

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS - ICSA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS - DEECO

JOÃO VITOR AGUIAR

**Determinantes da Adoção e Intensidade de Tecnologia de Informação e Comunicação nas
Firmas: Evidências Recentes para o Brasil**

Mariana
Fevereiro 2026

JOÃO VITOR AGUIAR

**Determinantes da Adoção e Intensidade de Tecnologia de Informação e Comunicação nas
Firmas: Evidências Recentes para o Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Ciências Econômicas do
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas,
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador(a): Dr. Francisco Horácio Pereira de
Oliveira

Mariana, 2026.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A282d Aguiar, Joao Vitor.

Determinantes da Adoção e Intensidade de Tecnologia de Informação e Comunicação nas Firms [manuscrito]: Evidências Recentes para o Brasil. / Joao Vitor Aguiar. - 2026.

34 f.: il.: gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Francisco Horácio Pereira de Oliveira.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Ciências Econômicas .

1. Empresas brasileiras. 2. Inteligência artificial. 3. Processamento de sinais - Técnicas digitais. 4. Tecnologia - Serviços de informação. I. Oliveira, Francisco Horácio Pereira de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 005.591.6

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter De Sousa - Bibliotecário CRB6 1407



FOLHA DE APROVAÇÃO

João Vitor Aguiar

Determinantes da adoção e intensidade de TIC nas firmas: evidências recentes para o Brasil

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas

Aprovada em 26 de fevereiro de 2026

Membros da banca

Doutor em Economia - Francisco Horácio Pereira de Oliveira - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor em Desenvolvimento Econômico - André Mourthe de Oliveira - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor em História Econômica - Daniel do Val Cosentino - Universidade Federal de Ouro Preto

Francisco Horácio Pereira de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 04/03/2026



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Horacio Pereira de Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/03/2026, às 15:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1069559** e o código CRC **2A04F7AE**.

RESUMO

Este trabalho investiga os determinantes da adoção e da intensidade de uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas firmas brasileiras em 2023. Utilizando os microdados da pesquisa TIC Empresas 2023, o estudo analisa como fatores estruturais e capacidades organizacionais influenciam a transição para tecnologias de fronteira. A metodologia fundamenta-se na estimação de modelos econométricos Logit, para a decisão binária de adoção, e Mínimos Quadrados Ordinários (MQO/OLS) e Poisson, para a mensuração do Índice de Intensidade Digital (IID) ponderado. Os resultados evidenciam que o porte da firma permanece como o principal preditor da digitalização, com empresas de grande porte apresentando uma probabilidade significativamente superior de adotar Inteligência Artificial (IA). Além disso, identificou-se uma forte heterogeneidade setorial, com a liderança do segmento de Informação e Comunicação. O estudo confirma a importância das complementaridades organizacionais, demonstrando que o uso prévio de sistemas de gestão (ERP e CRM) e computação em nuvem reduz as barreiras para inovações mais complexas. Conclui-se que a digitalização empresarial no Brasil permanece concentrada em firmas maiores e em setores mais intensivos em tecnologia, indicando a persistência de disparidades estruturais no processo de difusão das TIC e a necessidade de políticas voltadas à ampliação do acesso e da capacidade de adoção tecnológica entre pequenas e médias empresas.

Palavras-chave: TIC; Inteligência Artificial; Intensidade Digital; Firms Brasileiras; Complementaridades Organizacionais.

ABSTRACT

This study investigates the determinants of the adoption and intensity of Information and Communication Technologies (ICT) in Brazilian firms in 2023. Based on microdata from the "TIC Empresas 2023" survey, the research analyzes how structural factors and organizational capabilities influence the transition toward frontier technologies. The methodology employs Logit econometric models for adoption decisions and Ordinary Least Squares (OLS) and Poisson models to measure a weighted Digital Intensity Index (DII). Results show that firm size remains the primary predictor of digitalization, with large companies exhibiting a significantly higher probability of adopting Artificial Intelligence (AI). Furthermore, strong sectoral heterogeneity was identified, with the "Information and Communication" sector leading technology diffusion. The study confirms the relevance of organizational complementarities, demonstrating that the prior use of management systems (ERP and CRM) and cloud computing acts as an enabler for more complex innovations. The research concludes that business digitalization in Brazil remains concentrated in larger firms and in more technology-intensive sectors, indicating the persistence of structural disparities in the diffusion of ICT and highlighting the need for policies aimed at expanding access to and the capacity for technological adoption among small and medium-sized enterprises.

Keywords: ICT; Artificial Intelligence; Digital Intensity; Brazilian Firms; Organizational Complementarities.

LISTA DE TABELAS

Tabela A1 - Modelos com pesos amostrais (Svy-Logit e Svy-OLS)	28
Tabela A2 - Determinantes da adoção de IA e da intensidade digital (IID)	30

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Adoção de TICs por porte da empresa – Brasil, 2023	16
Figura 2 - Uso de Inteligência Artificial por setor de atividade – Brasil, 2023.....	17
Figura 3 - Adoção de sistemas de gestão (ERP e CRM) por porte da empresa – Brasil, 2023.....	18
Figura 4 - Adoção de tecnologias digitais avançadas por porte da empresa – Brasil, 2023.....	19
Figura 5 - Principais barreiras ao uso de Inteligência Artificial entre empresas não adotantes – Brasil, 2023.....	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3 METODOLOGIA.....	11
3.1. Fontes de Dados e Amostra	11
3.2. Definição das Variáveis.....	11
3.3. Modelos Econométricos	12
3.3.1. Modelo para Adoção (Logit)	12
3.3.2. Modelo para Intensidade (OLS)	13
3.4. Estratégia de Estimação e Robustez	13
4 RESULTADOS	14
4.1 Análise exploratória da adoção e intensidade de uso de TIC nas firmas brasileiras	14
4.1.1 Adoção de TIC por porte da empresa.....	14
4.1.2 Uso de Inteligência Artificial por setor de atividade.....	16
4.1.3 Sistemas de gestão e capacidades organizacionais.....	17
4.1.4 Tecnologias digitais avançadas e intensidade de uso	18
4.1.5 Barreiras à adoção de Inteligência Artificial	19
4.2 Resultados dos Modelos Econométricos	20
4.2.1 Determinantes da Adoção de Inteligência Artificial e Intensidade Digital	21
4.2.2 Complementaridades e Capacidades Organizacionais	21
4.2.1 Análise Regional e o Intercepto.....	22
4.3 Discussão: Resultados e o Viés de Habilidade.....	22
5 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS	25
Apêndices	26
APÊNDICE A – Resultados das Estimações (Modelos Principais).....	27

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a incorporação de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) assumiu papel central na transformação dos sistemas produtivos, influenciando diretamente a competitividade, a eficiência e os padrões de organização das firmas. A literatura econômica estabelece que os benefícios das TIC não são automáticos, mas dependem de complementaridades com mudanças organizacionais e qualificação da força de trabalho. Nesse sentido, as TIC atuam como tecnologias de propósito geral, capazes de alterar profundamente os processos de produção e gestão.

Um dos estudos mais influentes sobre esse tema em economias emergentes é o de Basant, Commander, Harrison e Menezes-Filho (2006), que examinou os determinantes da adoção tecnológica no Brasil e na Índia. Embora o presente trabalho trate exclusivamente do caso brasileiro contemporâneo, o estudo de Basant et al. permanece como referência analítica fundamental. Ele oferece um modelo sólido para compreender como o tamanho da firma, a qualificação da mão de obra e as restrições institucionais moldam a decisão de investir em tecnologias digitais em ambientes marcados por heterogeneidade estrutural.

Especificamente, Basant et al. (2006) demonstraram que, no Brasil, a adoção de TIC possui um forte viés de habilidade (*skill-bias*), sendo positivamente correlacionada com a proporção de trabalhadores com ensino médio e superior. Além disso, o estudo indicou que a disponibilidade de mão de obra qualificada era percebida como uma restrição significativa para mais da metade das firmas brasileiras. Ao transpor essa análise para 2023, este trabalho questiona se a escassez de capital humano digital específico ainda atua como o principal gargalo para a difusão de tecnologias de fronteira, como a Inteligência Artificial.

No cenário brasileiro atual, a digitalização empresarial avançou, mas de forma assimétrica. Dados da pesquisa TIC Empresas 2023 indicam que, embora a conectividade básica (acesso à Internet e fibra ótica) tenha se tornado quase universal nas firmas com 10 ou mais ocupados, a difusão de tecnologias sofisticadas, como computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), ainda enfrenta barreiras significativas. Essa distinção sugere que a

"brecha digital" deslocou-se do simples acesso para a intensidade do uso e a capacidade de integrar ferramentas complexas aos processos de negócio.

Diante desse quadro, a análise dos determinantes da difusão tecnológica é essencial para compreender como fatores estruturais e organizacionais moldam a modernização no país. Além de permitir uma leitura atualizada sobre desigualdades digitais, o estudo contribui para o desenho de políticas públicas, alinhando-se a iniciativas que colocam a transformação digital como eixo de competitividade.

Portanto, este trabalho investiga os determinantes da adoção (decisão de uso) e da intensidade (nível de diversificação tecnológica) de TIC nas firmas brasileiras em 2023. Tomando a estrutura de Basant et al. (2006) como ponto de partida e utilizando os microdados da TIC Empresas, o estudo busca identificar se as variáveis clássicas, como porte e setor, ainda explicam a heterogeneidade na difusão de tecnologias avançadas ou se novos impulsionadores se tornaram preponderantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A literatura sobre adoção de TIC nas firmas destaca que essas tecnologias constituem um vetor essencial de aumento de produtividade, reorganização dos processos produtivos e inovação (Bresnahan, Brynjolfsson & Hitt, 2002; Brynjolfsson & Hitt, 2000). No Brasil, a investigação sobre o tema ganhou relevância tanto no debate acadêmico quanto nas políticas públicas voltadas à modernização industrial.

Mesmo analisando inicialmente Brasil e Índia, Basant, Commander, Harrison e Menezes-Filho (2006) fornecem um arcabouço conceitual aplicável ao caso brasileiro isoladamente. O estudo mostra que a decisão de adoção depende de características internas às firmas, tais como porte, capital humano, estrutura organizacional e investimentos complementares, além de fatores institucionais como infraestrutura e ambiente regulatório. Para o Brasil, Basant et al. documentam que empresas maiores, mais capitalizadas e com maior proporção de trabalhadores qualificados apresentam probabilidade mais elevada de adotar tecnologias digitais.

No âmbito nacional, as pesquisas do Cetic.br constituem a principal fonte de acompanhamento da evolução da digitalização empresarial, seguindo padrões internacionais de mensuração. Segundo a TIC Empresas 2023 (NIC.br, 2024), observa-se uma consolidação da infraestrutura digital básica, especialmente o acesso à fibra ótica, e o uso crescente de ferramentas relacionadas ao comércio eletrônico. No entanto, tecnologias mais avançadas, como nuvem, IoT e IA, permanecem limitadas às grandes empresas e a setores específicos, reforçando a heterogeneidade estrutural identificada por Basant et al.

Outros estudos brasileiros identificam padrões similares. Kubota & Rosa (2021) argumentam que a digitalização no país está diretamente associada ao nível educacional da força de trabalho e à capacidade de investimento. Meirelles (2020) ressalta que, embora ampliem o uso de ferramentas básicas, as empresas brasileiras enfrentam barreiras de custo e gestão para migrar para estágios mais avançados. Essa distinção é crucial, pois sugere que a barreira digital não reside apenas na decisão binária de adotar (ter ou não ter), mas na intensidade do uso e na complexidade das soluções integradas.

Adicionalmente, a literatura de inovação, ancorada nas diretrizes do Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018), reforça que a adoção eficaz de TIC não ocorre de forma isolada. Ela depende de complementaridades com treinamento, reorganização produtiva e práticas modernas de gestão. Essa perspectiva converge com a tese de Basant et al. (2006) de que os retornos das TIC são potencializados quando tecnologia e organização operam de forma conjunta.

Por fim, políticas públicas recentes, como a Nova Indústria Brasil (2024), buscam enfrentar as limitações estruturais, como baixa qualificação e infraestrutura desigual, estabelecendo metas de modernização digital. Assim, a literatura sugere que tanto a adoção quanto a intensidade de TIC no Brasil são determinadas por três grupos de fatores fundamentais:

Características da firma (porte, setor, capacidade);

Fatores organizacionais (práticas de gestão e complementares);

Condições de infraestrutura e ambiente externo.

Esses elementos fundamentam as hipóteses e os modelos econométricos deste trabalho (Logit para adoção e MQO para intensidade), oferecendo base sólida para compreender a trajetória atual da digitalização empresarial brasileira.

3 METODOLOGIA

O trabalho estima os determinantes da adoção e da intensidade de uso de TIC nas firmas, atualizando o arcabouço de Basant et al. (2006) para o contexto contemporâneo de tecnologias como nuvem, IA e comércio eletrônico¹. A identificação baseia-se na variação entre firmas (cross-section), controlando sistematicamente por porte, setor (CNAE-seção) e macrorregião. O estudo foca em dois desfechos principais: (1) a decisão de adoção (sim / não) de tecnologias-chave e (2) a intensidade digital (nível e complexidade de uso).

3.1. Fontes de Dados e Amostra

Fonte Única: A fonte de dados é a pesquisa TIC Empresas 2023 (Cetic.br/NIC.br/CGI.br), com representatividade para empresas com 10 ou mais pessoas ocupadas.

Escopo: O estudo foca exclusivamente no Brasil no ano de 2023.

Cobertura: A amostra é estratificada por porte (ex: 10-49, 50-249, 250+ pessoas), seção CNAE e as cinco macrorregiões, conforme desenho da pesquisa.

3.2. Definição das Variáveis

Variáveis Dependentes (Desfechos):

Adoção (Binária): Serão utilizadas variáveis dummy (0 ou 1) para a adoção de tecnologias de fronteira. O foco recairá sobre desfechos estratégicos, especificamente a Adoção de Inteligência Artificial (IA) e/ou Realização de Vendas por Comércio Eletrônico.

Intensidade (Índice Ponderado): Será construído um Índice de Intensidade Digital (IID). Diferentemente de uma soma simples, este índice atribui pesos baseados na complexidade da tecnologia, reconhecendo que ferramentas avançadas exigem maior maturidade organizacional.

A fórmula proposta é:

$$IID_i = \sum (T_{\text{básico}} \times 1) + \sum (T_{\text{avançado}} \times 2)$$

Tecnologias Básicas (Peso 1): Ter website, uso de e-mail corporativo, acesso à fibra ótica.

Tecnologias Avançadas (Peso 2): Uso de Computação em Nuvem paga, Inteligência Artificial, Big Data ou Vendas Online.

Variáveis Independentes (Determinantes):

Para capturar os efeitos estruturais identificados por Basant et al. (2006), as variáveis explicativas foram divididas em quatro grupos:

1. Características da Firma (Controles Clássicos):

Porte: Logaritmo natural do número de pessoas ocupadas. Basant aponta o tamanho como preditor central da capacidade de investimento.

Setor e Região: Dummies para seções CNAE e Macrorregiões.

2. Práticas Organizacionais e de Gestão:

Para capturar a integração de processos (complementaridade organizacional), utiliza-se a variável de uso de Software de Gestão Integrada (ERP/CRM). Isso substitui variáveis triviais (como "ter website") para focar na maturidade de gestão necessária para suportar TICs complexas.

3. Infraestrutura:

Velocidade de conexão contratada (Mbps), testando se a qualidade da banda larga é uma barreira física para tecnologias dependentes de dados (como a Nuvem).

3.3. Modelos Econométricos

Serão estimados dois conjuntos de modelos para endereçar a natureza distinta das decisões de adoção (binária) e intensidade (contínua/ordinal).

3.3.1. Modelo para Adoção (Logit)

Para estimar a probabilidade de uma firma i adotar uma tecnologia de fronteira (ex: $Y_i = 1$ se adota IA), será utilizado um modelo Logit. A especificação incorpora o capital humano como fator explicativo central:

Especificação:

$$\Pr(Y_i = 1 | X_i) = \Lambda(\alpha + \beta_1 \text{Porte}_i + \beta_2 \text{Gestao}_i + \lambda \text{Setor}_i + \delta \text{Regiao}_i)$$

Onde: $\Lambda(.)$ é a função logística.

Para analisar os determinantes da adoção de Inteligência Artificial pelas firmas, estima-se um modelo Logit, apropriado para variáveis dependentes binárias. Os resultados são apresentados na forma de coeficientes estimados, cuja interpretação se dá em termos da variação na log-razão de chances (log-odds) de adoção associada às variáveis explicativas. A análise empírica concentra-se principalmente no sinal, magnitude relativa e significância estatística dos coeficientes, uma vez que estes permitem identificar os fatores associados a uma maior propensão à adoção de IA pelas firmas.

3.3.2. Modelo para Intensidade (OLS)

Para estimar os determinantes do Índice de Intensidade Digital (IID) ponderado, será utilizado o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO/OLS).

Especificação:

$$IDD_i = \alpha + \beta_1 \text{Porte}_i + \beta_2 \text{Gestao}_i + \beta_3 \text{Infraestrutura}_i + \varepsilon_i$$

Neste modelo, a hipótese é que o Porte β_1 terá um efeito magnitude maior do que no modelo binário, sugerindo que empresas maiores não apenas adotam mais, mas adotam um portfólio mais complexo e diversificado de tecnologias.

3.4. Estratégia de Estimação e Robustez

Identificação: A estratégia assume a exogeneidade condicional aos controles observáveis (setor, região, porte). Reconhece-se a limitação de dados cross-section para

inferir causalidade estrita, interpretando-se os coeficientes como associações condicionais robustas.

Estimação: Os modelos utilizarão os pesos de expansão da pesquisa TIC Empresas para garantir representatividade nacional e erros-padrão robustos para corrigir heterocedasticidade.

Robustez: A consistência será verificada comparando os determinantes do índice ponderado (OLS) com os determinantes da adoção simples (Logit), além de testes em subamostras de Pequenas e Médias Empresas (PMEs) versus Grandes Empresas.

4 RESULTADOS

4.1 Análise exploratória da adoção e intensidade de uso de TIC nas firmas brasileiras

Esta seção apresenta uma análise exploratória dos dados da Pesquisa TIC Empresas 2023, com o objetivo de identificar padrões gerais de adoção de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) entre firmas brasileiras, bem como evidenciar heterogeneidades associadas ao porte e ao setor de atuação. Essa etapa tem caráter descritivo e visa fundamentar empiricamente a modelagem econométrica subsequente, alinhando-se à literatura que interpreta as TIC como tecnologias de propósito geral, cujo impacto depende da existência de ativos e capacidades complementares.

4.1.1 Adoção de TIC por porte da empresa

A Figura 1 detalha a taxa de adoção de diferentes TICs segundo o porte das empresas, permitindo identificar uma distinção clara entre a conectividade básica e as tecnologias de fronteira. Observa-se que tecnologias de menor complexidade, como o website corporativo, apresentam elevada difusão em todos os estratos, alcançando cerca de 85% entre as grandes firmas. Um ponto de destaque é o comportamento das vendas online, que apresentam taxas superiores nas pequenas empresas (~71%) em comparação às grandes (~63%). Este dado sugere que, para firmas menores, o comércio eletrônico pode atuar como uma estratégia vital de acesso ao mercado, apresentando

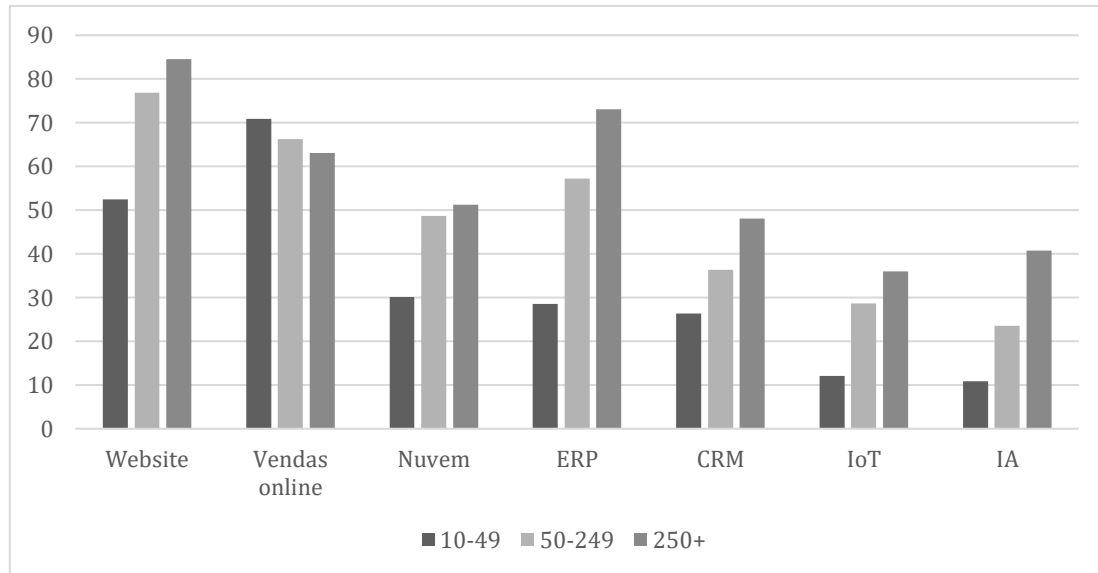
barreiras de entrada proporcionalmente menores do que a reestruturação de processos internos complexos.

Em contraste, as tecnologias que exigem maior grau de integração organizacional e ativos complementares exibem um gradiente fortemente crescente com o porte da firma. A adoção de sistemas de gestão (ERP), por exemplo, salta de 28,6% nas pequenas para 73,1% nas empresas com 250 ou mais ocupados. Conforme a literatura de Brynjolfsson e Hitt (2000), essa disparidade ocorre porque tais sistemas dependem de maturidade organizacional e padronização de processos, ativos frequentemente escassos em firmas de menor escala.

O hiato tecnológico torna-se ainda mais evidente na análise da Inteligência Artificial (IA) e da Internet das Coisas (IoT). Enquanto apenas 10,9% das pequenas empresas utilizam IA, a proporção quadruplica para 40,8% entre as grandes. Este padrão reforça a tese de Basant et al. (2006) sobre a existência de uma heterogeneidade estrutural no Brasil, onde o porte da firma atua como um preditor central não apenas pela capacidade de investimento, mas pela facilidade em mitigar o viés de habilidade (skill-bias).

Dessa forma, os dados indicam que a "brecha digital" brasileira deslocou-se do simples acesso à rede para a capacidade de integrar ferramentas sofisticadas. A adoção de tecnologias avançadas parece ser precedida pela implementação de sistemas como ERP e CRM, que funcionam como indicadores de maturidade digital e infraestrutura lógica necessária para suportar inovações de propósito geral, como a IA.

Figura 1 – Adoção de TICs por porte da empresa – Brasil, 2023



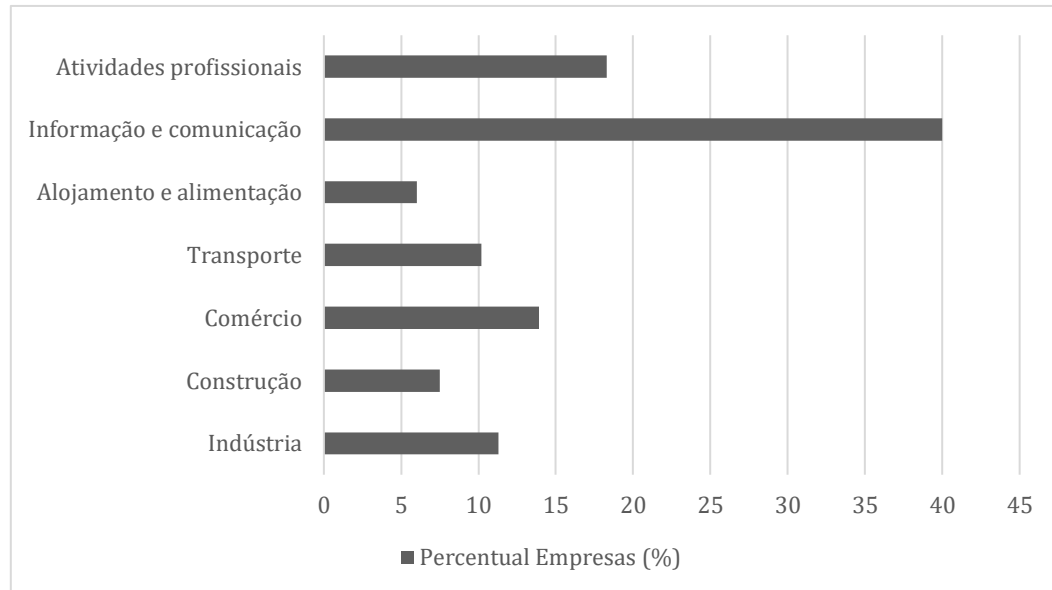
Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa TIC Empresas 2023.

4.1.2 Uso de Inteligência Artificial por setor de atividade

A Figura 2 evidencia uma forte heterogeneidade setorial na adoção de Inteligência Artificial no Brasil em 2023. O setor de Informação e Comunicação apresenta a maior taxa de adoção (40,0%), seguido pelas atividades profissionais, científicas e técnicas (18,3%). Esse resultado sugere que a difusão da IA é acelerada em setores intensivos em dados e conhecimento, onde o retorno esperado da tecnologia é mais direto e a infraestrutura digital já se encontra madura.

Em contrapartida, setores como alojamento e alimentação, construção e transporte exibem níveis de adoção significativamente inferiores. Essa disparidade reforça a importância de controlar os efeitos setoriais na análise econométrica subsequente. A baixa penetração nesses segmentos pode estar associada não apenas a restrições orçamentárias, mas à natureza das tarefas produtivas, que muitas vezes demandam inovações em hardware ou processos físicos antes da integração de soluções puramente analíticas como a IA. Conforme sugerido pela literatura de Tecnologias de Propósito Geral (GPT), a difusão ocorre de forma assimétrica, priorizando setores onde a complementaridade entre a tecnologia e os ativos pré-existentes é mais evidente.

Figura 2 - Uso de Inteligência Artificial por setor de atividade – Brasil, 2023



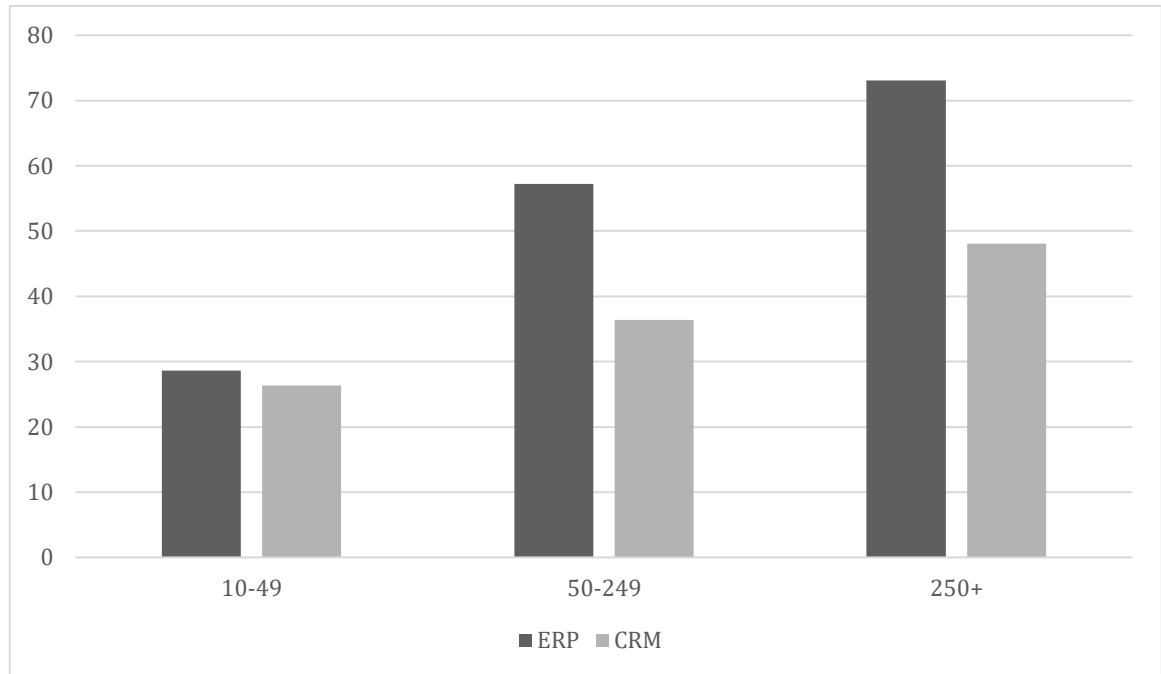
Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa TIC Empresas 2023.

4.1.3 Sistemas de gestão e capacidades organizacionais

A Figura 3 detalha a adoção de sistemas ERP e CRM, variáveis que no presente estudo funcionam como proxies para a maturidade de gestão das firmas. Observa-se que a utilização de ERP escala de forma acentuada com o porte, partindo de 28,6% entre as pequenas empresas e atingindo 73,1% entre as grandes. O CRM acompanha essa tendência, embora em níveis de penetração inferiores.

Esses resultados corroboram a literatura de complementaridades organizacionais (Milgrom & Roberts, 1990; 1995), sugerindo que o sucesso na adoção de TICs avançadas não depende apenas do investimento em capital físico, mas da existência de capacidades prévias de coordenação e tratamento de dados. Sob a ótica econômica, os sistemas de gestão reduzem assimetrias de informação interna e preparam a infraestrutura lógica necessária para ferramentas de análise preditiva. Portanto, o ERP e o CRM podem ser interpretados como ativos complementares essenciais que aumentam o retorno marginal de tecnologias de fronteira, como a Nuvem e a IA.

Figura 3 - Adoção de sistemas de gestão (ERP e CRM) por porte da empresa – Brasil, 2023



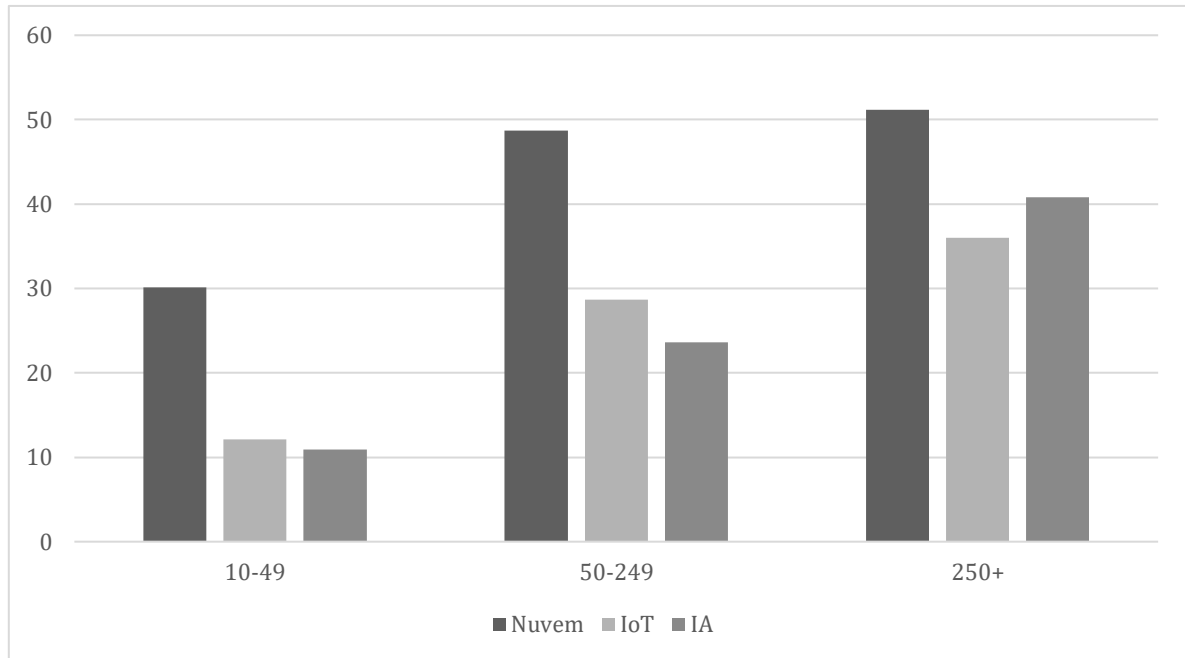
Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa TIC Empresas 2023.

4.1.4 Tecnologias digitais avançadas e intensidade de uso

A Figura 4 compara a adoção de computação em nuvem, IoT e IA por porte da empresa, evidenciando um padrão de crescimento não linear conforme aumenta a escala produtiva. Enquanto a computação em nuvem apresenta taxas intermediárias de adoção em todos os estratos (variando de ~30% a ~51%), a IoT e, sobretudo, a IA permanecem fortemente concentradas entre empresas médias e grandes.

Esse padrão sugere que o porte da firma está associado não apenas à decisão binária de adoção, mas também à intensidade e complexidade do uso das TICs. Sob a ótica de Bresnahan, Brynjolfsson e Hitt (2002), o acúmulo dessas tecnologias indica que firmas maiores possuem maior capacidade de reorganização dos processos produtivos para extrair ganhos de produtividade das inovações de fronteira. A disparidade observada oferece uma justificativa empírica para a construção do Índice de Intensidade Digital (IID) proposto nesta pesquisa, reconhecendo que ferramentas avançadas exigem maior maturidade organizacional e ativos complementares do que a conectividade básica.

Figura 4 - Adoção de tecnologias digitais avançadas por porte da empresa – Brasil, 2023



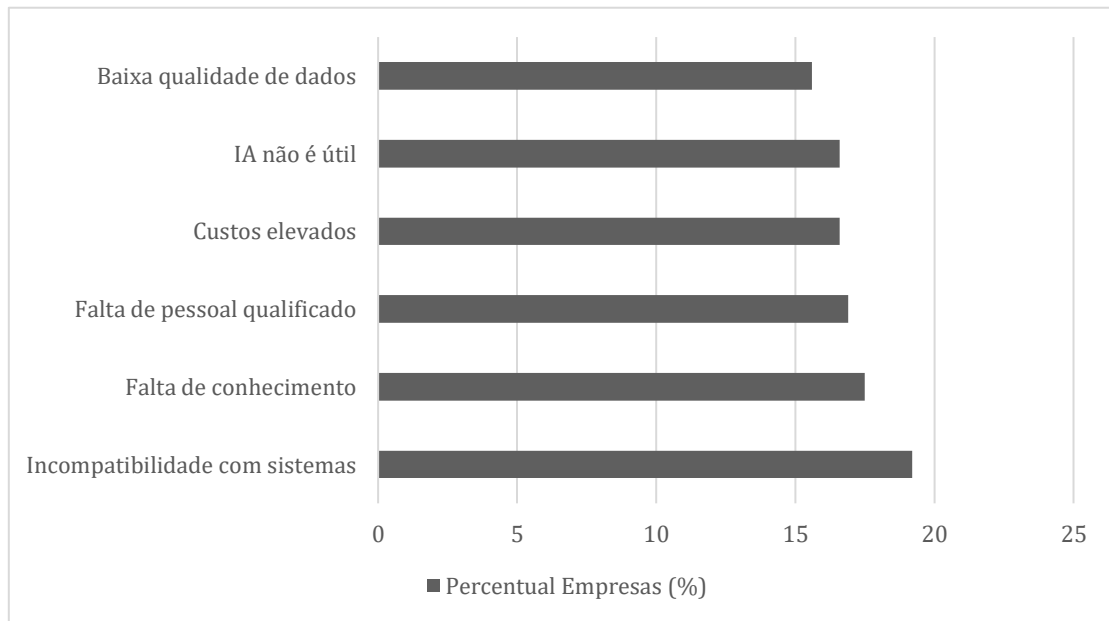
Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa TIC Empresas 2023.

4.1.5 Barreiras à adoção de Inteligência Artificial

Por fim, a Figura 5 apresenta os principais obstáculos ao uso de IA entre as empresas brasileiras não adotantes em 2023. Os dados revelam que a não adoção está intrinsecamente ligada a restrições organizacionais e técnicas, superando inclusive os fatores puramente financeiros. Destacam-se a incompatibilidade com sistemas existentes (19,2%), a falta de conhecimento sobre soluções adequadas (17,4%) e a escassez de pessoal qualificado (16,9%).

A predominância de barreiras ligadas ao conhecimento e à infraestrutura de sistemas corrobora a literatura que enfatiza o papel das complementaridades tecnológicas e do capital humano. O fato de a "falta de pessoal qualificado" ser um dos principais gargalos valida a hipótese de skill-bias (Basant et al., 2006) e sugere que políticas públicas de difusão tecnológica devem ir além do subsídio ao capital físico, focando na formação de competências digitais específicas. Além disso, a barreira da incompatibilidade sistêmica reforça que a maturidade digital é um processo cumulativo, onde a ausência de sistemas de gestão integrados (ERP) atua como um limitador físico para a inovação de fronteira.

Figura 5 - Principais barreiras ao uso de Inteligência Artificial entre empresas não adotantes – Brasil, 2023



Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa TIC Empresas 2023.

4.2 Resultados dos Modelos Econométricos

A análise econométrica busca identificar os determinantes da adoção de Inteligência Artificial e da intensidade digital nas firmas brasileiras em 2023. Cabe ressaltar que tecnologias digitais básicas, como a presença de website e a realização de vendas online, embora fundamentais na análise descritiva e na construção do Índice de Intensidade Digital (IID), não foram incluídas como variáveis regressoras nos modelos econométricos. Tal escolha justifica-se pela elevada difusão e baixa capacidade discriminatória dessas ferramentas no extrato analisado, além do fato de já estarem incorporadas ao cálculo do próprio índice. Assim, a análise concentra-se em tecnologias intermediárias e avançadas, que capturam com maior precisão as capacidades organizacionais e as complementaridades relevantes para a fronteira tecnológica.

Cabe destacar que os coeficientes apresentados nas Tabelas referentes ao modelo Logit não representam variações diretas em probabilidades, mas sim associações em termos da log-razão de chances de adoção de Inteligência Artificial. Dessa forma, a interpretação dos resultados concentra-se nos sinais, significância estatística e magnitude relativa dos coeficientes, permitindo identificar os fatores mais fortemente associados à probabilidade de adoção de IA pelas firmas.

4.2.1 Determinantes da Adoção de Inteligência Artificial e Intensidade Digital

Os resultados confirmam que o porte da firma é um dos preditores mais robustos da modernização tecnológica, corroborando a literatura clássica.

Empresas Médias (cod_porte3): Em comparação às pequenas firmas (referência), apresentam maior probabilidade de adotar IA (0,514** no Logit) e um Índice de Intensidade Digital (IID) cerca de 0,63 ponto superior no modelo OLS. Isso indica que a transição do porte pequeno para o médio já eleva significativamente o nível de digitalização da firma.

Empresas de Grande Porte (cod_porte4): O impacto é ainda mais acentuado, com uma chance de adoção de IA significativamente superior (1,089*** no Logit) e um IID médio 1,2 ponto maior que o das pequenas empresas. A escala produtiva reduz as barreiras ao investimento e facilita a diluição dos custos fixos de implementação.

Setores Intensivos em Informação (cod_cnae6): Este grupo destaca-se como o líder absoluto, apresentando os maiores coeficientes: 1,159*** para adoção de IA e 1,315*** para intensidade digital. Setores tradicionais, por outro lado, apresentam menor retorno esperado e coeficientes de baixa significância.

4.2.2 Complementaridades e Capacidades Organizacionais

Os resultados mais expressivos referem-se às variáveis de gestão e infraestrutura, que atuam como ativos complementares essenciais.

Sistemas de Gestão (ERP e CRM): A presença de ERP (2,778*** no OLS) e CRM (2,760*** no OLS) possui um impacto massivo na intensidade digital. Empresas com essas ferramentas têm mais chance de adotar IA, confirmando que a digitalização depende de uma estrutura organizacional prévia baseada em dados e padronização de processos.

Computação em Nuvem (iid_nuvem): Esta variável apresentou o maior coeficiente individual no modelo Logit para adoção de IA (0,731*** no modelo principal e 0,866*** no modelo com pesos). A nuvem funciona como a infraestrutura crítica e o pré-requisito técnico para ferramentas de fronteira.

Robustez do Modelo Poisson: A consistência dos resultados é reforçada pelo modelo Poisson, que manteve a significância estatística e o sinal positivo dos coeficientes para as variáveis de porte e gestão, corroborando os achados dos modelos Logit e OLS

4.2.1 Análise Regional e o Intercepto

Distribuição Regional: Após controlar por porte e setor, a localização geográfica perde relevância explicativa. O Nordeste (cod_regiao3) apresenta um efeito positivo marginal no IID (0,210+ no OLS), mas, no geral, a estrutura produtiva da firma é mais determinante do que sua região.

A Firma Base (Intercepto): O intercepto negativo no modelo Logit (-3,232****) representa a firma de referência: pequena, de setor tradicional, sem sistemas de gestão ou nuvem. Para este perfil, a probabilidade estatística de adotar Inteligência Artificial é próxima de zero, evidenciando o abismo tecnológico em relação às firmas de alta maturidade digital.

4.3 Discussão: Resultados e o Viés de Habilidade

Em suma, os resultados dos modelos convergem para a tese de que a adoção e a intensidade de TIC nas firmas brasileiras são processos marcados por um forte viés de habilidade (skill-bias). A alta significância das variáveis de gestão e infraestrutura indica que tecnologias de fronteira, como a Inteligência Artificial, não operam de forma isolada, mas exigem um estoque crítico de capital humano e capacidades organizacionais prévias.

Sob a ótica de Basant et al. (2006), o fato de o setor de Informação e Comunicação liderar a difusão tecnológica sugere que o retorno marginal dessas inovações é maior onde a força de trabalho já possui qualificações digitais específicas. Além disso, a forte correlação entre a computação em nuvem e a IA reforça que a infraestrutura digital atua como um facilitador, mas a barreira final à digitalização plena reside na escassez de pessoal qualificado e na falta de conhecimento técnico. Os dados sustentam que a modernização das firmas brasileiras em 2023 é um fenômeno cumulativo e seletivo, onde a escala produtiva e a maturidade da gestão são determinantes para transpor o gargalo do capital humano e viabilizar a transição para a economia digital.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou os determinantes da adoção e da intensidade de uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas firmas brasileiras em 2023, fundamentando-se nos microdados da pesquisa TIC Empresas. A investigação partiu da premissa de que a digitalização não ocorre de forma homogênea, sendo condicionada por fatores estruturais e pela capacidade organizacional interna das firmas.

Principais Achados

As evidências obtidas confirmam que a "brecha digital" no Brasil atravessou uma mudança qualitativa: deslocou-se do simples acesso à conectividade básica, hoje praticamente universalizada em firmas com mais de 10 ocupados, para a sofisticação e intensidade no uso de tecnologias de fronteira, como a Inteligência Artificial (IA).

Porte e Escala: O tamanho da firma permanece como o preditor central do processo de modernização. Empresas de grande porte apresentam uma propensão à adoção de IA drasticamente superior à das pequenas firmas, beneficiando-se de economias de escala, maior capacidade de investimento e diluição de custos fixos.

Maturidade Organizacional: A presença de sistemas de gestão integrada (ERP e CRM) e a utilização de computação em nuvem revelaram-se pré-requisitos fundamentais. Esses ativos complementares são essenciais para reduzir assimetrias de informação e estruturar a infraestrutura lógica necessária para a integração bem-sucedida de soluções tecnológicas complexas.

Heterogeneidade Setorial: O setor de Informação e Comunicação mantém-se na vanguarda tecnológica. Isso indica que o retorno marginal da digitalização é maximizado em atividades econômicas intensivas em dados e conhecimento.

Contribuições Teóricas e Econômicas

Sob a ótica teórica, este trabalho ratifica a tese do viés de habilidade (skill-bias) proposta originalmente por Basant et al. (2006). Os resultados demonstram que a escassez de capital humano

qualificado e a rigidez de sistemas legados (incompatibilidade tecnológica) representam os principais obstáculos à difusão da IA no cenário nacional.

Conclui-se que a modernização empresarial no Brasil é um processo cumulativo. Firms que já possuem uma trajetória consolidada de maturidade de gestão e infraestrutura digital prévia são aquelas mais aptas a extrair ganhos de produtividade das novas tecnologias disponíveis.

Recomendações de Política Pública

Para mitigar as disparidades identificadas, as estratégias de transformação digital devem transcender o mero incentivo à aquisição de hardware e software. É imperativo que as políticas públicas foquem em:

Capacitação Profissional: Implementação de programas de treinamento voltados a habilidades digitais específicas para colaboradores de Pequenas e Médias Empresas (PMEs).

Modernização da Gestão: Estímulos para a adoção de sistemas de gestão integrada em setores tradicionais, visando a estruturação de bases de dados robustas indispensáveis para inovações futuras.

Limitações e Estudos Futuros

Embora este estudo forneça um diagnóstico robusto para o ano de 2023, a utilização de dados de corte transversal (cross-section) restringe a inferência de causalidade estrita entre as variáveis analisadas. Recomenda-se que pesquisas futuras utilizem dados em painel para monitorar a evolução temporal da adoção tecnológica e avaliar se as barreiras organizacionais persistem ou diminuem à medida que as ferramentas se tornam mais acessíveis.

Adicionalmente, ressalta-se que os coeficientes do modelo Logit não permitem uma interpretação direta em termos de variações de probabilidade, servindo apenas para identificar associações robustas entre as características das firms e a decisão de adotar IA. A estimação de efeitos marginais e o aprofundamento das análises longitudinais representam extensões naturais e necessárias para o avanço desta agenda de pesquisa.

REFERÊNCIAS

BASANT, R.; COMMANDER, S.; HARRISON, R.; MENEZES-FILHO, N. **Determinants of ICT adoption: evidence from firms in Brazil and India.** Oxford Economic Papers, v. 58, n. 4, p. 555-596, 2006.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Nova Indústria Brasil – forte, transformadora e sustentável: Plano de Ação para a Neoindustrialização 2024-2026.** Brasília: MDIC/CNDI, 2024.

BRESNAHAN, T.; BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L. **Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor.** Quarterly Journal of Economics, v. 117, n. 1, p. 339-376, 2002.

BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L. **Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance.** Journal of Economic Perspectives, v. 14, n. 4, p. 23-48, 2000.

CGI.br; NIC.br. **TIC Empresas 2023: resultados.** São Paulo: Cetic.br/NIC.br, 2024.

KUBOTA, L. C.; ROSA, M. B. **Uso de tecnologias digitais e produtividade: evidências para o Brasil.** Brasília: Ipea, 2021. (Texto para Discussão).

MEIRELLES, F. S. **31ª Pesquisa Anual do Uso de TI: tecnologia de informação nas empresas.** São Paulo: FGVcia, 2020.

MILGROM, P.; ROBERTS, J. **The economics of modern manufacturing: technology, strategy, and organization.** American Economic Review, v. 80, n. 3, p. 511-528, 1990.

MILGROM, P.; ROBERTS, J. **Complementarities and fit: strategy, structure, and organizational change in manufacturing.** Journal of Accounting and Economics, v. 19, n. 2-3, p. 179-208, 1995.

OECD; EUROSTAT. **Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation.** 4th ed. Paris: OECD Publishing, 2018.

Apêndices

APÊNDICE A – Resultados das Estimações (Modelos Principais)

Tabela A1 - Modelos com pesos amostrais (Svy-Logit e Svy-OLS)

	Svy-Logit IA (peso)	Svy-OLS IID (peso)
(Intercept)	-3.150*** (0.273)	1.015*** (0.153)
cod_porte3	0.571*** (0.168)	0.778*** (0.121)
cod_porte4	1.168*** (0.136)	1.240*** (0.110)
cod_cnae2	-0.356 (0.259)	-0.317** (0.109)
cod_cnae3	0.150 (0.206)	-0.316** (0.101)
cod_cnae5	-0.168 (0.321)	-0.066 (0.122)
cod_cnae6	1.278*** (0.214)	1.356*** (0.171)
cod_cnae9	0.272 (0.188)	-0.015 (0.099)
cod_regiao2	-0.465 (0.333)	-0.138 (0.181)
cod_regiao3	-0.522* (0.235)	0.044 (0.148)
cod_regiao4	-0.311 (0.253)	0.003 (0.157)
cod_regiao5	-0.076 (0.287)	-0.031 (0.178)
iid_erp	0.576*** (0.170)	2.868*** (0.105)
iid_crm	0.597*** (0.165)	2.623*** (0.106)
iid_nuvem	0.866***	2.579***

	(0.189)	(0.080)
Observations	4459	4459
R-squared	0.112	0.733
R-squared Adj.	0.109	0.732

Obs.: Erros-padrão entre parênteses. Níveis de significância: + $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tabela A2 - Determinantes da adoção de IA e da intensidade digital (IID)

	Logit IA (robusto)	OLS IID (robusto)	Poisson IID (robusto)
(Intercept)	-3.232*** (0.222)	0.801*** (0.131)	0.493*** (0.036)
cod_porte3	0.514*** (0.141)	0.633*** (0.102)	0.134*** (0.020)
cod_porte4	1.089*** (0.113)	1.217*** (0.097)	0.216*** (0.016)
cod_cnae2	-0.367+ (0.189)	-0.360*** (0.101)	-0.113*** (0.025)
cod_cnae3	0.106 (0.139)	-0.163+ (0.092)	-0.049* (0.020)
cod_cnae5	-0.281 (0.267)	-0.085 (0.119)	-0.064+ (0.036)
cod_cnae6	1.159*** (0.168)	1.315*** (0.144)	0.202*** (0.025)
cod_cnae9	0.161 (0.130)	-0.064 (0.085)	-0.021 (0.019)
cod_regiao2	-0.040 (0.214)	0.155 (0.144)	0.041 (0.034)
cod_regiao3	-0.228 (0.191)	0.210+ (0.121)	0.037 (0.030)
cod_regiao4	-0.035 (0.202)	0.225+ (0.129)	0.039 (0.032)
cod_regiao5	0.160 (0.213)	0.224 (0.144)	0.045 (0.034)
iid_erp	0.564*** (0.111)	2.778*** (0.076)	0.585*** (0.017)
iid_crm	0.630*** (0.102)	2.760*** (0.079)	0.472*** (0.015)
iid_nuvem	0.731***	2.672***	0.693***

	(0.110)	(0.060)	(0.020)
Observations	4459	4459	4459
R-squared		0.725	
R-squared Adj.		0.724	
Obs.: Erros-padrão entre parênteses. Níveis de significância: + $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$			