase resilience and operational efficiency. The research, of a qualitative nature, is based on the analysis of public documents, scientific articles, government reports, and materials made available by EMBRAER. Risks were identified such as dependence on international suppliers, geographic dispersion, and quality challenges, which impact the chain's complexity. Industry 4.0 technologies, such as IoT, dual digital, and systems integration, proved to be fundamental in mitigating these risks, allowing the collection and analysis of data in real-time, complete visualization of the chain, and collaboration between different actors. Furthermore, the study highlights the importance of initiatives such as the ONEChain program, implemented by EMBRAER, for advanced supply chain management. It is concluded that the adoption of these technologies can strengthen the resilience of the chain, However, challenges such as the integration of small and medium-sized suppliers and cybersecurity still need to be overcome.

Keywords: Cadeia de Suprimentos, Indústria Aeronáutica, Gestão de Riscos, Indústria 4.0



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa uma posição de destaque no cenário aeroespacial global, abrigando o maior polo industrial de defesa e aviação da América Latina, com a EMBRAER como sua principal protagonista. Localizado majoritariamente em São José dos Campos, no estado de São Paulo, o cluster aeroespacial brasileiro é composto por 94 empresas, das quais 60% estão concentradas naquela região. Com um faturamento anual estimado em 7 bilhões de dólares e a geração de aproximadamente 23 mil empregos diretos, o setor abrange áreas como consultoria, defesa e segurança, engenharia, manufatura e serviços especializados (AGÊNCIA PAULISTA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTOS E COMPETITIVIDADE, 2013). Esse ecossistema desempenha um papel estratégico não apenas para a economia nacional, mas também para a competitividade do país no mercado global de aviação.

A complexidade da cadeia de suprimentos aeronáutica, no entanto, representa um desafio significativo. Caracterizada pela alta intensidade tecnológica de seus produtos e pela dinâmica de interação entre as empresas — frequentemente baseada em parcerias de risco —, a cadeia de suprimentos do setor enfrenta obstáculos como a dispersão geográfica dos fornecedores, a dependência de componentes internacionais e os rigorosos padrões de qualidade e segurança exigidos (LOPES GUERRA, 2011). Esses fatores tornam a gestão eficiente da cadeia de suprimentos um diferencial competitivo crucial, especialmente em um cenário global marcado por incertezas e disrupções.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo principal mapear a cadeia de suprimentos do cluster aeroespacial brasileiro, com foco na EMBRAER, e investigar como as tecnologias da Indústria 4.0 podem ser aplicadas para aumentar a resiliência e a eficiência operacional. Para isso, os objetivos específicos incluem:

1. identificar as características e os principais riscos da cadeia de suprimentos aeronáutica;



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

2. analisar o potencial de tecnologias como IoT, gêmeos digitais e integração de sistemas para mitigar esses riscos; e
3. explorar iniciativas como o programa ONEChain, implementado pela EMBRAER, como exemplo de aplicação prática dessas tecnologias.

A Indústria 4.0, termo associado à Quarta Revolução Industrial, representa uma transformação profunda na forma como os processos industriais são conduzidos. Baseada na integração do físico e do digital em um ciclo contínuo — conhecido como físico-digital-físico —, a Indústria 4.0 utiliza tecnologias emergentes como manufatura aditiva, análise avançada de dados, inteligência artificial, blockchain, IoT (sigla para a expressão inglesa Internet of Things) e gêmeos digitais para otimizar operações e aumentar a competitividade (HUSSAIN et al., 2019). No setor aeronáutico, essas tecnologias têm o potencial de revolucionar a gestão da cadeia de suprimentos, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real, a visualização completa dos processos e a colaboração entre os diferentes atores envolvidos.

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, fundamentada na análise de documentos públicos, artigos científicos, relatórios governamentais e materiais disponibilizados pela EMBRAER. A relevância da pesquisa reside não apenas na compreensão da complexidade da cadeia de suprimentos aeronáutica, mas também na identificação de oportunidades para a aplicação de tecnologias inovadoras que possam fortalecer a resiliência e a competitividade do setor no cenário global.

Pode-se ainda dizer que busca-se, com este trabalho, contribuir para a economia do conhecimento ao mapear como as tecnologias da Indústria 4.0 (IoT, gêmeos digitais e ferramentas para integração de sistemas) podem transformar a cadeia de suprimentos aeronáutica, gerando aprendizados críticos sobre digitalização, capacitação de fornecedores locais e resiliência em setores estratégicos. Espera-se, com os resultados oferecer subsídios para políticas de CT&I, ao identificar lacunas tecnológicas e propor ações para reduzir a dependência de insumos estrangeiros, fortalecer parcerias universidade-empresa e alinhar iniciativas como o programa ONEChain da EMBRAER



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

com as metas do plano Nova Indústria Brasil (2024-2026). Ao conectar inovação tecnológica, desenvolvimento industrial e políticas públicas, esta pesquisa posiciona-se como uma ferramenta para a tomada de decisão no setor aeroespacial, destacando o papel do Brasil como um caso emblemático de como economias em desenvolvimento podem enfrentar desafios globais por meio da inovação sistêmica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CADEIAS DE SUPRIMENTOS NO SETOR AERONÁUTICO

Compreender o conceito de programa, oriundo do domínio de gerenciamento de projetos, é fundamental para o entendimento da dinâmica da indústria aeronáutica. Um programa pode ser definido como um “grupo de projetos relacionados gerenciados de forma coordenada para alcançar benefícios e controle que não seriam possíveis se os projetos fossem gerenciados isoladamente” (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008). Na indústria aeronáutica, de acordo com Lopes Guerra (2011), o termo se refere frequentemente a uma família de aeronaves que compartilham uma mesma plataforma. Um exemplo é o programa da Embraer Defesa & Segurança voltado para o desenvolvimento de um avião de transporte militar multimissão, que culminou na concepção e fabricação da aeronave C-390 Millennium (EMBRAER, 2023).

Uma vez introduzido o conceito de programa, faz-se necessária a compreensão da expressão “parceria de risco”, diretamente relacionada à cadeia de suprimentos aeronáutica. Trata-se de uma aliança estratégica na qual parte do projeto e da produção de um componente importante do programa é de responsabilidade da empresa parceira, sendo que os riscos, assim como os ganhos, do programa são compartilhados (LOPES GUERRA, 2011). Compreende-se a necessidade das “parcerias de risco” ao considerar, por exemplo, os custos relacionados ao desenvolvimento do programa 787, da empresa Boeing, que excederam 10 bilhões de dólares (SCHMUCK, 2021).

Um exemplo dessa parceria é a participação do Grupo AKAER no projeto e produção dos spoilers, fuselagem dianteira, cone de cauda e empenagem vertical da aeronave C-390. Como apontado por Montoro e Migon (2009), as parcerias de risco são decisivas para a



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

escolha dos fornecedores e, conseqüentemente, para a definição do grau de nacionalização dos componentes das aeronaves.

No caso específico da EMBRAER, 80% dos custos de produção de uma aeronave são atribuídos a materiais e equipamentos adquiridos de seus fornecedores, o que torna a gestão eficiente de sua cadeia de suprimentos um diferencial competitivo significativo (EMBRAER, 2007 apud LOPES GUERRA, 2011). Essa cadeia de suprimentos é altamente complexa e, ao longo do tempo, passou por um processo de desverticalização e internacionalização, com a expansão de seus fluxos de investimentos comerciais e tecnológicos. A empresa também se concentrou em fortalecer suas competências centrais (BERNARDES, 2003 apud MONTORO e MIGON, 2009). A complexidade da cadeia de suprimentos da EMBRAER se manifesta nas diversas camadas que a integram, abrangendo desde a fabricação de componentes e subsistemas até a integração desses sistemas e a montagem das aeronaves, incluindo também os serviços ao cliente e a utilização final do produto.

Além disso, é fundamental considerar as barreiras de entrada no setor, especialmente para os itens mais sofisticados. Os componentes de uma aeronave possuem alta complexidade tecnológica e requerem rigorosas certificações de segurança, o que resulta em um número limitado de fornecedores. No caso da EMBRAER, foram identificados 42 fornecedores nacionais qualificados, sem incluir suas alianças estratégicas (EMBRAER, 2024a). Montoro e Migon (2009) destacam que esses fornecedores têm uma elevada dependência comercial da EMBRAER e que a empresa desempenha um papel ativo em seu processo de qualificação para atender às exigências da indústria aeronáutica.

O desafio de integrar a cadeia de suprimentos aeronáutica, considerando a sofisticação tecnológica dos itens e os rigorosos requisitos de qualidade, também se manifesta na empresa Boeing. Em resposta a essas complexidades, a Boeing criou, em 2008, o Centro de Produção Integrado, com o objetivo de monitorar a cadeia de suprimentos relacionada ao programa 787 Dreamliner. Além disso, a empresa implementou a prática de enviar seus profissionais para acompanhar de perto as operações de diversos fornecedores,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

garantindo maior controle e alinhamento dos processos. Essa iniciativa destaca a importância de uma gestão próxima e colaborativa em cadeias de suprimentos altamente complexas, como as do setor aeronáutico. (SCHMUCK, 2021).

Dada a complexidade de sua cadeia de suprimentos, em 2024 a EMBRAER concluiu a implementação de uma plataforma de gestão avançada que fornece, em tempo real, dados sobre suas operações logísticas: o programa ONEChain, desenvolvido pela multinacional de tecnologia SAP. De acordo com o Vice-Presidente Executivo de Compras Globais e Suprimentos da empresa, o sistema permite integrar “todas as operações com nossos fornecedores e parceiros em uma única plataforma, viabilizando o gerenciamento das operações em tempo real” (EMBRAER, 2024b).

2.2. GERENCIAMENTO DE RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Parte dos riscos associados à cadeia de suprimentos decorre de iniciativas implementadas pelas organizações a partir dos anos 1990, que contribuíram para torná-las mais extensas e complexas, conforme Tang e Tomlin (2008) apud Lopes Guerra et al. (2024). Essa complexidade, característica marcante das cadeias de suprimentos aeronáuticas, é intensificada pela forte internacionalização, que resulta em cadeias significativamente mais longas e desafiadoras de gerenciar.

A definição de gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos adotada neste trabalho é a apresentada por Fan e Stevenson (2018) apud Lopes Guerra et al. (2024), que caracteriza o processo como a gestão de riscos por meio do uso de ferramentas internas, estratégias e colaboração com as demais organizações da cadeia. Segundo os autores, o objetivo principal desse gerenciamento é reduzir a vulnerabilidade da cadeia, assegurando a continuidade dos negócios e a lucratividade, além de proporcionar uma vantagem competitiva sustentável.

Essa definição se mostra especialmente adequada neste contexto, pois considera que as tecnologias associadas à Indústria 4.0 abrangem tanto as ferramentas internas quanto a facilitação da colaboração entre os participantes da cadeia de suprimentos. Como



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

mencionado anteriormente, a gestão eficiente da cadeia de suprimentos é considerada um diferencial competitivo para a EMBRAER, alinhando-se diretamente à perspectiva apresentada na definição adotada.

As cadeias de suprimentos enfrentam uma série de desafios que podem levar a disrupções severas, impactando diretamente suas operações e a continuidade dos negócios. Eventos históricos ilustram essas vulnerabilidades, como a pandemia de COVID-19, que afetou diversas indústrias em escala global, além de desastres naturais, como o furacão Katrina, que devastou os Estados Unidos em 2005, e o tsunami que atingiu o Japão em 2011. Ivanov e Dolgui (2020) analisam esses acontecimentos e ressaltam como as cadeias de suprimentos podem ser significativamente impactadas. A resiliência de uma cadeia de suprimentos dá-se pela sua capacidade de superar tais desafios.

No caso específico das cadeias aeronáuticas, por sua ligação estratégica à defesa nacional, elas estão ainda mais expostas a riscos relacionados a sanções políticas, econômicas e geopolíticas, como conflitos militares.

Lopes Guerra et al. (2024), com base na análise de diversos autores, identificaram riscos relacionados às cadeias de suprimento e alguns deles remetem diretamente ao setor aeronáutico:

Dependência excessiva dos principais fornecedores: devido às barreiras de entrada no setor e ao reduzido número de fornecedores para itens tecnologicamente complexos;

Dispersão geográfica e a grande distância entre as organizações industriais e seus fornecedores: problemas como atrasos ou danos aos insumos durante o transporte, dificuldade de comunicação e acesso físico aos fornecedores podem comprometer a eficiência da cadeia. Segundo Richardson (2025), a cadeia de suprimentos da EMBRAER envolve uma extensa rede de fornecedores distribuída por mais de 60 países;

Riscos de qualidade: a elevada complexidade e as rigorosas exigências de segurança dos produtos aeronáuticos tornam a qualidade dos componentes, subsistemas e sistemas um fator crítico, com impactos diretos na confiabilidade da cadeia;

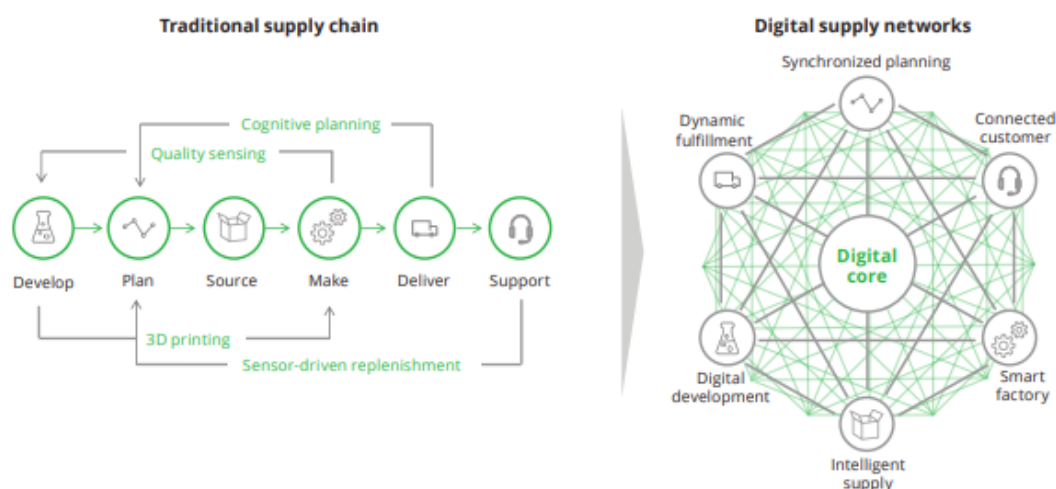
Atrasos e interrupções: quaisquer problemas enfrentados pelos fornecedores podem causar atrasos ou até interrupções no fornecimento de insumos essenciais, impactando significativamente os cronogramas e a produção das empresas.

Deve ser destacado, por fim, que o objetivo último do gerenciamento de risco da cadeia de suprimentos, de acordo com Colicchia e Strozzi (2012) apud Lopes Guerra et al. (2023), é tornar essa cadeia mais sólida e resiliente.

2.3. INDÚSTRIA 4.0 E SUAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS

Para atender ao objetivo deste trabalho, é essencial apresentar algumas considerações a respeito da Indústria 4.0 e suas principais tecnologias. Segundo Cotteleer e Sniderman (2017), a Indústria 4.0 transforma a gestão organizacional ao possibilitar o acesso e a análise de dados em tempo real. Esses dados, provenientes do ambiente físico, são coletados de diferentes fontes e localidades, sendo processados e analisados no ambiente digital para orientar decisões em diversos níveis, desde operacionais até estratégicos. Importante destacar que não se trata de um fluxo linear de dados e informações, mas de um sistema aberto, interconectado e colaborativo. A Figura 1, extraída de Cotteleer e Sniderman (2017), ilustra essas características e diferenciações.

Figura 1 - Cadeia de Suprimento Tradicional e Rede Digital de Cadeia de Suprimentos





Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Dentre os grandes benefícios da Indústria 4.0, destaca-se a capacidade de promover tanto a integração vertical, que facilita a colaboração e a troca de informações entre os diferentes níveis hierárquicos de uma mesma organização, quanto a integração horizontal, que permite a conexão entre diferentes organizações dentro de uma mesma cadeia de valor. Além disso, a Indústria 4.0 possibilita que o planejamento da produção seja realizado com base em dados obtidos em tempo real, em contraste com o planejamento tradicional, que depende essencialmente de previsões e estimativas (TUPA; SIMOTA; STEINER, 2017).

A indústria 4.0 representa um novo paradigma tecnológico que integra múltiplos avanços capazes de transformar processos produtivos e organizacionais. Entre as principais tecnologias que compõem esse conceito estão a manufatura aditiva, análise avançada de dados, automação cognitiva, robótica avançada, inteligência artificial, blockchain, realidades virtuais, aumentada e mista (incluindo os gêmeos digitais) e a internet das coisas. Essas tecnologias, como apontado por Hussain *et al.* (2019), já demonstram impactos positivos significativos, como a redução de custos e do tempo de entrega de produtos aos clientes finais. Contudo, os autores destacam que o movimento é de transformação contínua, e identificam quatro áreas prioritárias para as empresas: agilidade no desenvolvimento de novos produtos, criação de novos modelos de negócio, maior colaboração na cadeia de suprimentos e adaptação ao crescente desafio da cibersegurança.

É relevante acrescentar, no entanto, que a indústria 4.0 pode acrescentar novos riscos relacionados à cibersegurança à complexa cadeia de suprimento, considerando a sofisticação tecnológica e a integração com serviços externos à organização (TUPA; SIMOTA; STEINER, 2017).

Ainda, em relação aos gêmeos digitais, são simulações em tempo real que replicam o comportamento de sistemas físicos, proporcionando ganhos substanciais em visibilidade, otimização e suporte ao processo de tomada de decisão relacionado às cadeias de suprimentos (Barykin *et al.*, 2020 *apud* Sani *et al.*, 2024). Empresas líderes em seus



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

setores já utilizam essa tecnologia para tornar suas cadeias de suprimentos mais flexíveis, ágeis e resilientes diante de eventuais disrupções, conforme Oca *et al.* (2024).

3. MÉTODO

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, com o objetivo de compreender a cadeia de suprimentos aeronáutica brasileira, tomando como referência principal a EMBRAER, empresa líder no setor. Dada a sua centralidade no cenário aeroespacial nacional e global, este trabalho configura-se como um estudo de caso, estratégia metodológica que permite uma análise detalhada e contextualizada do tema. Além disso, a investigação busca explorar as possibilidades de aplicação das tecnologias associadas à indústria 4.0, visando promover a melhoria contínua e maximizar o desempenho da empresa e de seus fornecedores, com foco em ganhos de produtividade e redução de custos.

Além da complexidade inerente à indústria aeronáutica, a justificativa para esta pesquisa fundamenta-se na relevância da EMBRAER no cenário nacional. A empresa, líder mundial na fabricação de jatos com até 150 assentos, conta com mais de 19 mil colaboradores diretos, sendo 88% deles atuantes no Brasil, e registra uma receita anual superior a R\$26 bilhões (EMBRAER, 2025a e EMBRAER, 2025). Espera-se contribuir para maior compreensão da cadeia de suprimentos aeronáutica e fornecer novas perspectivas sobre a utilização de tecnologias da indústria 4.0 para torná-la mais resiliente.

As questões de pesquisa consideradas neste estudo são:

- Quais as características da cadeia de suprimentos aeronáutica, particularmente no contexto do cluster aeroespacial e de defesa brasileiro?
- Quais são as tecnologias da indústria 4.0 atualmente empregadas na cadeia de suprimentos aeronáutica e de defesa para aumentar sua eficácia?
- De que maneira as tecnologias associadas à indústria 4.0 podem ser aplicadas para fortalecer a resiliência das cadeias de suprimentos e aprimorar o gerenciamento de riscos?



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

A pesquisa foi fundamentada na análise de artigos científicos, relatórios governamentais, consultorias especializadas e documentos disponibilizados pela EMBRAER, com foco nos dados voltados principalmente para investidores. Todos os documentos analisados são públicos e acessíveis online. As principais bases de dados utilizadas para os artigos científicos foram o Scholar Google e a ScienceDirect. Em relação ao Scholar Google considerou-se seu acesso aberto a uma variedade de fontes e bases de dados, já em relação à ScienceDirect considerou-se o acesso a pesquisas revisadas por pares e uma melhor compreensão dos campos interdisciplinares relacionados à cadeia de suprimentos e à Indústria 4.0. Deve-se esclarecer, contudo, que o acesso a outras bases de dados especializadas poderia ampliar o escopo e profundidade desta pesquisa.

As expressões de busca empregadas, tanto em português quanto em inglês, incluíram “cadeia de suprimentos”, “indústria aeronáutica brasileira”, “indústria 4.0” e “indústria de defesa brasileira”. Após uma leitura inicial e análise de seus conteúdos, os documentos recuperados foram selecionados com base em critérios como relevância, data de publicação (a fim de assegurar a atualidade da pesquisa), confiabilidade das fontes e alinhamento com os objetivos da pesquisa. Os documentos após analisados foram categorizados de acordo com sua temática: cadeia de suprimentos aeronáutica, gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos e tecnologias relacionadas à indústria 4.0.

Em relação às limitações, destaca-se que, com exceção dos documentos disponibilizados pela própria empresa, a pesquisa foi fundamentada em fontes secundárias. Além disso, por tratar-se de um estudo de caso focado em uma única empresa e sua cadeia de suprimentos, os resultados obtidos não são generalizáveis para o setor aeronáutico como um todo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MAPEAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS AERONÁUTICA

A introdução do conceito de programa mostrou-se fundamental, uma vez que ele

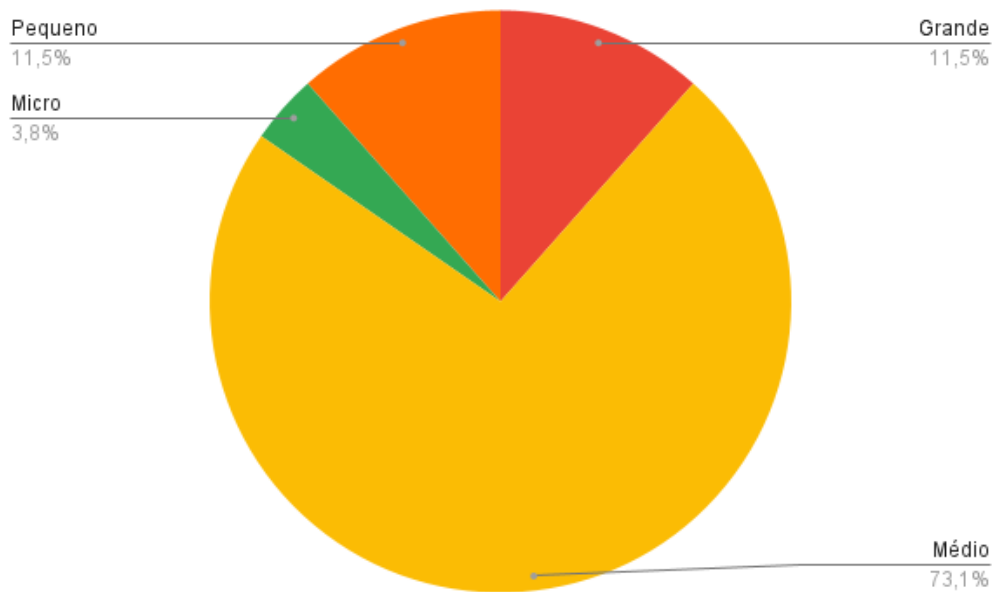
estabelece os critérios para a definição de fornecedores e, especialmente, de parcerias estratégicas. Embora não tenha sido possível identificar o número total de fornecedores, incluindo os internacionais, foram mapeadas 42 empresas no cenário nacional. A maioria delas está concentrada no estado de São Paulo, sendo 12 em São José dos Campos e apenas uma localizada no Rio Grande do Sul, conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2 - Fornecedores nacionais qualificados por localização



Das 42 empresas qualificadas que compõem a base nacional da cadeia de suprimentos, foi possível classificar 27 delas quanto ao porte, utilizando informações obtidas na plataforma ECONODATA (2025). Vale destacar que duas dessas entradas correspondem à mesma empresa: a matriz localizada em Jambeiro e sua filial em Botucatu, resultando em 26 registros únicos para análise. A figura 3 apresenta o resultado dessa classificação.

Figura 3 - Classificação dos fornecedores qualificados nacionais quanto ao porte



A Figura 3 evidencia a capacidade da EMBRAER de integrar e gerenciar sua cadeia de suprimentos no território brasileiro, considerando que a maior parte das empresas qualificadas são de porte médio, pequeno e micro, o que indica uma predominância de fornecedores de menor porte em sua base nacional. Um caso extremo que ilustra os desafios de gerenciar fornecedores críticos ocorreu com a Boeing. Segundo Schmuck (2021), a empresa identificou a necessidade de adquirir um de seus principais fornecedores, a Vought Aircraft Industries, devido a problemas recorrentes que impactavam a eficiência e a confiabilidade de sua cadeia de suprimentos.

A análise das informações obtidas com esta pesquisa revela uma cadeia de suprimentos altamente complexa, caracterizada pela necessidade de fornecedores certificados que atendam rigorosos padrões de certificação, além de uma significativa dependência de fornecedores internacionais, distribuídos em mais de 60 países. Garantir a resiliência dessa cadeia demanda um gerenciamento altamente eficiente, baseado no planejamento da produção com dados em tempo real e estimativas confiáveis, aliado à adoção estratégica de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0.

A desverticalização da cadeia de suprimentos aeronáutica é outro aspecto relevante, pois,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

embora tenha permitido que a EMBRAER concentrasse seus esforços em suas especialidades, também aumentou a complexidade da cadeia. Parte da dependência de fornecedores estrangeiros poderia ser reduzida por meio de investimentos na base industrial brasileira. Contudo, isso exige outros fatores, como significativo aporte estatal, especialmente em financiamento, e iniciativas voltadas à capacitação da mão de obra.

Essa desverticalização da cadeia produtiva, ainda que tenha permitido à EMBRAER concentrar-se em suas competências essenciais, trouxe custos econômicos significativos, como aumento da dependência de fornecedores globais e vulnerabilidade a flutuações cambiais. Nesse contexto, a adoção de tecnologias 4.0 surge como contraponto estratégico: ao digitalizar processos e integrar dados em plataformas como o *ONEChain*, a empresa pode mitigar parte desses custos, reduzindo em até 30% os gastos com atrasos logísticos e controle de qualidade - conforme estimativas do setor (Hussain et al., 2019). Adicionalmente, a análise preditiva via gêmeos digitais permite otimizar estoques, um desafio crítico em cadeias com componentes de alto valor agregado, como as turbinas importadas que representam 40% do custo total de produção (EMBRAER, 2024a). Esses ganhos de eficiência são particularmente relevantes para o Brasil, onde a produtividade industrial ainda está 34% abaixo da média dos países da OCDE (BNDES, 2023).

4.2. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS RISCOS

A medição do estado atual do gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos para a indústria aeronáutica brasileira, conforme a abordagem proposta por Trkman et al. (2016) apud Lopes Guerra (2023), não é uma informação pública, o que representa uma limitação deste trabalho. A própria definição dos principais indicadores de risco (KRI, sigla para a expressão inglesa Key Risk Indicator) ainda trata-se de um tema em discussão, no que se refere ao seu monitoramento e a forma como podem ser utilizados para a redução de riscos.

Com base nos riscos apresentados na subseção 2.2 deste trabalho — incluindo a dependência excessiva de fornecedores estratégicos, a dispersão geográfica, a distância significativa entre as organizações industriais e seus fornecedores, além dos riscos



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

relacionados à qualidade, atrasos e interrupções nas entregas — qualquer estratégia eficaz de mitigação deve necessariamente envolver o compartilhamento de informações entre as organizações que compõem a cadeia de suprimentos, bem como a análise dessas informações de forma tempestiva.

Fayezi e Ghaderi (2021) tratam deste compartilhamento de informações como um aspecto mandatório a fim de que o gerenciamento da cadeia de suprimento assegure um reabastecimento de insumos efetivo, previsibilidade e consequentemente redução de incertezas. Especificamente relacionado ao setor aeronáutico, os autores citam o caso da empresa Boeing e o compartilhamento de informações em tempo real com a empresa fornecedora Alcoa, do setor de alumínio.

A cadeia de suprimentos aeronáutica, particularmente no cluster aeroespacial brasileiro, caracteriza-se por uma elevada complexidade devido às parcerias de risco, ao número reduzido de fornecedores nacionais qualificados e à dependência de fornecedores estrangeiros, distribuídos por cerca de 60 países. Esses fatores tornam indispensável a aplicação de conceitos de gestão de riscos, com ênfase na colaboração entre os integrantes da cadeia e no uso de ferramentas especializadas para lidar com variáveis internas e externas. Essa complexidade, contudo, não é exclusiva da indústria brasileira, como demonstra o caso da Boeing, que conta com aproximadamente 5.400 fornecedores globais. No programa 787 Dreamliner, por exemplo, a cadeia de suprimentos é composta por cerca de 2,3 milhões de peças, fornecidas por uma ampla rede global (SHAW; TAKANTI; ZULLO, 2015).

Embora não tenham sido encontrados relatórios ou estudos específicos sobre as ameaças cibernéticas à cadeia de suprimentos aeronáutica da EMBRAER que evidenciassem as melhores práticas na área, como apresentado no trabalho de Shaw, Takanti e Zullo (2015), a empresa conta com uma subsidiária dedicada à segurança digital, a Tempest Security Intelligence (EMBRAER DEFESA E SEGURANÇA, 2025). Apesar de este estudo não abordar diretamente questões relacionadas à segurança da informação, é importante destacar que tal tema representa um risco significativo para uma cadeia de suprimentos



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

extensa e que busca operar de forma integrada, envolvendo múltiplas organizações e dispositivos com acesso compartilhado.

4.3. POTENCIAL DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0

Embora não trate especificamente da Indústria 4.0, mas dos riscos inerentes à cadeia de suprimentos, Jing (2024) apresenta um conjunto de soluções que ele denomina tecnologias avançadas, as quais podem contribuir para a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos aeronáutica. Entre essas tecnologias, destacam-se a IoT para coleta de dados em tempo real, a análise de dados para predição e identificação de riscos potenciais, ferramentas de visualização para rastreamento completo da cadeia e suporte à tomada de decisão, além de tecnologias voltadas à integração de sistemas, promovendo maior colaboração entre os componentes da cadeia.

Neste trabalho, considera-se a simulação, de forma geral, e, mais especificamente, o uso de gêmeos digitais como ferramentas para visualização. No caso da EMBRAER, conforme sua apresentação institucional (EMBRAER, 2023b), a simulação tem sido utilizada desde o ano 2000, especialmente no contexto da manufatura aditiva, permitindo que todo o processo produtivo seja modelado e testado em um ambiente virtual antes de sua materialização.

Sobre as tecnologias para integração de sistemas consideram-se, neste trabalho, as API (sigla para o inglês Application Programming Interface). No contexto nacional, no qual a maior parte dos fornecedores são empresas de micro a médio porte, a disponibilização de uma API que pudesse ser utilizada por essas empresas para integrar seus sistemas de gestão contribuiria com dados relevantes e oportunos. Não foram encontrados detalhes a respeito da arquitetura e implementação da plataforma ONEChain cabendo ressaltar que a eficiente gestão de sua cadeia produtiva trata-se de um dos diferenciais competitivos da EMBRAER, não podendo assim afirmar se ele já disponibiliza essa interface.

Os resultados corroboram a perspectiva de Fagerberg (2018) sobre a não-linearidade da inovação industrial. A adoção desigual de IoT e gêmeos digitais entre fornecedores da



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

EMBRAER - concentrados em São José dos Campos (87%) versus outras regiões (13%) - reflete assimetrias nos três pilares do sistema de inovação: (i) capacitação (disponibilidade de engenheiros especializados), (ii) pressões competitivas (exigências de clientes globais) e (iii) arranjos institucionais (acesso a programas como o ONEChain). Essa análise sugere que políticas de fomento à Indústria 4.0 devem atuar simultaneamente nessas três dimensões para evitar exclusão tecnológica regional.

O maior desafio na utilização de ferramentas da Indústria 4.0 para aumentar a resiliência das cadeias de suprimentos reside na integração dos diversos fornecedores, considerando tanto a quantidade quanto o porte das empresas envolvidas. Isso dificulta que um único grande ator assuma a responsabilidade por essa integração. No caso da EMBRAER, diante dos riscos identificados em sua cadeia de suprimentos, a empresa tem promovido uma reorganização estratégica, com foco em tecnologias da Indústria 4.0, como inteligência artificial, ao mesmo tempo em que continua adotando métodos mais tradicionais, como a realocação de funcionários próximos a fornecedores de itens críticos (TEAM, 2024).

No plano social, pode-se dizer que a transformação digital da cadeia aeronáutica gera efeitos ambíguos: enquanto potencializa a qualificação da mão-de-obra no polo de São José dos Campos - onde 62% dos empregos diretos do setor exigem agora habilidades em análise de dados e operação de sistemas digitais (ECONODATA, 2025) -, também acentua desigualdades regionais. Dados do RADAR Aeroespacial (2024) mostram que apenas 12% dos fornecedores qualificados estão em estados fora do eixo SP-RJ, revelando como a concentração tecnológica pode aprofundar assimetrias territoriais. Paradoxalmente, programas de capacitação em Indústria 4.0 patrocinados pela EMBRAER já formaram 1.200 técnicos em 2023, sugerindo que políticas públicas articuladas poderiam transformar essa revolução tecnológica em vetor de inclusão produtiva.

Estes achados dialogam diretamente com dois eixos temáticos centrais da economia da inovação: a dinâmica industrial, onde a reconversão tecnológica da cadeia aeronáutica



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

ilustra como setores maduros podem reinventar seus paradigmas produtivos mediante pressões competitivas globais; e a geografia da inovação, que neste caso revela um padrão concentrado no eixo SP-RJ, contrastando com o potencial de transbordamento tecnológico para outras regiões através de políticas de descentralização. O modelo EMBRAER-ITA-São José dos Campos configura-se assim como um laboratório privilegiado para estudar os determinantes espaciais da inovação em países emergentes.

Um aspecto relevante no contexto nacional é a iniciativa Nova Indústria Brasil, lançada pelo governo federal. O documento, que estabelece um plano de ação para o biênio 2024-2026, propõe uma estratégia de neoindustrialização, com foco na transformação digital da indústria como um dos pilares para ampliar a produtividade e a competitividade do setor (BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS, 2024). A relevância desta iniciativa reside no reconhecimento da Indústria 4.0 como um nicho estratégico para o desenvolvimento industrial, aliado ao fomento financeiro e à promoção de políticas públicas que incentivem a adoção de tecnologias digitais. Um dos objetivos específicos destacados no plano é 'aumentar a produtividade da indústria brasileira por meio da incorporação de tecnologias digitais, especialmente aquelas desenvolvidas e produzidas no Brasil', reforçando a importância de investimentos em inovação e capacitação tecnológica para o setor.

4.4. POTENCIAL DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0

Embora não trate especificamente da Indústria 4.0, mas dos riscos inerentes à cadeia de suprimentos, Jing (2024) apresenta um conjunto de soluções que ele denomina tecnologias avançadas, as quais podem contribuir para a mitigação de riscos na cadeia de suprimentos aeronáutica. Entre essas tecnologias, destacam-se a IoT para coleta de dados em tempo real, a análise de dados para predição e identificação de riscos potenciais, ferramentas de visualização para rastreamento completo da cadeia e suporte à tomada de decisão, além de tecnologias voltadas à integração de sistemas, promovendo maior colaboração entre os componentes da cadeia.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Neste trabalho, considera-se a simulação, de forma geral, e, mais especificamente, o uso de gêmeos digitais como ferramentas para visualização. No caso da EMBRAER, conforme sua apresentação institucional (EMBRAER, 2023b), a simulação tem sido utilizada desde o ano 2000, especialmente no contexto da manufatura aditiva, permitindo que todo o processo produtivo seja modelado e testado em um ambiente virtual antes de sua materialização.

Sobre as tecnologias para integração de sistemas consideram-se, neste trabalho, as API (sigla para o inglês Application Programming Interface). No contexto nacional, no qual a maior parte dos fornecedores são empresas de micro a médio porte, a disponibilização de uma API que pudesse ser utilizada por essas empresas para integrar seus sistemas de gestão contribuiria com dados relevantes e oportunos. Não foram encontrados detalhes a respeito da arquitetura e implementação da plataforma ONEChain cabendo ressaltar que a eficiente gestão de sua cadeia produtiva trata-se de um dos diferenciais competitivos da EMBRAER, não podendo assim afirmar se ele já disponibiliza essa interface.

Os resultados corroboram a perspectiva de Fagerberg (2018) sobre a não-linearidade da inovação industrial. A adoção desigual de IoT e gêmeos digitais entre fornecedores da EMBRAER - concentrados em São José dos Campos (87%) versus outras regiões (13%) - reflete assimetrias nos três pilares do sistema de inovação: (i) capacitação (disponibilidade de engenheiros especializados), (ii) pressões competitivas (exigências de clientes globais) e (iii) arranjos institucionais (acesso a programas como o ONEChain). Essa análise sugere que políticas de fomento à Indústria 4.0 devem atuar simultaneamente nessas três dimensões para evitar exclusão tecnológica regional.

O maior desafio na utilização de ferramentas da Indústria 4.0 para aumentar a resiliência das cadeias de suprimentos reside na integração dos diversos fornecedores, considerando tanto a quantidade quanto o porte das empresas envolvidas. Isso dificulta que um único grande ator assuma a responsabilidade por essa integração. No caso da EMBRAER, diante dos riscos identificados em sua cadeia de suprimentos, a empresa tem promovido uma reorganização estratégica, com foco em tecnologias da Indústria 4.0, como



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

inteligência artificial, ao mesmo tempo em que continua adotando métodos mais tradicionais, como a realocação de funcionários próximos a fornecedores de itens críticos (TEAM, 2024).

No plano social, pode-se dizer que a transformação digital da cadeia aeronáutica gera efeitos ambíguos: enquanto potencializa a qualificação da mão-de-obra no polo de São José dos Campos - onde 62% dos empregos diretos do setor exigem agora habilidades em análise de dados e operação de sistemas digitais (ECONODATA, 2025) -, também acentua desigualdades regionais. Dados do RADAR Aeroespacial (2024) mostram que apenas 12% dos fornecedores qualificados estão em estados fora do eixo SP-RJ, revelando como a concentração tecnológica pode aprofundar assimetrias territoriais. Paradoxalmente, programas de capacitação em Indústria 4.0 patrocinados pela EMBRAER já formaram 1.200 técnicos em 2023, sugerindo que políticas públicas articuladas poderiam transformar essa revolução tecnológica em vetor de inclusão produtiva.

Estes achados dialogam diretamente com dois eixos temáticos centrais da economia da inovação: a dinâmica industrial, onde a reconversão tecnológica da cadeia aeronáutica ilustra como setores maduros podem reinventar seus paradigmas produtivos mediante pressões competitivas globais; e a geografia da inovação, que neste caso revela um padrão concentrado no eixo SP-RJ, contrastando com o potencial de transbordamento tecnológico para outras regiões através de políticas de descentralização. O modelo EMBRAER-ITA-São José dos Campos configura-se assim como um laboratório privilegiado para estudar os determinantes espaciais da inovação em países emergentes.

Um aspecto relevante no contexto nacional é a iniciativa Nova Indústria Brasil, lançada pelo governo federal. O documento, que estabelece um plano de ação para o biênio 2024-2026, propõe uma estratégia de neoindustrialização, com foco na transformação digital da indústria como um dos pilares para ampliar a produtividade e a competitividade do setor (BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS, 2024). A relevância desta iniciativa reside no



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

reconhecimento da Indústria 4.0 como um nicho estratégico para o desenvolvimento industrial, aliado ao fomento financeiro e à promoção de políticas públicas que incentivem a adoção de tecnologias digitais. Um dos objetivos específicos destacados no plano é 'aumentar a produtividade da indústria brasileira por meio da incorporação de tecnologias digitais, especialmente aquelas desenvolvidas e produzidas no Brasil', reforçando a importância de investimentos em inovação e capacitação tecnológica para o setor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo mapear a cadeia de suprimentos do cluster aeroespacial brasileiro, com foco na EMBRAER, e identificar as tecnologias da Indústria 4.0 capazes de aumentar a resiliência e a eficiência operacional dessa cadeia. Apesar das limitações relacionadas ao acesso restrito a dados confidenciais das empresas, foi possível identificar os principais fornecedores nacionais qualificados e classificá-los quanto ao porte, evidenciando a predominância de empresas de pequeno e médio porte na base de suprimentos da EMBRAER. Essa característica reforça a importância de iniciativas que promovam a integração e a colaboração entre os diferentes atores da cadeia.

Sobre os impactos econômicos e sociais identificados, eles revelam um duplo desafio para políticas de CT&I: se por um lado a digitalização permite reduzir custos operacionais em até R\$2,8 bilhões/ano no cluster (projeções baseadas em Schmuck, 2021), por outro exige investimentos maciços em capacitação para evitar que ganhos de produtividade se traduzam em exclusão tecnológica. O caso de São José dos Campos demonstra que a sinergia entre EMBRAER, ICTs locais (como o ITA) e políticas de fomento pode criar um ecossistema virtuoso, onde inovação gera tanto competitividade internacional (com a cadeia aeronáutica respondendo por 1,2% do PIB industrial brasileiro) quanto desenvolvimento territorial qualificado.

Os principais riscos identificados — como a dependência excessiva de fornecedores estratégicos, a dispersão geográfica, os desafios de qualidade e os atrasos no fornecimento — destacam a complexidade inerente à cadeia de suprimentos aeronáutica. No entanto,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

as tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, gêmeos digitais e integração de sistemas, mostraram-se fundamentais para mitigar esses riscos. Essas tecnologias permitem a coleta e análise de dados em tempo real, a visualização completa da cadeia e a predição de eventos, contribuindo para uma gestão mais eficiente e resiliente. A implementação da plataforma ONEChain pela EMBRAER é um exemplo prático de como a integração digital pode otimizar a gestão da cadeia de suprimentos.

Naquilo que foi possível, foram apresentados exemplos relacionados à empresa Boeing, que enfrentou desafios semelhantes em sua cadeia de suprimentos. A criação do Centro de Produção Integrado em 2008, para monitorar a cadeia do programa 787 Dreamliner, e a aquisição da Vought Aircraft Industries, devido a problemas recorrentes de qualidade e eficiência, ilustram a importância de uma gestão próxima e colaborativa em cadeias de suprimentos complexas. Esses exemplos reforçam a relevância das soluções discutidas neste trabalho, mostrando que os desafios enfrentados pela EMBRAER não são isolados, mas comuns a grandes players do setor aeroespacial global.

No entanto, os desafios persistem, especialmente no que diz respeito à integração de fornecedores de pequeno e médio porte e à cibersegurança. A complexidade da cadeia, aliada ao alcance global e à diversidade de fornecedores, exige soluções inovadoras e colaborativas. Nesse contexto, duas tecnologias emergentes se destacam como fundamentais: simulações digitais, que permitem a visualização integral da cadeia, e APIs, que facilitam a integração dos sistemas de gestão entre as diferentes organizações.

Como trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de questionários aos gestores das cadeias de suprimento e de inovação das empresas envolvidas no cluster aeronáutico brasileiro, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria a partir de suas percepções e experiências. Além disso, propõe-se a implementação de um gêmeo digital como produto minimamente viável, capaz de representar digitalmente os principais processos e organizações da cadeia, explorando possibilidades de integração e otimização dos sistemas de gestão. Essas iniciativas podem contribuir para o fortalecimento da cadeia de suprimentos aeronáutica brasileira, tornando-a mais resiliente e competitiva no cenário



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

global.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PAULISTA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTOS E COMPETITIVIDADE. **Aeroespacial E Defesa. Investe SP.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/uploads/midias/documentos/setor_aeroespacial_sao_paulo.pdf> Acesso em: 20 jan. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS. **Plano De Ação Para a Neo Industrialização.** Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio E Serviços. [s.l.] Governo Brasileiro, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2025.

COTTELEER, M.; SNIDERMAN, B. **Forces of change: Industry 4.0 a Deloitte Series on Industry 4.0.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4323_Forces-of-change/4323_Forces-of-change_Ind4-0.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2025.

ECONODATA. **Inteligência Em Vendas B2B | Muito Além Do Lead Qualificado.** Disponível em: <<https://econodata.com.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2025.

EMBRAER. **C-390 Millenium Embraer Defense.** São José dos Campos: Embraer, mar. 2023. Disponível em: <<https://defense.embraer.com/wp-content/uploads/2024/06/C-390-Millennium-Brochure-2023-Portugues.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2025.

EMBRAER. **Qualified Brazilian Suppliers - by Suppliers.** Embraer Suppliers. São José dos Campos: Embraer, 13 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.embraersuppliers.com/esuppliers/#/en-US/supplier-requirements>>. Acesso em: 21 jan. 2025.

EMBRAER. **Embraer Lança Programa ONEChain Para Aumentar a Eficiência Nas Operações Da Cadeia De Suprimentos.** EMBRAER Notícias, 25 nov. 2024b.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

EMBRAER. **Portal Embraer.** Disponível em: <https://embraer.com/br/pt/noticias?slug=1207378-embraer-preve-investir-r-2-bilhoes-e-gerar-mais-900-empregos-diretos-este-ano-no-brasil> >. Acesso em: 23 jan. 2025.

EMBRAER. **Apresentações - Embraer RI.** Disponível em: <https://ri.embraer.com.br/informacoes-financeiras/apresentacoes/> >. Acesso em: 23 jan. 2025.

EMBRAER. **Episódio 04: Indústria 4.0 | Websérie Inovação Embraer.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6FAdoNF9zO0> >. Acesso em: 27 jan. 2025.

EMBRAER DEFESA E SEGURANÇA. **Cyber – Defesa Embraer.** Disponível em: <https://defense.embraer.com/pt/cyber/> >. Acesso em: 27 jan. 2025.

FAGERBERG, J. **Innovation: A Guide to the Literature.** In: Fagerberg, J.; Mowery, D.C.; Nelson, R.R. (Eds.). The Oxford Handbook of Innovation. Oxford University Press, 2005.

FAYEZI, S.; GHADERI, H. **What Are the Mechanisms through Which inter-organizational Relationships Contribute to Supply Chain resilience?** Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics, v. 34, n. 1, p. 159–174, 11 mar. 2021.

HUSSAIN, A. et al. **Aerospace & Defense 4.0 - Capturing the Value of Industry 4.0 Technologies Deloitte Insights.** [s.l.] Deloitte Consulting LLP, 12 fev. 2019. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/aerospace-defense-companies-digital-transformation.html> >. Acesso em: 20 Jan 2025.

IVANOV, D.; DOLGUI, A. **A Digital Supply Chain Twin for Managing the Disruption Risks and Resilience in the Era of Industry 4.0.** Production Planning & Control, v. 32, n. 9, p. 775–788, 21 maio 2020.

JING, Y. **Research and Analysis of Airline Supply Chain Risk management-- Take Boeing Company as an Example.** Interdisciplinary Humanities and Communication Studies, v. 1, n. 5, 19 fev. 2024.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

LOPES GUERRA, J. H. **Uma Análise Sobre as Principais Características Das Cadeias De Suprimentos Aeronáuticas.** ENEGEP. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Belo Horizonte: Associação Brasileira De Engenharia De Produção, 7 out. 2011. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_857_18668.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025

LOPES GUERRA, J. H. et al. **A Maturity Model for Supply Chain Risk Management.** *Supply Chain Management: an International Journal*, 11 jul. 2023.

LOPES GUERRA, J. H. et al. **Supply Chain Risk Management (SCRM) process: an Analysis in the Aerospace Industry.** *Benchmarking an International Journal*, 19 set. 2024.

MONTORO, G. C. F.; MIGON, M. N. **Cadeia Produtiva Aeronáutica brasileira: Oportunidades E Desafios.** 1a Edição ed. Rio De Janeiro: Banco Nacional De Desenvolvimento Econômico E Social, 2009. p. 552

OCA, A. et al. **Digital twins: the Key to Unlocking end-to-end Supply Chain Growth.** Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/digital-twins-the-key-to-unlocking-end-to-end-supply-chain-growth/>>. Acesso em: 23 jan. 2025.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia Do Conhecimento Em Gerenciamento De Projetos (Guia PMBOK).** 4a Edição ed. [s.l.] Project Management Institute Inc., 2008.

RICHARDSON, M. **Embraer names the top 10 best suppliers of the year.** Disponível em: <<https://www.aero-mag.com/embraer-names-the-top-10-best-suppliers-of-the-year>>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SANI, S. et al. **Supply Chain 4.0 and the Digital Twin Approach: a Framework for Improving Supply Chain Visibility.** *Procedia CIRP*, v. 128, p. 321–326, 2024.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

SCHMUCK, R. **Global Supply Chain Quality Integration Strategies and the Case of the Boeing 787 Dreamliner Development**. Procedia Manufacturing, v. 54, p. 88–94, 2021.

SHAW, R.; TAKANTI, V.; ZULLO, T. **Best Practices In Cyber Supply Chain Risk Management: Boeing and Exostar Cyber Security Supply Chain Risk Management Interviews**. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://csrc.nist.gov/CSRC/media//Projects/Supply-Chain-Risk-Managements/documents/case_studies/USRP_NIST_Boeing-Exostar-100815.pdf>.

Acesso em: 26 jan. 2025.

TEAM, L. N. **Supply Chain Problems Weigh on Embraer Deliveries - Leeham News and Analysis**. Disponível em: <<https://leehamnews.com/2024/11/08/supply-chain-problems-weigh-on-embraer-deliveries/>>. Acesso em: 27 jan. 2025.

TUPA, J.; SIMOTA, J.; STEINER, F. **Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0**. Procedia Manufacturing, v. 11, n., p. 1223–1230, 2017.