



Mapeamento Quantitativo das Práticas de Inovação Frugal em Startups de Alagoas: Uma Análise Multidimensional de Dados

David Gabriel dos Santos Lins ¹

Francisco José Peixoto Rosário ¹ *

Victor Diogho Heuer de Carvalho ²

¹ Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil.

Emails: francisco.rosario@feac.ufal.br, david.lins@feac.ufal.br

* Autor para correspondência

² Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, Brasil.

Email: victor.carvalho@delmiro.ufal.br

RESEARCH ARTICLE

Annals of Data Analysis

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/ADA/>

Submitted on: 12.12.2025.

Accepted on: 01.08.2026.

Published on: 01.08.2026.

Copyright © 2026 by author(s).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License CC BY-NC-ND 4.0

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



Resumo

O artigo investiga práticas de inovação frugal em startups de Alagoas por meio do escalonamento multidimensional (MDS). Foram analisadas 40 startups a partir de um questionário baseado em construtos teóricos da frugalidade. Os dados foram tratados no SPSS (PROXSCAL) e em ferramentas de IA (Python/R – SMACOF), resultando em mapas perceptuais de duas dimensões com baixo stress e alta explicação. Os resultados destacam dois eixos principais: inclusão social e acessibilidade; sustentabilidade e eficiência de recursos. Conclui-se que as startups priorizam soluções de baixo custo e iterativas, mas ainda apresentam lacunas na inclusão produtiva.

Palavras-chave

Inovação Frugal; Startups; Alagoas; Escalonamento Multidimensional (MDS).

1. Introdução

A inovação frugal tem se consolidado como uma abordagem estratégica para enfrentar os desafios de desenvolver soluções em contextos de restrição de recursos. Diferentemente do paradigma tradicional da inovação, que costuma se apoiar em abundância de capital e alta sofisticação tecnológica, a frugalidade busca gerar valor com simplicidade, baixo custo e acessibilidade, respondendo a necessidades essenciais de consumidores e comunidades frequentemente negligenciados (Radjou & Prabhu, 2015; Bhatti, 2012).

No cenário brasileiro, esse conceito ganha particular relevância em regiões periféricas, onde limitações socioeconômicas e estruturais impõem obstáculos adicionais à inovação. O estado de Alagoas exemplifica esse contexto: apresenta baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), restrições de infraestrutura e de financiamento, mas ao mesmo tempo reúne um ecossistema emergente de *startups*, com iniciativas em educação, saúde, TICs, economia criativa e agroindústria. Esse ambiente oferece condições propícias para observar como empreendedores locais reinterpretam restrições como oportunidades, criando soluções robustas e adaptadas à realidade regional.

Apesar do crescimento da literatura sobre inovação frugal, ainda são escassos os estudos empíricos que utilizam métodos quantitativos avançados de análise de dados para mapear como essa abordagem se materializa em

ecossistemas de inovação no Brasil. Nesse sentido, este trabalho busca preencher essa lacuna, aplicando o escalonamento multidimensional (*multidimensional scaling*, MDS) como ferramenta para representar graficamente a proximidade e a diferenciação entre *startups* quanto às suas práticas frugais.

O estudo estrutura-se em torno de construtos centrais da inovação frugal — como funcionalidade e simplicidade, custo e acessibilidade, sustentabilidade, inclusão e cocriação, robustez e adaptação, escalabilidade e modelo de negócio, e mentalidade frugal — já identificados na literatura e operacionalizados em variáveis de pesquisa. A partir desses construtos, foi desenvolvido um questionário para aplicação em *startups* alagoanas, cujos resultados foram analisados por meio do MDS, utilizando tanto o SPSS (PROXSCAL) quanto ferramentas de Inteligência Artificial (Python/R).

O objetivo central é verificar como as *startups* do ecossistema alagoano internalizam os princípios da inovação frugal em seus processos operacionais e estratégicos. Especificamente, este trabalho busca:

- Mapear as práticas de inovação frugal em *startups* de Alagoas a partir dos construtos teóricos identificados;
- Representar essas práticas em mapas perceptuais por meio do escalonamento multidimensional;
- Comparar os resultados obtidos pelo SPSS e por ferramentas de IA;
- Discutir as implicações para gestores de *startups*, incubadoras, aceleradoras e formuladores de políticas públicas.

Com essa abordagem, pretende-se oferecer uma contribuição dupla: (i) teórica, ao integrar os construtos da inovação frugal com técnicas de análise de dados; e (ii) prática, ao fornecer subsídios para a formulação de estratégias de fomento e fortalecimento do ecossistema de *startups* no Nordeste brasileiro.

2 - Revisão Teórica

2.1 Inovação Frugal: conceito para startups e ecossistemas de inovação

A inovação frugal representa uma abordagem estratégica que busca desenvolver soluções robustas, acessíveis e sustentáveis em contextos de restrição de recursos. Essa perspectiva, derivada do conceito de *jugaad* indiano (Radjou & Prabhu, 2015), contrapõe-se ao paradigma tradicional da inovação orientada por abundância de capital e sofisticação tecnológica. Sua ênfase recai sobre o princípio de fazer mais com menos, traduzindo-se em produtos e serviços que atendem necessidades essenciais com simplicidade, eficiência e baixo custo.

Pesquisas recentes destacam a pertinência da inovação frugal em setores como saúde, educação, agricultura e tecnologias digitais, nos quais há grande demanda por soluções acessíveis a populações de baixa renda (Bhatti, 2012; Agarwal, Chung & Brem, 2020; Corsini *et al.*, 2021). Além disso, a frugalidade é vista não apenas como resposta à escassez, mas também como um modelo sustentável de negócios capaz de gerar impacto positivo em diferentes públicos (D'Angelo & Magnusson, 2022).

O Nordeste brasileiro constitui um ambiente de forte pertinência para estudos sobre inovação frugal, dadas as restrições socioeconômicas e estruturais que desafiam empreendedores locais. Em Alagoas, segundo dados do SEBRAE, existem uma população de mais de 250 *startups* mapeadas, atuando em setores como educação, saúde, TICs, economia criativa e agroindústria. Apesar de operarem em um estado com baixo IDH, essas empresas têm criado soluções escaláveis e inovadoras. Isso torna o ecossistema alagoano um campo fértil para compreender como a mentalidade frugal se manifesta em contextos periféricos.

2.2 Escalonamento Multidimensional: fundamentos e tipos de dados

O escalonamento multidimensional (MDS) é uma técnica estatística de análise multivariada que busca representar objetos em um espaço perceptual de duas ou mais dimensões, de acordo com medidas de similaridade ou preferência. A ideia central é que, a partir da percepção dos respondentes ou de dados objetivos sobre atributos, é possível projetar os objetos de forma que aqueles mais semelhantes fiquem próximos, e os mais distintos, afastados no mapa.

Segundo Hair *et al.* (2010), o MDS é útil especialmente em pesquisas exploratórias, pois permite identificar dimensões não reconhecidas previamente pelos pesquisadores, funcionando como ferramenta de descoberta de padrões ocultos. Em marketing, é frequentemente usado para mapear percepções de consumidores sobre marcas e produtos. Neste estudo, aplica-se o mesmo raciocínio para *startups*, buscando compreender como se posicionam em relação a práticas frugais. O MDS pode trabalhar com diferentes bases de dados:

- Dados de similaridade representam o grau em que dois objetos são considerados semelhantes ou diferentes. Por exemplo, duas *startups* podem ser avaliadas como próximas em termos de modelo de negócio sustentável.
- Dados de preferência, por sua vez, representam escolhas ordenadas dos respondentes, como um ranking de *startups* mais alinhadas à inovação frugal.

Ambos os tipos podem gerar mapas perceptuais, mas suas interpretações diferem: enquanto os mapas de similaridade buscam captar dimensões que estruturam as percepções, os mapas de preferência refletem diretamente o grau de escolha de cada objeto. Outro aspecto metodológico relevante é a distinção entre abordagens composicionais e decomposicionais:

- Abordagem composicional: baseia-se em atributos definidos previamente, avaliados pelos respondentes. Os objetos são então posicionados no espaço perceptual em função desses atributos.
- Abordagem decomposicional: dispensa atributos explícitos, utilizando apenas medidas globais de similaridade ou preferência. A partir dessas avaliações gerais, o modelo deriva as dimensões subjacentes.

No presente estudo, ambas as abordagens podem ser exploradas: (a) via atributos mensurados no questionário (ex.: sustentabilidade, parcerias, impacto social), e (b) via avaliação global da presença de práticas frugais nas *startups*.

2.3 Medidas de ajuste, qualidade da solução e aplicações em inovação

Uma questão central em análises de MDS é avaliar a qualidade do modelo. O principal indicador é o *Stress*, definido como a medida do erro entre as distâncias representadas no mapa perceptual e as distâncias originais de similaridade. Valores próximos a zero indicam bom ajuste; como referência, *Stress* < 0,20 é considerado aceitável, < 0,10 é bom e < 0,05 é excelente.

Além do *Stress*, utiliza-se o R^2 , que mede a proporção da variância explicada pela configuração multidimensional. A análise gráfica por meio de diagramas de Shepard também auxilia a verificar se as distâncias no mapa correspondem adequadamente às percepções de similaridade. O uso do MDS é consolidado em áreas como:

- Posicionamento de marcas: identificar como consumidores percebem semelhanças e diferenças entre empresas.
- Desenvolvimento de produtos: avaliar lacunas de mercado a partir das preferências dos consumidores.
- Segmentação: identificar grupos de consumidores com percepções semelhantes.

No caso das *startups*, a aplicação permite identificar clusters de empresas com perfis frugais semelhantes, sugerindo possíveis estratégias de colaboração, aceleração e políticas de fomento.

Ao integrar a literatura sobre inovação frugal e técnicas de análise de dados, observa-se uma oportunidade de ampliar a compreensão de como práticas inovadoras se distribuem em ecossistemas emergentes. O uso do MDS, nesse sentido, não apenas permite uma representação gráfica acessível, mas também contribui para a sistematização de padrões que poderiam passar despercebidos em análises qualitativas.

2.4 Construtos da Inovação Frugal e o Escalonamento Multidimensional

A literatura aponta que a inovação frugal pode ser compreendida a partir de diferentes construtos que traduzem sua essência em práticas observáveis. Esses construtos foram a base para a operacionalização das variáveis desta pesquisa e estruturam a análise subsequente.

- Funcionalidade e Simplicidade: soluções focadas em requisitos essenciais, design intuitivo e produtos “bons o suficiente” para resolver problemas centrais (Agarwal, Chung & Brem, 2020; Annala *et al.*, 2018).
- Custo e Acessibilidade: estratégias de redução de custos, preços acessíveis, facilidade de manutenção e uso de insumos locais (Tjahjana *et al.*, 2020; Dost & Umrani, 2024).
- Sustentabilidade: práticas de reutilização de materiais, redução de desperdícios e desenho de soluções com baixo impacto ambiental (Ahuja & Chan, 2020; Corsini *et al.*, 2021).
- Inclusão e Cocriação: envolvimento ativo de usuários e comunidades no desenvolvimento de soluções, garantindo aderência cultural e funcional (Radjou, 2024; Annala *et al.*, 2018).
- Robustez e Adaptação: soluções confiáveis em condições de infraestrutura limitada, com alto grau de personalização local (Annala *et al.*, 2018; Agarwal, Chung & Brem, 2020).

- Escalabilidade e Modelo de Negócio: capacidade de crescer em outros mercados, mesmo com restrições de recursos, transformando-se em inovação reversa (McCausland, 2023).
- Mentalidade Frugal: orientação criativa pela escassez, foco no essencial e regeneração local (Bhatti, 2012; Radjou & Prabhu, 2015, 2024).

A tradução desses construtos em variáveis observáveis possibilita a aplicação de técnicas estatísticas de análise multivariada. O escalonamento multidimensional (MDS) é especialmente adequado, pois permite representar graficamente a proximidade ou distância entre *startups* em relação aos atributos definidos. Assim, *startups* que compartilham práticas semelhantes de inovação frugal aparecem próximas nos mapas perceptuais, enquanto aquelas que diferem se afastam. Essa técnica, amplamente utilizada em marketing e comportamento do consumidor para mapear percepções de marcas, é aqui empregada de modo inédito para analisar práticas de inovação em *startups* alagoanas. O elo entre a teoria e a prática é justamente a tabela de construtos e variáveis operacionais, apresentada na seção metodológica, que traduz conceitos abstratos em indicadores mensuráveis para aplicação do MDS.

3. Metodologia

3.1 Tipo de Pesquisa, Universo, Amostra e Instrumento de Coleta de Dados

Este estudo adota uma abordagem quantitativa, descritiva e exploratória, voltada a identificar padrões de inovação frugal em *startups* alagoanas a partir da aplicação do escalonamento multidimensional (MDS). A pesquisa quantitativa é adequada por permitir mensurar atributos específicos da frugalidade, enquanto o caráter exploratório se justifica pela ausência de estudos prévios sistemáticos nesse contexto regional.

O universo da pesquisa compreendeu as *startups* em operação no estado de Alagoas, especialmente aquelas ligadas a programas universitários, incubadoras e hubs de inovação. O universo é estimado num total de 256 startups (SEBRAE, n.d.). A amostra foi constituída por 40 *startups*, selecionadas a partir de acessibilidade dos respondentes e representatividade setorial, respeitando a recomendação da literatura em MDS de que o número de objetos analisados seja pelo menos quatro vezes maior que o número de dimensões representadas.

O instrumento de coleta consistiu em um questionário estruturado, elaborado a partir da literatura sobre inovação frugal. O objetivo foi capturar as percepções dos empreendedores quanto a dimensões-chave da frugalidade em seus processos de inovação.

Os construtos identificados na literatura foram traduzidos em variáveis operacionais para a pesquisa, de forma a assegurar clareza conceitual e alinhamento com as métricas de análise. A Tabela 1 apresenta os construtos, variáveis, definições e autores de referência que fundamentaram a elaboração do questionário.

Tabela 1. Construtos e variáveis operacionais para a pesquisa.

Construto	Variáveis	Definição das Variáveis	Autores
Funcionalidade e Simplicidade	Soluções com foco as funcionalidades e requisitos essenciais	Foco em resolver o problema central com desempenho satisfatório, sem excessos ou adornos.	Agarwal, Chung e Brem (2020); Corsini <i>et al.</i> (2021); Annala <i>et al.</i> (2018); Radjou e Prabhu (2016)
	Soluções simples	Interfaces intuitivas, fácil manutenção e produção local.	
	Soluções boas o suficiente	resolve o problema central com eficiência e foco.	
Custo e Acessibilidade	Soluções para baixa renda	Minimização de gastos em todas as etapas do processo produtivo.	Tjahjana <i>et al.</i> (2020); Dost e Umrani (2024); Radjou e Prabhu (2016), Bhatti (2012); Corsini <i>et al.</i> (2021)
	Estratégia de redução de custos	Preço acessível, facilidade de aquisição, manutenção e uso.	
	Uso de soluções e insumos locais	Aquisição de soluções e insumos na região de origem da inovação	

frugal			
Sustentabilidade	Reutilização de material e redução de desperdícios	Minimização de desperdícios, uso de materiais locais.	Ahuja e Chan (2020); Corsini <i>et al.</i> (2021)
	Economia de recursos no desenho da solução	Uso de produtos com baixo impacto de descarte ou uso de materiais recicláveis	Corsini <i>et al.</i> (2021)
Inclusão e Cocriação	Cocriação com usuários	Envolvimento ativo dos usuários no desenvolvimento e adaptação das soluções.	Radjou (2024); Agarwal, Chung e Brem (2020)
	Inclusão produtiva e social	Iterações com base na experiência do usuário para garantir aderência cultural e funcional.	Annala <i>et al.</i> (2018); Dost e Umrani (2024)
Robustez e Adaptação	Entregas de soluções úteis mediante infraestrutura limitada	Soluções confiáveis mesmo com infraestrutura limitada.	Ahuja e Chan (2020); Annala <i>et al.</i> (2018)
	Entregas de soluções adaptadas	Personalização com base no conhecimento e nas necessidades locais.	Annala <i>et al.</i> (2018); Agarwal, Chung e Brem (2020)
Escalabilidade e Modelo de Negócio	Crescimento do negócio em outras regiões com infraestrutura limitada	Soluções locais que ganham escala e são adaptadas para outros mercados.	McCausland (2023)
	Crescimento do modelo de negócio pouco dependente de mais recursos	Crescimento com poucas inversões	Tjahjana <i>et al.</i> (2020); Ahuja e Chan (2020)
Mentalidade frugal	Mentalidade frugal	Criatividade orientada pela escassez, foco no essencial e regeneração local.	Bhatti (2012); Radjou e Prabhu (2015, 2024)

Fonte: elaborado pelos autores.

Após a definição dos construtos e variáveis, o questionário foi estruturado em escala Likert de 7 pontos (1 = discordo totalmente; 7 = concordo totalmente), permitindo mensurar o grau de concordância dos respondentes em relação a cada item.

3.2 Tratamento, Preparação dos Dados e Procedimentos Analíticos

Os dados coletados foram submetidos a um processo de padronização, de modo a evitar distorções decorrentes de diferenças de escala. Observações inconsistentes e outliers foram avaliadas e, quando necessário, excluídas. A matriz de proximidade utilizada no MDS foi construída a partir das distâncias euclidianas entre as *startups*, considerando os atributos avaliados. A técnica de análise escolhida foi o Escalonamento Multidimensional (MDS).

- No SPSS (PROXSCAL), gerou-se o mapa perceptual das *startups*, com avaliação de qualidade pelos índices de *Stress* e R^2 .
- Em paralelo, aplicaram-se algoritmos de Inteligência Artificial (Python/R), notadamente o SMACOF, para comparar outputs e explorar soluções mais flexíveis, inclusive com integração a clusterização e redução de dimensionalidade.

3.3 Critérios de Validação e Considerações Éticas

A qualidade das soluções foi avaliada por meio do índice *Stress-1* e do R^2 . Consideraram-se aceitáveis soluções com $Stress \leq 0,20$ e $R^2 \geq 0,60$, em conformidade com a literatura sobre MDS. Diagramas de Shepard foram analisados para verificar a correspondência entre distâncias originais e representadas. Foi garantida a confidencialidade das *startups* participantes, com apresentação de resultados apenas de forma agregada. Todos os participantes consentiram em responder ao questionário.

4. Análise dos Resultados

4.1 O contexto de atuação das startups pesquisadas: o ecossistema de inovação em Alagoas

O ecossistema de inovação alagoano está imerso em um ambiente sócio-econômico marcado pela escassez e fragilidades de renda, educação e empregos. O IDH do estado, segundo o IBGE (2024) é o 26º no Brasil (0,684), além de ser o estado nordestino que mais perdeu população segundo os dados no último censo. Ademais, o PIB estadual é produzido majoritariamente por pequenas empresas do setor de comércio e serviços (72%), e a grande empresa alagoana está nos setores da agroindústria do açúcar, na mineração e na indústria química, que representa cerca de 10% do PIB estadual.

Barros e Paixão (2021) consideram o ecossistema de inovação de Alagoas como em expansão, mas que ainda não está maduro, apesar da forte presença de atores público, do desenvolvimento de conhecimento e institucional. Os últimos feitos locais do ecossistema é a entrada de dois Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), com aportes do governo federal e do governo estadual, um voltado para o desenvolvimento de bioinovações e outro voltado para o desenvolvimento de IA para a educação incorporando a mentalidade frugal, a IA despuglada.

Além do governo federal e estadual nos aportes para o financiamento da CTI em Alagoas, outros atores institucionais operam no ecossistema, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Alagoas (SEBRAE/AL), que por questões de projeto institucional opera em Alagoas na articulação de Ecossistemas Locais de Inovação (ELI) em diferentes regiões, como Maceió, Agreste, Sertão e Sul do estado. Os setores identificados como prioritários para a agenda do SEBRAE/AL são as TIC, a economia criativa, o turismo, a saúde, alimentos e bebidas, além de agroprodução (Rosário e Santana, 2025).

A governança local do ecossistema é induzida pelo setor público, particularmente o governo do estado e, mais recentemente, há um esforço da prefeitura municipal de Maceió, capital do estado, se viabilizar como partícipe dessa governança. A atuação do governo estadual é coordenada pela Secretaria de Estado da Ciência, da Tecnologia e da Inovação (SECTI), responsável pela formulação de políticas públicas e editais de incentivo à inovação. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) exerce papel fundamental no fomento à inovação, financiando bolsas e projetos de pesquisa em universidades e centros universitários, além de promover vários editais de fomento que aproximam a academia e o setor produtivo.

Do ponto de vista da geração de conhecimento, a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) destaca-se como protagonista acadêmica, oferecendo infraestrutura de laboratórios, incubadoras, o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT/UFAL) e programas de pós-graduação, como o PROFINIT, que contribuem para a formação de profissionais e para a elaboração de políticas públicas, como as leis estadual e municipal de inovação. O Centro Universitário CESMAC também se insere como ator relevante, com incubadora e Centro de Inovação próprios. Os Institutos Federais de Alagoas (IFAL), especialmente os campi de Batalha e Arapiraca, ampliam o alcance da inovação ao interior do estado, realizando pesquisas em agroindústria, TI para o comércio local e gestão pública. No âmbito da saúde, a Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL) contribui com o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT UNCISAL), promovendo ações de proteção intelectual e transferência de tecnologia, fortalecendo o elo entre pesquisa e aplicação prática.

O setor privado de tecnologia é representado por empresas de base tecnológica como NTech Tecnologia, Doity Plataforma de Eventos, CTEC, BET MONITOR e AUTO SERVICE MOTORS, Handtalk, Trakto, Wenny, entre outras que desenvolvem soluções em TIC, IoT, inteligência artificial, robótica e serviços digitais.

A Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação em Alagoas (ASSESPRO-AL) atua como elo entre empresas de tecnologia, poder público e setores produtivos, promovendo eventos como o *Meeting ASSESPRO* e incentivando a articulação de projetos inovadores.

Os ambientes de inovação, como a Incubadora da UFAL (INCUBAL), recentemente reativada, e o Centro de Inovação do Polo Tecnológico (CIPT), localizado em Maceió, oferecem suporte fundamental para o desenvolvimento de *startups* e empresas inovadoras. O CIPT abriga não apenas empresas, mas também parceiros

institucionais como UFAL, SEBRAE/AL, uma unidade da EMBRAPA junto com a UFAL, no intuito de promover a integração entre pesquisa, empreendedorismo e mercado.

Em relação à distribuição dos atores do ecossistema de inovação em Alagoas, a maioria das empresas de base tecnológica está concentrada em Maceió, com predominância de pequenas empresas jovens, com até dois anos de existência. Muitas delas ainda não estão inseridas em ambientes formais de inovação, como incubadoras ou aceleradoras, embora iniciativas como a INCUBAL e o Programa Centelha estejam em expansão e contribuam para o fortalecimento do setor (Rosário & Santana, 2025).

Assim, é possível entender que o ecossistema de inovação de Alagoas, apesar do ambiente geral ser marcado pela escassez e limitações econômicas, encontra-se em uma fase de expansão, impulsionado por uma articulação crescente entre governos locais, academia e setor produtivo. Embora ainda não tenha atingido plena maturidade, os avanços recentes demonstram um esforço coordenado para consolidar o papel do desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação no estado.

4.2 A percepção de inovação frugal nas startups alagoanas

A caracterização geral da amostra de *startups* pesquisadas, apresentada na Tabela 2, indica que cerca de 60% das empresas respondentes atuam de forma concentradas em quatro setores tecnológicos, com vantagens para as Digitechs (25%), que são voltadas para o desenvolvimento de softwares sob encomenda; Agrotechs (12,5%) e Healthtechs (12,5%), que operam nos mercados da agropecuária e de saúde e bem-estar; e Socialtechs (10%), que operam com ações de impacto social.

Essas características da amostra podem estar indicando as condições do ambiente local, conforme explicitado no item 3.1, e estão direcionando as capacidades empreendedoras para as áreas tecnológicas em destaque.

Tabela 2. Distribuição do número de empresa por área tecnológica.

Área tecnológica da empresa	Frequência	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa	Frequência (IA)	Porcentagem válida (IA)	Porcentagem acumulativa (IA)
Agrotech	5	12,5	12,5	5	12,5	12,5
Biotech	1	2,5	15,0	1	2,5	15
Digitech	9	22,5	37,5	9	22,5	37,5
Digtech	1	2,5	40,0	1	2,5	40
Edtech	3	7,5	47,5	3	7,5	47,5
Femtech	1	2,5	50,0	1	2,5	50
Greentech	3	7,5	57,5	3	7,5	57,5
Healthtech	5	12,5	70,0	5	12,5	70
IAtech	3	7,5	77,5	3	7,5	77,5
Lawtech	1	2,5	80,0	1	2,5	80
Martech	1	2,5	82,5	1	2,5	82,5
Socialtech	4	10,0	92,5	4	10	92,5
Turistech	3	7,5	100,0	3	7,5	100
Total	40	100,0		40	100	

Fonte: saída do SPSS e SMACOF.

A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas de características mais gerais das *startups* pesquisadas:

Tabela 3. Características gerais da amostra e estatísticas descritivas.

	Tempo de Fundação	Nº de fundadores	Nº de empregados	Tempo de Fundação (IA)	Nº de fundadores (IA)	Nº de empregados (IA)
N	40	40	40	40	40	40
Média	3,30	2,38	6,68	3,31	2,39	6,7
Mediana	3,00	2,00	1,00	3	2	1
Mínimo	0	1	0	0	1	0
Máximo	12	7	130	12	7	130

Fonte: saída do SPSS e SMACOF.

Note que em média as *startups* possuem 3,3 anos, o que significa que estão sobrevivendo para além dos dois anos críticos de sobrevivência, o que pode ser reflexo das condições locais da oferta de *funding* público via editais. Do ponto de vista da capacidade humana local, medianamente são dois fundadores por *startup* e um funcionário, mostrando que são de fato micronegócios dependentes de um ambiente de inovação que funcione como uma grande incubadora.

Com base nos resultados obtidos por meio do escalonamento multidimensional, que ordenou as variáveis pesquisadas espacialmente em distâncias representadas em espaço bidimensional, conforme as percepções dos fundadores pesquisados.

A validação do modelo MDS pode ser confirmada na Tabela 4, que mostra que o modelo conseguiu representar as distâncias originais dos dados em um espaço de duas dimensões com excelente fidelidade.

Tabela 4. *Stress* e medidas de ajuste do modelo.

Medida	SPSS	SMACOF (IA)
Stress Bruto Normalizado	0,00907	0,00911
<i>Stress-I</i>	0,09521 ^a	0,09602
<i>Stress-II</i>	0,16714 ^a	0,16800
<i>S-Stress</i>	0,01371 ^b	0,01385
Dispersão contabilizada para (D.A.F.)	0,99093	0,99088
Coefficiente de congruência de Tucker	0,99546	0,99540

PROXSCAL minimiza o *stress* bruto normalizado.

a. Fator de escala ideal = 1,009.

b. Fator de escala ideal = 1,000.

Fonte: saída do SPSS e SMACOF.

Os indicadores *S-Stress* e *Stress* estão relacionados com a soma dos quadrados dos erros, logo, quanto menor for o valor destes indicadores, maior será a qualidade do modelo. Segundo a classificação proposta por Kruskal (Borg, Groenen & Mair, 2018, p. 34), os valores atingidos pelos modelos são considerados razoáveis. O indicador DAF (Dispersão das Proximidades Explicadas) se relaciona com a correlação quadrática, assim sendo, quanto mais próximo de 1,0 for o seu valor, maior será a capacidade de explicação do modelo. Segundo a classificação apresentada por Borg, Groenen e Mair (2018, p. 34), ambos os modelos possuem alto poder explicativo. Em razão dos resultados alcançados, em especial por este último indicador, optou-se pelo modelo com duas dimensões.

Iniciando a análise da percepção pela Tabela 5, de coordenadas finais, que representam a posição relativa de cada variável no espaço bidimensional reduzido (Figura 1), identificam-se as dimensões relevantes que sumarizam as variáveis de percepção. Na interpretação da MDS, considera-se que as dimensões geradas sejam arbitrárias em termos de direção e origem (posições podem ser invertidas ou transladadas sem alterar o ajuste geral), o que importa é a distância relativa entre pontos, e não o sinal isolado dos valores. Portanto, coordenadas próximas, mesmo que com sinais distintos (positivo e negativo pequenos próximos do zero), indicam que os pontos estão próximos no espaço multidimensional (Saeed *et al.*, 2018, p.1.13; Borg, Groenen & Mair, 2018, p. 35).

Isto posto, a interpretação das percepções dos respondentes sobre práticas de inovação frugal nas *startups* sugere que as duas dimensões refletem eixos conceituais centrais da inovação frugal:

- Dimensão 1: relacionada à inclusão social, impacto e acessibilidade.
- Dimensão 2: associada à sustentabilidade, adaptação local e eficiência de recursos.

Essas dimensões, emergem da análise empírica e se alinham fortemente aos pilares teóricos da inovação frugal, que enfatizam a busca por soluções acessíveis, funcionais e sustentáveis em contextos de escassez.

Tabela 5. Coordenadas das dimensões resultantes.

Variáveis	Dimensão SPSS		Dimensão SMACOF	
	1	2	1	2
Soluções com foco as funcionalidades e requisitos essenciais	-0,409	-0,117	-0,412	-0,123
Soluções simples	-0,020	-0,288	-0,011	-0,292
Soluções boas o suficiente	-0,054	0,067	-0,049	0,067
Soluções para baixa renda	0,874	-0,273	0,876	-0,274
Estratégia de redução de custos	-0,138	-0,044	-0,145	-0,048
Uso de soluções e insumos locais	0,523	1,149	0,516	1,151
Reutilização de material e redução de desperdícios	-0,464	0,382	-0,473	0,375
Economia de recursos no desenho da solução	-0,388	0,181	-0,381	0,177
Cocriação com usuários	-0,169	0,248	-0,167	0,245
Inclusão produtiva e social	1,504	-0,085	1,508	-0,086
Entregas de soluções úteis mediante infraestrutura limitada	0,115	-0,806	0,105	-0,800
Entregas de soluções adaptadas	-0,380	0,038	-0,371	0,032
Crescimento do negócio em outras regiões com infraestrutura limitada	-0,458	-0,111	-0,451	-0,111
Crescimento do modelo de negócio pouco dependente de mais recursos	-0,148	-0,319	-0,154	-0,317
Mentalidade frugal	-0,388	-0,022	-0,394	-0,031

Fonte: saída do SPSS e SMACOF.

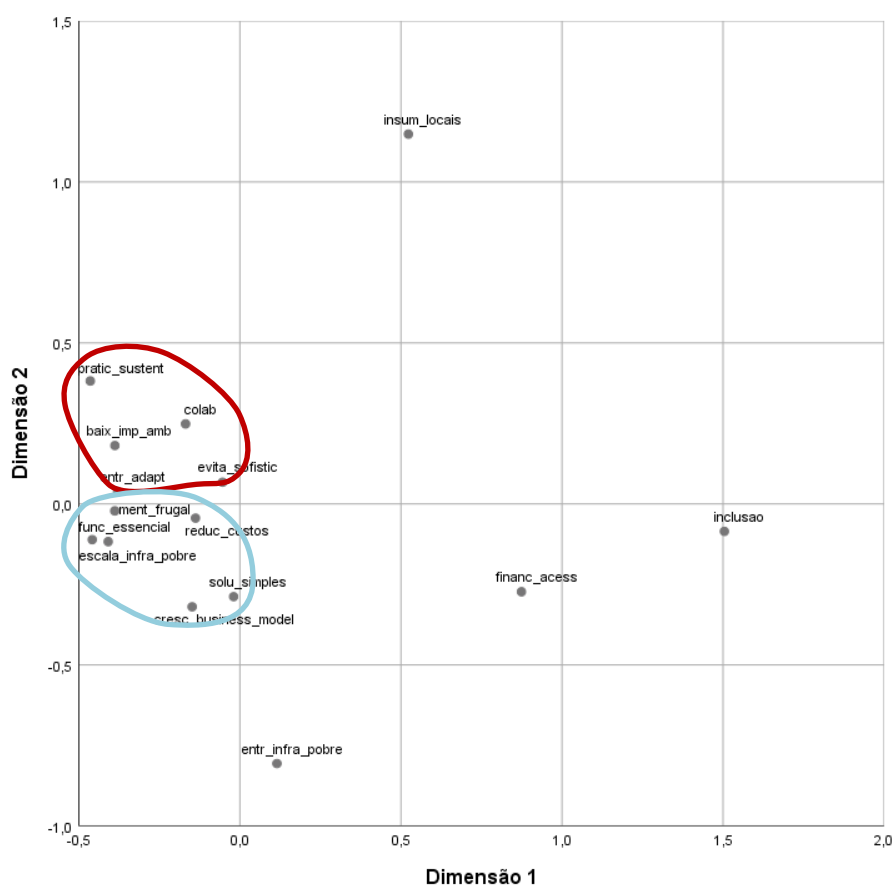
Analisando a Tabela 5, observa-se que estratégias como “Inclusão produtiva e social (inclusão)”, “Soluções para baixa renda (financ_aceess)” e “Uso de soluções e insumos locais (insum_locais)” apresentam valores positivos elevados na dimensão 1, sugerindo forte correlação com a inclusão e impacto social. Do lado oposto, para essa mesma dimensão, com altas cargas negativas, itens como “Reutilização de material (pratic_sustent)”, “Crescimento do negócio em outras regiões com infraestrutura limitada (escala_infra_pobre)”, “Soluções com foco as funcionalidades e requisitos essenciais (func_essencial)”, “Entregas de soluções adaptadas (entr_adapt)”

e “Mentalidade frugal (ment_frugal)” têm valores negativos, indicando um agrupamento distinto, que pode ser associado à sustentabilidade e replicabilidade.

Na análise da dimensão 2 na Tabela 5, com os dados apresentados, identifica-se o peso em estratégias das *startups* indicadas pelas variáveis “Uso de soluções e insumos locais (insum_locais)”, que se destaca com valor positivo elevado, mas ainda no campo positivo as variáveis “Reutilização de material e redução de desperdícios (pratic_sustent)” e “Cocriação com usuários (colab)”, sugerem sustentabilidade e adaptação local. “Entregas de soluções úteis mediante infraestrutura limitada (entr_infra_pobre)” apresenta valor negativo acentuado, indicando um polo oposto, talvez ligado à superação de deficiências estruturais e à busca pelo uso eficiente de recursos.

De modo geral, as duas dimensões apresentam variáveis com coordenadas próximas e por isso tendem a compartilhar características conceituais, que nessa análise são exploradas para identificar sinergias ou redundâncias entre estratégias percebidas pelos fundadores e utilizadas nas *startups*. A noção de proximidade conceitual é explorada ao se apresentar a Figura 1 com o mapa de percepção das variáveis explicativas para a abordagem de inovação frugal.

Figura 1. Mapa de percepção das variáveis explicativas para a abordagem de inovação frugal.



Fonte: saída do SPSS.

A análise dos dados dispostos no espaço bidimensional, na Figura 1, permitiu a identificação de dois grupos de variáveis com maior peso na orientação estratégica percebidas pelos fundadores das *startups* pesquisadas, além de quatro *outliers*.

A análise parte da consideração de que a inovação frugal é uma abordagem estratégica e multidimensional, orientada para o desenvolvimento de soluções inovadoras que sejam acessíveis, funcionais e sustentáveis, especialmente desenhadas para contextos marcados por restrições de recursos, como os mercados emergentes e comunidades vulneráveis (Bhatti, Y., 2012; Ahuja & Chan, 2020).

Isto posto, o primeiro grupo de variáveis analisado se alinha com os conceitos centrais da inovação frugal, que passa pela oferta de soluções boas o suficiente com a priorização na resolução de problemas com foco na eficiência, evitando funcionalidades supérfluas e concentrando-se no essencial. Contudo, a cocriação de soluções com o usuário é fundamental, já que ele é um agente ativo no processo de inovação frugal e por meio de práticas *lean* no desenvolvimento de clientes as *startups* costumam estabelecer canais constantes de interação e aprendizado com usuários finais, conforme apontado por Annala *et al.* (2018) e observado nas práticas das *startups* no ecossistema local.

Assim, surgem as soluções adaptadas, que incorporam o conhecimento local e as especificidades culturais, tornando-se mais robustas, aceitas e eficazes no contexto em que são aplicadas.

A busca por esse tipo de solução está diretamente relacionada à economia de recursos no desenho da solução, ou à engenharia da solução, onde a reutilização de materiais e redução de desperdícios refletem menor impacto ambiental. Essa última característica bem explorada no trabalho de Corsini *et al.* (2021).

Ahuja e Chan (2020) e Tjahjana (2020) mostram em seus trabalhos que as *startups* podem empregar tecnologias digitais para criar soluções *lean*, que minimizam desperdícios e utilizam plataformas digitais para otimizar operações, diminuir necessidades físicas (como espaços físicos para atendimento), e facilitar o acesso a mercados e clientes sem grandes investimentos.

Enfim, esse primeiro grupo de variáveis sugere que as *startups* estão propensas a desenvolver soluções de baixo custo, de forma incremental, testadas e iteradas com os usuários de modo a encontrar o melhor ajuste do produto (product-fit), e assim permitir o acesso da *startup* a um mercado maior.

O segundo grupo de variáveis está alinhado com as práticas que se inter-relacionam para gerar soluções eficazes e de baixo custo em contextos de escassez, articulando as variáveis com maior impacto na operação das *startups*. A variável foco nas funcionalidades e requisitos essenciais, é o ponto de partida da abordagem frugal. No caso de *startups* digitais ou que operam para a transformação digital essa simplicidade se reflete em interfaces intuitivas, fácil manutenção e produção local, tornando as soluções mais acessíveis e adaptadas ao contexto de uso, como preconizado no trabalho de Agarwal *et al.* (2020, p. 139, 144).

A busca por soluções simples faz parte de uma estratégia de redução de custos, que ofereça preços acessíveis, facilidade de aquisição, manutenção e uso são prioridades para democratizar o acesso e ampliar o impacto social (Bhathi, 2012, p. 15). A partir dessa estratégia, os fundadores sugerem que é possível replicar a solução para outras regiões com escassez de recursos, o que implica, segundo Agarwal, Chung e Brem (2020) na flexibilidade e modularidade dessas soluções, que podem ser escaladas e adaptadas a novos mercados sem exigir grandes investimentos adicionais, permitindo crescimento pouco dependente de mais recursos, como apresentado por Ahuja e Chan (2020, p. 104).

A mentalidade frugal, é uma característica que permite o fundador a transformar restrições em oportunidades, por meio do esforço inovador, que seja inclusivo e socialmente relevante (Radjou, 2024).

Por fim, esse segundo grupo de variáveis sugere que os fundadores focados na operação de suas *startups* com forte orientação para o desenvolvimento tecnológico com baixo custo na busca por adaptar suas entregas à realidade do ecossistema de inovação local. Ecossistema esse que está imerso em um contexto de limitações, apesar dos esforços locais para aprofundamento do desenvolvimento tecnológico autóctone.

Os outliers observados na Figura 1 demonstram, por outro lado, que não há percepção dos fundadores em relação às demandas de populações socialmente fragilizadas. Isso pode ser afirmado ao se observar as variáveis com alto grau de dissimilaridade (outliers), que foram: a) inclusão via aquisições de fornecedores locais (insum_local); b) inclusão produtiva e social (inclusão); c) desenvolvimento de soluções para baixa renda (finan_aceess); e d) entregas de soluções úteis mediante infraestrutura limitada (entr_infra_pobre). Portanto, todas estão relacionadas com a inclusão social e produtiva de populações socialmente frágeis.

5 - Considerações Finais

Este artigo teve como objetivo identificar se os processos operacionais e estratégicos para o desenvolvimento tecnológico das *startups* estão alinhados com os conceitos e princípios operacionais da abordagem de inovação frugal. Para atingir esse objetivo, foi aplicado o método analítico do escalonamento multidimensional ao conjunto de respostas originadas dos fundadores das *startups*.

O objetivo da aplicação do método foi compreender as percepções dos respondentes sobre as variáveis que explicam uma inovação frugal e plotar os resultados em um mapa de percepção bidimensional que explicou visualmente como os conceitos de inovação frugal são internalizados nas ações operacionais e estratégicas das *startups*. Os resultados centrais mostraram que:

- a) Análise da percepção da abordagem de inovação frugal nas *startups* em Alagoas revela que as *startups*, de um lado, estão propensas a desenvolver soluções de baixo custo, de forma incremental, testadas e iteradas com os usuários de modo a encontrar o melhor ajuste do produto (product-fit), como instrumento para atingir mais mercados.
- b) Os fundadores são muito mais orientados para a operação cotidiana das *startups*, como forma de manter o baixo custo e adaptar as soluções de acordo com as condições do ecossistema local, do que para a inclusão produtiva e social de populações fragilizadas socialmente.
- c) As práticas de inclusão social e produtiva ainda não são plenamente percebidas ou internalizadas pelos fundadores, indicando uma lacuna na integração de populações socialmente fragilizadas.

Para pesquisa futuras, sugere-se:

- a) a ampliação do escopo de respondentes para a realização de inferências generalizáveis a partir da amostra.
- b) Identificar o impacto dos editais públicos de fomento no tipo de desenvolvimento tecnológico dessas *startups*.
- c) Identificar se a pouca maturidade do ecossistema pode ser impeditivo à transferência tecnológica (escalabilidade e replicabilidade) das soluções frugais locais para outros contextos regionais ou nacionais.

Sobre as limitações do estudo, estas podem surgir devido a diferentes fatores, como: metodologia utilizada; características da amostra; base teórica utilizada; tratamento estatístico adotado; etc. Nesta pesquisa, algumas limitações podem ser destacadas:

- Dadas as características apresentadas pela amostra (não-probabilística), os resultados obtidos não permitem generalizações para todas as *startups* do ecossistema de inovação em Alagoas.
- As técnicas estatísticas utilizadas geram representações estruturais das relações entre as variáveis investigadas, mas não são apropriadas para a realização de inferências estatísticas que vão além dos próprios resultados obtidos.

Mas essa pesquisa contribui com o avanço de uma teoria de inovação frugal ao sugerir que mesmo em ambientes com restrições de recursos e lacunas institucionais, nem sempre é possível observar a integralidade dos princípios norteadores para o desenvolvimento de inovação frugal.

Por fim, apesar da inovação frugal emergir na literatura como um caminho promissor para transformar desafios em soluções de alto impacto, pelo potencial de promover o desenvolvimento sustentável e a inclusão em ambientes com restrições, pela novidade do conceito e a falta de uma estrutura teórica mais sólida, os princípios analíticos e operacionais são pouco ou totalmente não entendidos pelos operadores dos processos de inovação e *policy makers*, particularmente nas regiões que seriam o palco principal das inovações frugais, as regiões periféricas.

Referências

1. Ahuja, S., & Chan, Y. E. (2020). Frugal innovation and digitalisation: A platform ecosystem perspective. In A. J. McMurray & G. A. de Waal (Eds.), *Frugal innovation: A global research companion* (Cap. 5). Routledge. Recuperado de <https://doi.org/10.4324/9780429025679-5>
2. Annala, L., Luikila, T., Krishnan, R. T., Singh, A., & Kiran, A. (2018). Co-production and frugal innovation in drinking water provision in Ahmedabad, India. *Journal of Cleaner Production*, 171, S110–S118. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.037>.
3. Agarwal, N., Chung, K., & Brem, A. (2020). New technologies for frugal innovation. In A. J. McMurray & G. A. de Waal (Eds.), *Frugal innovation: A global research companion* (Cap. 8). Routledge. Recuperado de <https://doi.org/10.4324/9780429025679-8>.
4. Agarwal, N., Shiva Prasad, A., Herstatt, C., & Tiwari, R. (2024). Constraint-based thinking: A structured approach for developing frugal innovations. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(2), 742–754.
5. Barros, J. G., & Paixão, A. E. A. (2021). Análise empreendedora de três ecossistemas de inovação do Nordeste do Brasil. *Revista GEINTEC*, 11(1), 5747–5759. Recuperado de <https://doi.org/10.7198/geintec.v11i1.1477>.
6. Bhatti, Y. (2012). What is frugal, what is innovation? Towards a theory of frugal innovation (Working paper). Said Business School and Green Templeton College. Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=2005910>.
7. Borg, I., Groenen, P. J. F., & Mair, P. (2018). The fit of MDS and unfolding solutions. *Applied multidimensional scaling and unfolding* (pp. 28–42). Springer. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73471-2>.
8. Corsini, L., Dammicco, V., & Moultrie, J. (2021). Frugal innovation in a crisis: The digital fabrication maker response to COVID-19. *R&D Management*, 51(2), 197–212. Recuperado em 10 de maio de 2025, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/radm.12446>.

9. D'Angelo, V., & Magnusson, M. (2022). Frugal approaches to innovation: Industrial settings and innovation strategies. *IEEE Engineering Management Review*, 50(2), 88–92. Recuperado de <https://doi.org/10.1109/EMR.2022.3171133>.
10. da Silva, L. F., Berti, A. P., dos Santos Barros, F., Rosário, F. J. P., & de Lima, A. A. (2023). O programa institucional de bolsas de iniciação em desenvolvimento tecnológico e inovação (PIBITI) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS como potencial fonte de inovação frugal. *P2P e Inovação*, 10(1), 155–177.
11. Dost, M., & Umrani, W. A. (2024). Managerial proactiveness, frugal innovation and firm performance. *The Journal of Entrepreneurship*, 33(2), 393–417. Recuperado de <https://doi.org/10.1177/09713557241256212>.
12. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Escalonamento multidimensional. In *Multivariate Data Analysis* (6ª ed.). Pearson
13. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2024). *Alagoas: Cidades e Estados*. Recuperado em 10 de maio de 2025, de <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al>.
14. Laplane, M. F., Borghi, R. A. Z., & Torracca, J. (2023). Ecossistema de inovação e digitalização: Uma análise da adoção digital entre as empresas da região de Campinas. *Revista Brasileira de Inovação*, 22, e023017.
15. Mazzocchi, M. (2008). *Statistics for Marketing and Consumer Research*. SAGE Publications.
16. McCausland, T. (2023). Reverse innovation, frugal innovation, and jugaad. *Research-Technology Management*, 66(1), 68–70. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/08956308.2023.2142444>.
17. Moreira, G. G., dos Santos, R. J. R., de Carvalho, V. D. H., Rosário, F. J. P., & dos Santos, A. J. (2024). Potential for frugal innovation in a Brazilian regional system: A study based on a multicriteria approach. *Societies*, 14, Article 95. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/soc14060095>.
18. Radjou, N. (2024). *The frugal economy: A guide to building a better world with less*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
19. Radjou, N., & Prabhu, J. (2015). *Frugal innovation: How to do more with less*. Londres, Reino Unido: The Economist.
20. Rosário, F. J. P., de Lima, A. A., & de Oliveira Castro, G. F. (2023). O programa institucional de bolsas de iniciação científica em desenvolvimento tecnológico e inovação (PIBITI) como fonte de inovação frugal na Universidade Federal de Alagoas. *Cadernos de Prospecção*, 16(5), 1428–1442.
21. Rosário, F. J. P., & Santana, L. C. F. (2025). *Missão Alagoas: Políticas públicas e turismo sustentável*. Maceió, AL: EDUFAL.
22. Rovere, R. L. L., Almeida, F. A., Silva, J. T., & Costa, M. R. (2021). Desafios para a mensuração de ecossistemas de inovação e de ecossistemas de empreendedorismo no Brasil. *REGPE - Revista de Gestão, Educação e Pesquisa*, 10(1), e1971. Recuperado de <https://doi.org/10.14211/regepe.v10i1.1971>.
23. Saeed, N., Nam, H., Haq, M. I. U., & Muhammad Saqib, D. B. (2018). A survey on multidimensional scaling. *ACM Computing Surveys*, 51(1), 1–25. Recuperado de <https://doi.org/10.1145/3178155>.
24. SEBRAE. *Ecossistemas de inovação*. Observatório Sebrae Startups. Recuperado em 10 de maio de 2025, de <https://observatorio.sebraestartups.com.br/pt-br/indicadores/ecossistemas-de-inovacao>.
25. Tjahjana, D., Manurung, A. H., Setiadi, N. J., & Kosasih, W. (2020). Innovation, digital business and frugal innovation type. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(3), 820–831.
26. Winterhalter, S., Zeschky, M., Gassmann, O., & Snihur, Y. (2017). Business models for frugal innovation in emerging markets: The case of the medical device and laboratory equipment industry. *Technovation*, 66–67, 3–13. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.07.002>.