

Desempenho ESG no Setor Aeroespacial e de Defesa: Uma Abordagem com NDEA

Daniel Balieiro Ferreira da Silva
daniel.balieiro@unesp.br
UNESP

Fernando Augusto Silva Marins
fernando.marins@unesp.br
UNESP

Erica Ximenes Dias
erica.ximenes@unesp.br
UNESP

Aneirson Francisco da Silva
aneirson.silva@unesp.br
UNESP

Resumo: O artigo aborda a importância crescente das práticas de responsabilidade ambiental, social e de governança (ESG) no setor empresarial, destacando como a Análise Envolvória de Dados (DEA) e sua variação em rede (NDEA) podem ser aplicadas para avaliar a eficiência dessas práticas em empresas do setor aeroespacial e de defesa. A DEA é uma técnica não paramétrica que mede a eficiência de unidades tomadoras de decisão (DMUs) ao comparar seu desempenho operacional. A NDEA, uma extensão da DEA, permite uma modelagem em rede dessas unidades, considerando suas atividades e conexões internas, oferecendo uma avaliação mais granular da eficiência. O objetivo principal do estudo é aplicar a NDEA para avaliar o desempenho ESG de empresas do setor aeroespacial. Especificamente, o estudo visa desenvolver um modelo NDEA com rendimentos variáveis de escala e entradas compartilhadas, otimizar este modelo usando programação em VBA-Excel e avaliar as implicações gerenciais dos vetores de eficiência em cada estágio. A pesquisa também realiza uma análise bibliométrica para mapear o cenário científico sobre a integração de DEA e ESG, utilizando bases de dados como Scopus e Web of Science. A análise revela um aumento significativo nas publicações sobre o tema desde 2015, com um pico em 2023. O estudo conclui que a combinação de NDEA e ESG oferece uma metodologia robusta para avaliar a sustentabilidade das empresas, especialmente em setores complexos como o aeroespacial e de defesa, onde práticas sustentáveis são essenciais para a criação de valor a longo prazo. Essas conclusões são baseadas na integração de dados de receitas anuais e classificações de risco ESG de empresas fornecidas pela Sustainalytics e FightGlobal, destacando a predominância de grandes empresas americanas e europeias no setor.

Palavras Chave: ESG - NDEA - Aeroespacial e Defes - Desempenho - Riscos ESG

1. INTRODUÇÃO

Desde a última década e ainda nos dias atuais, o foco em questões relacionadas à responsabilidade ambiental (environmental), social (social) e governança (governance) - ESG vem ganhando crescente espaço no cenário empresarial, principalmente porque cada vez mais as empresas tem sido pressionadas a adotarem práticas mais sustentáveis. Uma justificativa para essa pressão está relacionada ao fato de empresas que adotam e reportam práticas ESG em suas operações são percebidas como mais resilientes, inovadoras e preocupadas com a sustentabilidade, estando ainda mais alinhadas com as expectativas do mercado e seus stakeholders (FRIEDE, 2015).

No que se refere a técnicas de avaliação da eficiência em unidades organizacionais, a Análise Envoltória de Dados (DEA) vem se mostrando como uma técnica robusta e aplicável em diversas áreas e setores, tendo grande aplicação no contexto empresarial, principalmente no que tange à avaliação da eficiência operacional. De acordo com Charnes et al (1987), a DEA configura-se como uma técnica não paramétrica utilizada para mensurar a eficiência das unidades tomadoras de decisão, denominadas DMU's - Decision Making Units. Ao serem comparadas, essas unidades que operam em condições similares, fornecem a performance operacional sobre, como por exemplo, processos as quais essas unidades estão associadas.

Quanto a aplicação da DEA no contexto do ESG, essa abordagem oferece uma avaliação quantitativa da performance associada às práticas de sustentabilidade desempenhadas pelas organizações. Esta interação possibilita a identificação das grandes empresas que são referência em sustentabilidade, além disso, favorece a identificação de quais áreas dentro dos pilares E, S e G que necessitam de melhorias (LOZANO, 2011). Estudos complementares demonstram como a integração da DEA ao contexto de ESG podem oferecer uma base para a tomada de decisões estratégicas e sustentáveis. Contudo, devido a constante evolução dos desafios corporativos, faz-se necessário cada vez abordagens mais sofisticadas, com isso, a Análise Envoltória de Dados em Redes (NDEA) surge como uma ampliação da DEA tradicional, a qual permite uma modelagem em rede das DMUs em múltiplos estágios compartilhados.

No contexto de ESG, a aplicação da NDEA oferece uma metodologia mais avançada para avaliar a eficiência das empresas frente as questões de sustentabilidade e de acordo com Kao (2014), a interação entre a NDEA e ESG explora o desempenho sustentável das empresas de modo mais granular. Ao passo que o DEA como modelo clássico não explora as relações internas entre as DMUs, ocasionando em uma análise mais superficial, o NDEA leva em consideração a estrutura interna entre as DMUs, suas atividades e as conexões entre essas atividades, possibilitando obter a eficiência global e parcial de cada DMU associada à análise (LIM, 2019).

No âmbito organizacional dos mais diversos setores, mais precisamente das empresas pertencentes ao setor Aeroespacial e Defesa, as empresas se encontram em crescente pressão por práticas cada vez mais sustentáveis e transparentes. Essas pressões se justificam devido à sua natureza complexa dessas organizações, bem como o seu impacto na sociedade e meio ambiente. Logo, a adoção das práticas ESG não está relacionada apenas como uma resposta às exigências regulatórias globais, mas também como uma estratégia essencial para a criação de valor a longo prazo para os stakeholders, sociedade e meio ambiente (KPMG, 2024).

Diante de todo esse cenário, este artigo tem como proposta a aplicação da NDEA na avaliação das práticas ESG desempenhas por algumas das empresas do setor Aeroespacial e Defesa.

2. OBJETIVOS

Para definir os objetivos e resultados esperados, foram levantadas algumas perguntas de pesquisa. Sendo assim, as perguntas que direcionaram ao tema deste trabalho são:

1. Como combinar o Network DEA - NDEA com insumos compartilhados com o ESG?
2. Há vantagens em se utilizar o NDEA com o ESG?
3. Como desenvolver a rede que possibilita utilizar o NDEA combinado com o ESG?
4. Quais são as principais implicações gerenciais?
5. Qual critério para seleção das empresas do setor aeroespacial?

Com base nessas perguntas, foi possível definir os objetivos, geral e específicos, para este projeto.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar empresas do setor aeroespacial em relação à sua performance ESG por meio da combinação do Network DEA com entradas compartilhadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar um modelo NDEA com rendimentos variáveis de escala (NDEA – VRS) com entradas compartilhadas para avaliar o desempenho ESG de empresas do setor aeroespacial.
- Modelar e otimizar um modelo NDEA – VRS com entradas compartilhadas por meio de programação em VBA-Excel.
- Avaliar as implicações gerenciais dos vetores de eficiência de cada estágio.

3. ESG E ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

De acordo com LI et al., (2021), ao se falar em desenvolvimento sustentável como objetivo para a sociedade, o ESG surge como um framework de desenvolvimento, o qual possui três pilares como Environmental, Social, Governance, que quando combinados atuam como potencializador para esse desenvolvimento.

O conceito do ESG propõe alguns requisitos para os objetivos estratégicos das empresas baseados em três aspectos, tais quais: responsabilidade ambiental, social e governança (Wang, 2022). Desse modo, muitos países têm reconhecido esses aspectos como um importante indicador para mensurar o modelo de desempenho sustentável de organizações conhecidas como empresas verdes (TORRES et al., 2019).

Uma perspectiva complementar ao conceito ESG pode ser encontrar em Steblianskaia et al (2023), onde os autores apontam que o ESG vem a ser indispensável para o entendimento de fatores de investimento, principalmente em tempos de crise já que muitas empresas cada vez mais utilizam do ESG como uma ferramenta de performance empresarial.

Criada em 1978 pelos autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a DEA ou Análise Envoltória de Dados, configura-se como um método de avaliação da eficiência de unidades, conhecidas como Decision Making Units (DMUs).

A DEA leva em consideração as múltiplas variáveis de entrada e saída. Diante dessas considerações, Cook e Seiford (2009) afirmam que há uma grande aplicabilidade do método, o qual vem ganhando espaço no contexto científico como um importante método teórico e de ações práticas.

No âmbito deste trabalho, as DMUs serão algumas empresas do setor aeroespacial, as quais serão avaliadas em relação ao seu desempenho ESG.

3.1 NETWORK DEA

Ao passo que o DEA como modelo clássico não explora as relações internas entre as DMUs, o que segundo Lim e Zhu (2019) pode ocasionar em uma análise mais superficial e não tão assertivas, o NDEA leva em consideração a estrutura interna entre as DMUs, suas atividades e as conexões entre essas atividades, possibilitando obter a eficiência global e parcial de cada DMU associada à análise.

Vale ressaltar que, a DEA é sim uma técnica muito bem consolidada e aplicada, mas a depender do objetivo de análises específicas, o NDEA vem como uma proposta mais robusta de análise.

A ideia inicial é que os parâmetros de governança sejam X, os parâmetros sociais sejam os Z, e, por fim, os parâmetros ambientais sejam as saídas Y. Parte dos parâmetros X seriam compartilhados no segundo estágio conforme a Figura 1 a seguir.



Figura 1: Diagrama de compartilhamento dos parâmetros

Fonte: Próprio autor

3.2 RELEVÂNCIA DE ESTUDO

Com o intuito de avaliar a relevância e o potencial impacto da interação entre a DEA, NDEA e ESG, realizou-se uma pesquisa preliminar nas bases de dados Scopus e Web of Science (WoS) por literatura correlata ao artigo em questão. A estratégia de busca foi refinada por meio do emprego de termos-chave específicos, tais como: 'DEA' (Data Envelopment Analysis), 'ESG' (Environmental, Social, and Governance), 'Network DEA', e 'Shared Input'. Estes termos foram cuidadosamente selecionados para assegurar uma busca direcionada e eficaz.

A Tabela 1 apresenta os resultados dessa busca nas duas bases de dados analisadas. Filtros adicionais de busca aplicados às bases de dados foram: Limited to article e Limited to English.

Tabela 1: Resultados da busca por materiais relevantes à proposta do projeto

Palavras-chave	Scopus	WOS
"Data Envelopment Analysis"	25.036	20.587
"Environmental, Social, and Governance" and "ESG"	2.588	1942
"Network DEA"	852	1.012
"Data envelopment analysis"; "ESG"; "DEA"	35	33

"Data envelopment analysis" e "ESG" e "Environmental, Social, and Governance"	31	26
"Network DEA" e "Shared Input"	30	11
"ESG"; "Data envelopment analysis"; "Network DEA"	3	6

Fonte: Próprio autor (2024)

Por meio dessa definição do escopo, verifica-se, pela existência de publicações prévias, uma interação significativa entre os critérios ESG e os modelos de análise de eficiência, conferindo ao tema proposto uma relevância potencial. Com base nisso, apresenta-se em seguida uma análise científica dos tópicos relacionados à proposta geral deste projeto. Para uma visualização macro inicial do cenário científico dos temas abordados neste projeto, foi feita uma primeira análise bibliométria utilizando-se das palavras-chaves "Data Envelopment Analysis"; "ESG".

Como abordagem inicial para cartografar esses desafios, realizou-se uma análise bibliométrica, empregando a linguagem R e os pacotes tidyverse e bibliometrix, com o intuito de explorar interações potenciais e desafios inerentes à fusão do método de análise de eficiência e as diretrizes ESG mencionadas. A Figura 2 a seguir apresenta o cenário de publicações científicas anuais sobre o campo de estudo da DEA e ESG, ambos combinados.

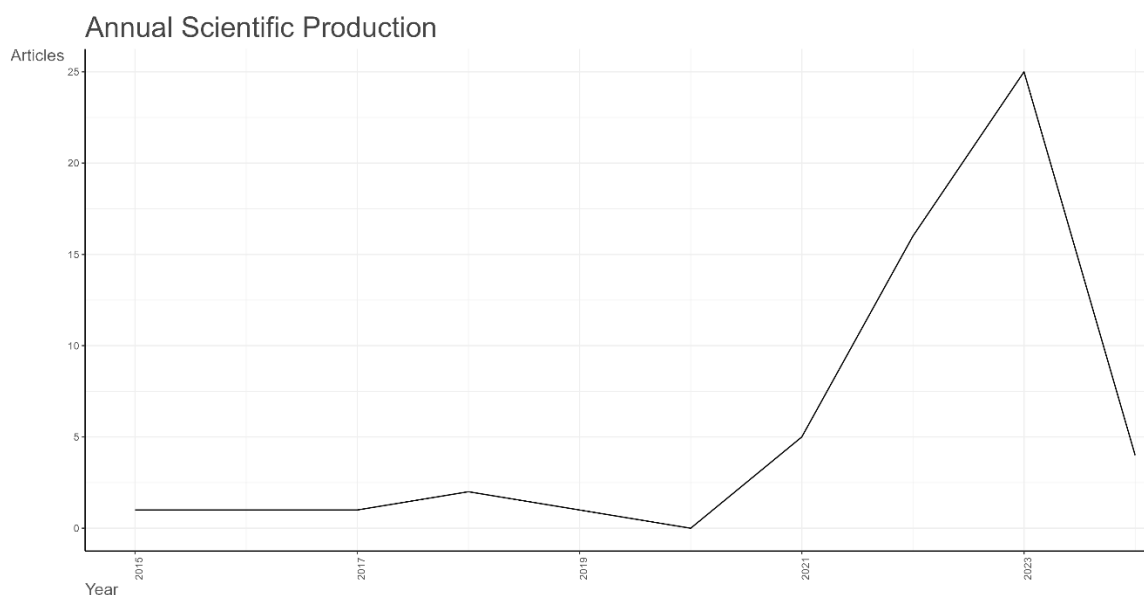


Figura 2: Produção científica anual sobre o DEA e ESG

Fonte: Linguagem R (2024)

Observando a Figura 2 pode-se dizer que a publicação de artigos nas bases utilizadas abordando a DEA e o ESG teve início em 2015 e vem persistindo até 2024, sendo que historicamente em 2020 (início da pandemia COVID-19) deu-se início o ramp up de publicações e já 2023, a publicação de artigos integrando a DEA e ESG atingiu seu maior pico.

A Figura 3 contempla as fontes mais relevantes, que mais publicam sobre os temas de DEA e ESG. Em destaque estão as revistas Corporate Social Responsibility and Environmental e a Sustainability.

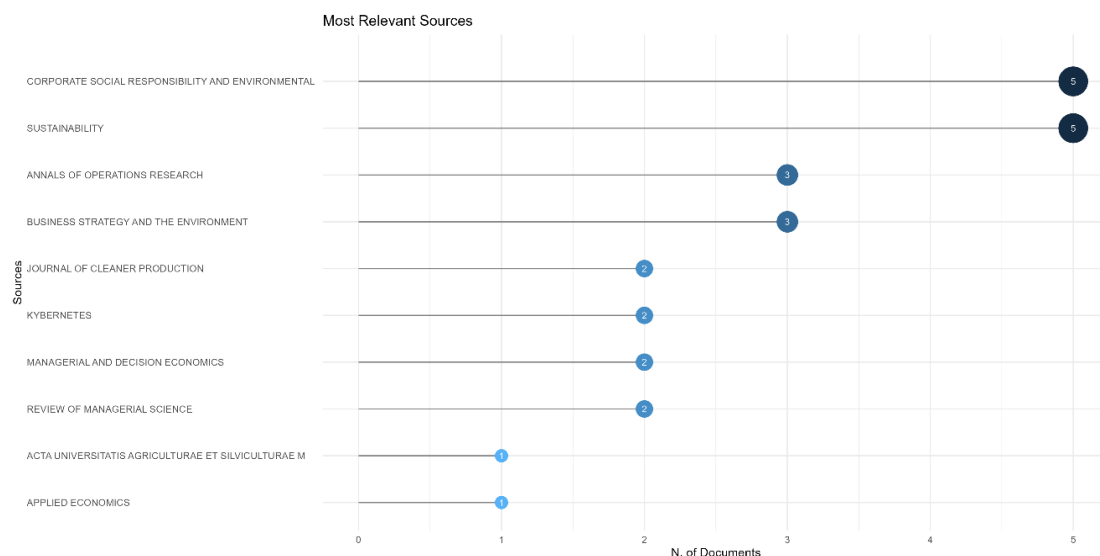


Figura 3: Fontes de pesquisa mais relevantes
Fonte: Linguagem R (2024)

Por fim, ainda na perspectiva de mapear os principais desafios dessa pesquisa, a Figura 4 apresenta uma síntese com pontos relevantes que permitem afirmar a relevância de estudo entre o método de análise de eficiência (DEA) e o ESG.



Figura 4: Overview sobre a interação entre o DEA e ESG
Fonte: Linguagem R (2024)

A partir dessas informações vale mencionar pontos importantes como, a publicação dos artigos no contexto DEA e ESG teve início em 2015 e continua até o ano vigente de 2024, o número total de artigos 56 encontrados nas bases de dados Scopus e WOS, as 40 diversas fontes ou revistas responsáveis por essas publicações, dos 56 artigos existem 153 autores envolvidos nessas publicações e, por fim, uma taxa de crescimento de 16,65%.

4. CLASSIFICAÇÃO E MÉTODO DE PESQUISA

A Figura 5 contempla a classificação desta pesquisa, utilizando o modelo proposto por Bertrand e Fransoo (2002), a qual será de natureza aplicada, com objetivos empíricos normativos, pois visa criar estratégias que melhorem uma situação atual, a forma de abordar o problema será quantitativa, sobre o critério meio, essa pesquisa é documental e, por fim utilizará de um método de modelagem e simulação.

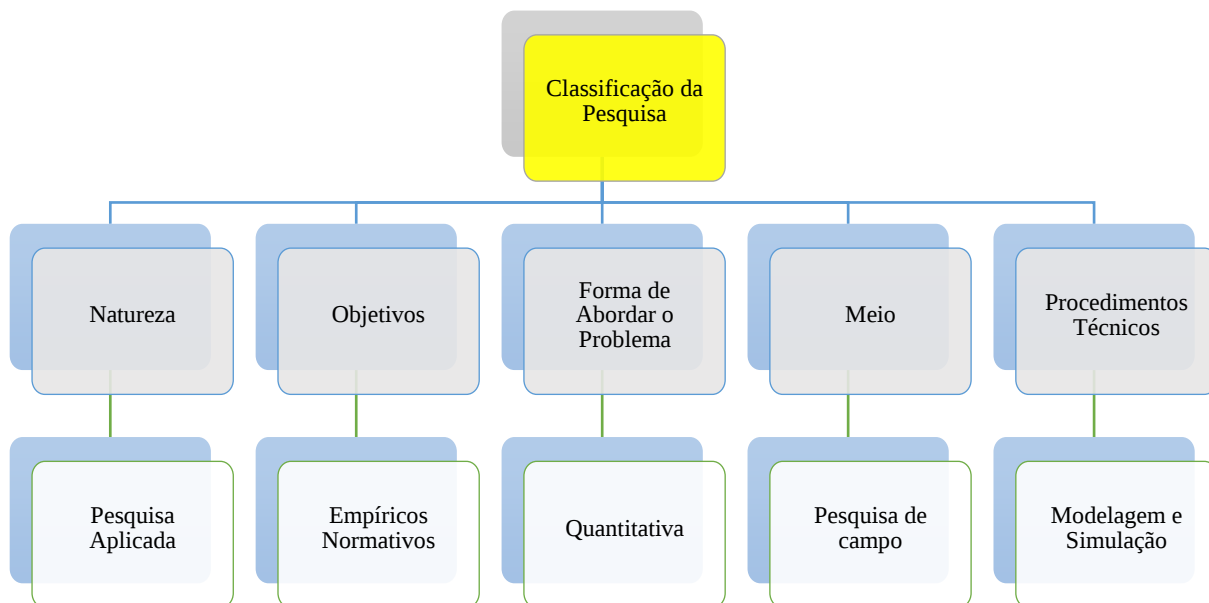


Figura 5: Classificação da pesquisa
Fonte: Adaptado Bertrand e Fransoo (2002)

4.1 MÉTODO DE PESQUISA

As principais empresas do setor Aeroespacial e Defesa foram escolhidas utilizando-se o critério de receita anual por vendas, cujas empresas estão na base de dados fornecida pela empresa FightGlobal. Essa base de dados apresenta as 100 maiores empresas do setor. O período em que a base está contida compreende os anos de 2016 a 2022. As empresas dispostas nas bases apresentam-se em um ranking anualizado conforme o critério financeiro adotado.

Para obtenção dos riscos ESG, utilizou-se a classificação de risco fornecida pela Sustainalytics, a qual propõe para as empresas uma classificação dos riscos ESG em 5 intervalos conforme Tabela 2. Vale mencionar que as empresas são agrupadas de acordo ao setor em que pertencem, obtendo-se ainda uma classificação secundária referente ao ranking ESG que essas empresas ocupam dentro do mesmo setor. Vale ressaltar que para este artigo, o setor analisado é o Aeroespacial e Defesa, qual possui 105 empresas na base de dados da Sustainalytics.

Tabela 2 – Classificação dos riscos propostos pela Sustainalytics

Risco	Intervalo
Insignificante	0 – 10
Baixo	10 – 20
Médio	20 – 30
Alto	30 – 40
Forte	40+

Fonte: Próprio autor (2024)

Integrando-se as duas bases de dados, FightGlobal e Sustainalytics, foi possível obter as 43 empresas mais representativas em termos de receita anual em milhões de dólares, bem como a pontuação do risco ESG e ranking geral que essas ocupam. A Tabela 3 apresenta as empresas do setor com as maiores receitas obtidas em termos venda, bem como as informações complementares de análise de risco ESG.

Tabela 3: Top 43 empresas mais representativas do setor Aeroespacial e Defesa em termos de receita de vendas

Empresas	País	Risco ESG	Ranking geral	Média anual 2016 - 2022 (\$ Milhões)
Boeing	EUA	36,6	61	\$ 78.950,3
Airbus	França	23,7	8	\$ 68.060,7
Lockheed Martin	EUA	28,6	22	\$ 58.603,7
Raytheon Technologies	EUA	29,6	28	\$ 43.108,9
Northrop Grumman	EUA	26,6	16	\$ 31.895,4
Safran	França	22,2	4	\$ 20.793,9
Leonardo	Itália	23,9	9	\$ 14.652,9
L3Harris Technologies	EUA	20,1	2	\$ 14.294,3
BAE Systems	Reino Unido	25	12	\$ 13.920,6
Rolls-Royce	Reino Unido	23,1	5	\$ 12.793,6
General Dynamics	EUA	34,2	52	\$ 8.426,7
Textron Aviation	EUA	33,5	48	\$ 8.193,6
Bombardier	Canadá	29,8	29	\$ 7.252,3
AVIC	China	44	94	\$ 6.852,9
Dassault Aviation	França	36,9	65	\$ 6.489,3
Precision Castparts	EUA	37,1	68	\$ 5.909,9
Spirit AeroSystems	EUA	30	30	\$ 5.891,1
Thales	França	27,3	19	\$ 5.841,1
MTU Aero Engines	Alemanha	26,5	14	\$ 5.164,3
Embraer	Brasil	36,6	64	\$ 5.013,4
Hanwha Aerospace	Koreia do Sul	28,2	20	\$ 4.932,9
Howmet Aerospace	EUA	23,6	6	\$ 4.726,0
TransDigm	EUA	38,2	71	\$ 4.432,9
Hindustan Aeronautics	EUA	33,7	49	\$ 3.134,4
Triumph Group	EUA	38,2	71	\$ 2.529,9
Saab	Suíça	23,6	7	\$ 2.396,4

CAE	Canadá	21	3	\$ 2.370,3
Korea Aerospace Industries	Koreia do Sul	44,8	97	\$ 2.311,6
Moog	EUA	39,6	78	\$ 1.886,3
Elbit Systems	Israel	34,2	53	\$ 1.626,1
Hexcel	EUA	28,8	23	\$ 1.602,4
Heico	EUA	39	74	\$ 1.544,0
Woodward	EUA	31,1	35	\$ 1.494,0
Teledyne Technologies	EUA	34,3	54	\$ 1.006,0
Mercury Systems	EUA	32,4	43	\$ 839,9
Senior	Reino Unido	26,6	17	\$ 799,0
Curtiss-Wright	EUA	37,1	67	\$ 768,0
JAMCO	Japan	38,8	72	\$ 661,0
Ducommun	EUA	34	51	\$ 588,6
Astronics Corporation	EUA	42,8	91	\$ 571,0
Chemring	Reino Unido	26,5	15	\$ 527,9
Hensoldt	Alemanha	14,9	1	\$ 439,7
Montana Aerospace	Suíça	28,9	24	\$ 435,9

Fonte: Próprio Autor (2024)

Diante das 43 empresas, nota-se uma predominância das maiores empresas situada na região dos Estados Unidos, seguido de França, Reino Unido e demais países. A Tabela 4 apresenta a distribuição por países e a quantidade de empresas.

Tabela 4: Quantidade de empresas por país

País	Quantidade
EUA	22
França	4
Reino Unido	4
Canadá	2
Coréia do Sul	2
Alemanha	2
Suíça	2
China	1
Israel	1

Japão	1
Itália	1
Brasil	1
Total	43

Fonte: Próprio Autor (2024)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos da receita média anual de 2016 a 2022, ao avaliar a performance financeira das top 43 empresas do setor Aeroespacial e Defesa, nota-se uma forte polarização dessas organizações nos Estados Unidos. Ao todo, as grandes empresas do setor se dividem em 12 países conforme a Tabela 4, sendo o continente norte americano o mais representativo dentre o grupo de empresas. A Gráfico 1 apresenta a distribuição das top 43 organizações por continente.

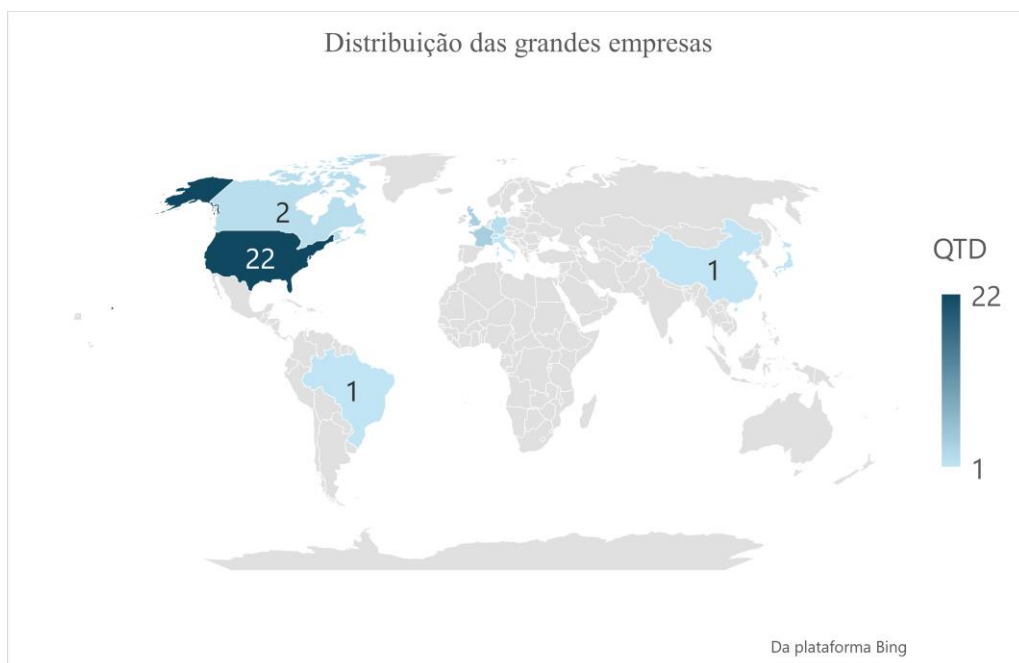


Gráfico 1: Distribuição das empresas top 43 empresas do setor

Fonte: Próprio autor (2024)

Por outro lado, ao analisarmos o valor médio das receitas obtidas por vendas de 2016 a 2022, as empresas de origem francesa, tais quais, Airbus, Safran, Dassault Aviation e Thales possuem uma maior representatividade termos de valores financeiros frente aos outros países. Ou seja, mesmo com as 22 empresas situadas nos Estados Unidos, as empresas presentes na França possuem um histórico melhor das receitas. A Gráfico 2 contém a média das receitas de cada um dos 12 países.

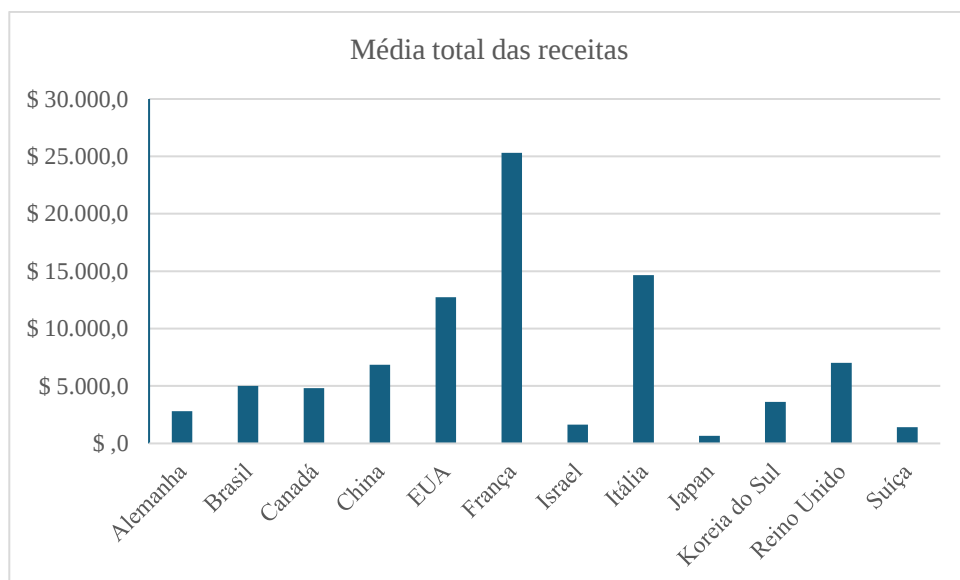


Gráfico 2: Média total das receitas

Fonte: Próprio autor (2024)

Além dessas informações, ao se comparar os fatores de Risco ESG e o Ranking Geral dispostos na Tabela 3, nota-se que empresas com menor risco ESG tendem a ter rankings gerais melhores (mais baixos). Como exemplo, a Hensoldt, que possui o menor risco ESG (14,9), está classificada em primeiro lugar, ao passo que empresas com altos riscos ESG frequentemente apresentam rankings gerais piores (mais altos). Por exemplo, tem-se a AVIC e a Korea Aerospace Industry, com um risco ESG de 44 e 44,8 no ranking geral de 94 e 97 respectivamente.

Ao se comparar a Média Anual de Receita e Ranking Geral, a média anual de receitas relaciona-se à escala operacional das empresas, bem como sua capacidade de geração de receita. Empresas com receitas maiores podem ter mais recursos para investir em práticas ESG e melhorar potencialmente sua posição no ranking geral. Por exemplo, empresas como a Boeing com a maior média anual de receitas de \$78.950,3 milhões e Airbus com \$68.060,7 milhões, tendem a estar bem posicionadas em termos de ranking geral, 61 e 8, respectivamente. Já empresas com menores receitas anuais médias, como Hensoldt (\$439,7 milhões) e Montana Aerospace (\$435,9 milhões), têm rankings gerais baixos, mas não necessariamente estão no topo. Hensoldt, por exemplo, está em primeiro lugar no ranking geral, apesar da baixa receita, devido ao seu excelente desempenho em risco ESG.

Por fim, ao se comparar o Risco ESG com a Média Anual de Receita, esta relação entre risco pode indicar se as empresas que geram mais receita estão investindo mais em práticas de sustentabilidade para reduzir seus riscos ESG. Como exemplo, Algumas empresas com altas receitas apresentam um risco ESG moderado, como Boeing (36,6) e Airbus (23,7). Isso pode sugerir que, embora tenham grandes receitas, ainda enfrentam desafios significativos em termos de práticas sustentáveis. Ao passo que empresas com baixas receitas, como Hensoldt e Montana Aerospace, apresentam tanto baixo (Hensoldt, 14,9) quanto moderado (Montana Aerospace, 28,9) risco ESG, indicando que a receita não é o único determinante do risco ESG.

6. CONCLUSÃO

Este artigo revela insights valiosos sobre a avaliação do ESG frente à performance e riscos das organizações do setor Aeroespacial e Defesa. O artigo apresenta uma proposta de aplicação da Análise Envoltória de Dados em Redes (NDEA) para avaliar a performance ESG das empresas do setor e a importância na integração dessas práticas no cenário corporativo.

Quanto à integração entre ESG e a NDEA, esta se destaca ao considerar as relações internas entre as unidades de tomada de decisão (DMUs), oferecendo uma análise mais detalhada e precisa da eficiência das empresas. Já no âmbito do ESG, essa abordagem permite uma avaliação granular das práticas de sustentabilidade, identificando áreas que necessitam de melhorias e destacando as empresas que são referências em sustentabilidade. A capacidade da NDEA de modelar múltiplos estágios compartilhados é crucial para entender a complexidade das práticas ESG nas empresas analisadas.

Ao buscar a relevância na adoção de práticas ESG no setor Aeroespacial e Defesa, essa não é apenas uma resposta às exigências regulatórias globais, mas também uma estratégia essencial para a criação de valor a longo prazo. A pressão por transparência e sustentabilidade é justificada pela complexidade e impacto significativo dessas empresas na sociedade e no meio ambiente. Este estudo reforça que empresas com práticas ESG bem implementadas são vistas como mais resilientes e inovadoras, alinhando-se melhor com as expectativas do mercado e dos stakeholders.

Quanto aos resultados apresentados no artigo, tabelas e gráficos mostram as relações entre os riscos e a performance financeira proveniente das receitas das empresas do setor, tendo uma forte predominância das grandes empresas do setor situadas nos Estados Unidos, mas no contexto da representatividade financeira, as empresas francesas levam destaque. A análise dos riscos ESG e do ranking geral das empresas revela uma tendência de que organizações com menor risco ESG tendem a ter melhores desempenhos financeiros e de sustentabilidade.

Como considerações finais, a integração da NDEA com o ESG representa uma evolução significativa na avaliação da eficiência e sustentabilidade das empresas. O artigo demonstra que essa abordagem não só é aplicável, mas também necessária para enfrentar os desafios atuais e futuros do setor Aeroespacial e Defesa. A adoção de práticas ESG robustas e a utilização de métodos avançados de análise, como a NDEA, são cruciais para garantir a resiliência, inovação e sustentabilidade das empresas no cenário global.

7. REFERÊNCIAS

- BERTRAND, J. WILL M.; FRANSOO, JAN C.** Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International journal of operations & production management*, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002
- COOK, W. D.; SEIFORD, L. M.** Data envelopment analysis (DEA) - Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, [s. l.], v. 192, n. 1, p. 1-17, 2009.
- CHARNES, A., COOPER, W. W., & RHODES, E.** (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- FRIEDE, G., BUSCH, T., & BASSEN, A.** (2015). ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210-233.
- KAO, C.** (2014). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research*, 239(1), 1-16
- KPMG INTERNATIONAL.** (2024). Sustainability in the Aerospace & Defense Industry.
- LI, T. T., WANG, K., SUEYOSHI, T., & WANG, D. D.** (2021). Esg: Research progress and future prospects. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su132111663>
- LIM, SUNGMOOK; ZHU, JOE.** Primal-dual correspondence and frontier projections in two-stage network DEA models. *Omega*, v. 83, p. 236-248, 2019.
- LOZANO, S., & GUTIÉRREZ, E.** (2011). A multiobjective approach to fleet management using DEA. *Optimization and Engineering*, 12(3), 459-478.
- TORRES, M. J., FERNÁNDEZ-IZQUIERDO, M. Á., RIVERA-LIRIO, J. M., & ESCRIG-OLMEDO, E.** (2019). Can environmental, social, and governance rating agencies favor business models that promote a more sustainable development? *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 26(2), 439-452. <https://doi.org/10.1002/csr.1695>
- WANG, F., & SUN, Z.** (2022). Does the Environmental Regulation Intensity and ESG Performance Have a Substitution Effect on the Impact of Enterprise Green Innovation: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14). <https://doi.org/10.3390/ijerph19148558>