

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Exatas

Programa de Pós-Graduação em Estatística

Ariella Lopes Matias

**TAXA DE DEMISSÃO NA PANDEMIA: UMA ANÁLISE DE PAÍSES EUROPEUS
VIA MODELOS LINEARES GENERALIZADOS INFLACIONADOS DE ZEROS**

Belo Horizonte
2023

Ariella Lopes Matias

**TAXA DE DEMISSÃO NA PANDEMIA: UMA ANÁLISE DE PAÍSES EUROPEUS
VIA MODELOS LINEARES GENERALIZADOS INFLACIONADOS DE ZEROS**

Monografia de especialização apresentada ao
Departamento de Estatística da Universidade
Federal de Minas Gerais como requisito parcial
para obtenção do título de Especialista em
Estatística.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Lopes de
Oliveira

Belo Horizonte
2023

2023, Ariella Lopes Matias.

Todos os direitos reservados

Matias, Ariella Lopes.

M433t

Taxa de demissão na pandemia: [recurso eletrônico]
uma análise de países europeus via modelos lineares
generalizados inflacionados de zeros / Ariella Lopes Matias
– 2023.

(1 recurso online: 33 f. il., color.) : pdf.

Orientador: Guilherme Lopes de Oliveira.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de
Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de
Estatística.

Referências: f. 32-33

1. Estatística. 2. Análise de regressão – 3. COVID-19
(Doença) – Aspectos econômicos - Europa. 4. COVID-19
(Doença) – Relações trabalhistas – Europa. I. Oliveira,
Guilherme Lopes de. II. Universidade Federal de Minas
Gerais, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de
Estatística. III. Título.

CDU 519.2(043)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Irénquer Vismeg Lucas Cruz
CRB 6/819 - Universidade Federal de Minas Gerais - ICEx



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Estatística
Programa de Pós-Graduação / Especialização
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha
31270-901 – Belo Horizonte – MG

E-mail: pgest@ufmg.br
Tel: 3409-5923 – FAX: 3409-5924

ATA DO 312ª. TRABALHO DE FIM DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTATÍSTICA DE ARIELLA LOPES MATIAS.

Aos onze dias do mês de dezembro de 2023, às 13:00 horas, com utilização de recursos de videoconferência a distância, reuniram-se os professores abaixo relacionados, formando a Comissão Examinadora homologada pela Comissão do Curso de Especialização em Estatística, para julgar a apresentação do trabalho de fim de curso da aluna **Ariella Lopes Matias**, intitulado: “Taxa de demissão na pandemia: uma análise de países europeus via modelos lineares generalizados inflacionados de zeros”, como requisito para obtenção do Grau de Especialista em Estatística. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Guilherme Lopes de Oliveira – Orientador, após dar conhecimento aos presentes do teor das normas regulamentares, passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa da candidata. Após a defesa, os membros da banca examinadora reuniram-se sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foi atribuída a seguinte indicação: a candidata foi considerada Aprovada condicional às modificações sugeridas pela banca examinadora no prazo de 30 dias a partir da data de hoje por unanimidade. O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente Ata, que será assinada por todos os membros participantes da banca examinadora. Belo Horizonte, 11 de dezembro de 2023.

Documento assinado digitalmente



GUILHERME LOPES DE OLIVEIRA
Data: 11/12/2023 14:16:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Guilherme Lopes de Oliveira (Orientador)
DECOM/CEFET-MG

Documento assinado digitalmente



JUSSIANE NADER GONCALVES
Data: 11/12/2023 14:06:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Jussiane Nader Gonçalves
DEST/UFMG

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo entender quais variáveis estão relacionadas à taxa de demissão de funcionários durante a pandemia de COVID-19 em países europeus. Foram utilizados microdados das Pesquisas Empresariais do Banco Mundial realizadas em 2020 e 2021 a partir de questionários respondidos por proprietários ou altas lideranças de 3.779 empresas de dez países da Europa com perguntas específicas sobre a pandemia. A variável resposta deste estudo foi o número de funcionários demitidos durante a pandemia. As variáveis explicativas incluíram o país e o setor econômico em que a empresa atua, o faturamento anual, o tempo de operação do negócio, além de variáveis binárias que indicam se a empresa recebeu ajuda governamental, se aumentou sua presença online e se implementou inovações no período. O número total de funcionários foi utilizado como offset, permitindo a modelagem da taxa de demissão. Os métodos empregados foram modelos de regressão de Poisson e Binomial Negativa, com e sem inflação de zeros, já que 87,6% das empresas pesquisadas não demitiram nenhum funcionário no período. O modelo com menor AIC (Critério de Informação de Akaike) foi a Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero, contendo as variáveis *país*, *indústria* e *log(faturamento)*, sendo que as duas últimas foram significativas em todos os modelos ajustados. Os coeficientes estimados indicaram que um aumento no faturamento das empresas está associado a uma diminuição no número de funcionários demitidos, evidenciando uma relação inversa. Além disso, as empresas do setor de varejo tendem a ter taxas de demissão mais altas em comparação às do setor de manufatura, sugerindo uma maior vulnerabilidade das primeiras a demissões durante a pandemia. A aplicação realizada neste trabalho evidencia o potencial da classe de modelos de regressão Poisson e Binomial Negativa na análise de dados de contagem e estimação das taxas associadas.

Palavras-chave: covid-19; firmas; demissões; modelos inflacionados de zeros.

ABSTRACT

This study aimed to understand which variables are associated with the employee layoff rate during the COVID-19 pandemic in European countries. We analyzed microdata from the World Bank's 2020 and 2021 Business Surveys, based on questionnaires completed by owners or senior leaders of 3,779 companies across ten European countries, which included specific questions related to the pandemic. The response variable in this study was the number of employees laid off during the pandemic. Explanatory variables included the country, the economic sector of the company, annual revenue, business age, and binary variables indicating whether the company received government assistance, increased its online presence, or implemented innovations during the period. We used the total number of employees as an offset to model the layoff rate. The employed methods were Poisson and Negative Binomial regression models, both with and without zero-inflation, since 87.6% of the surveyed companies reported no layoffs during the period. The model with the lowest AIC (Akaike Information Criterion) was the Zero-Inflated Negative Binomial Regression, including the variables country, industry, and log(revenue), with the latter two being significant in all fitted models. The estimated coefficients indicated that an increase in company revenue is associated with a decrease in layoffs, showing an inverse relationship. Furthermore, companies in the retail sector tended to have higher layoff rates compared to those in the manufacturing sector, suggesting higher layoff vulnerability during the pandemic. The application presented in this study highlights the potential of the Poisson and Negative Binomial regression model classes in analyzing count data and estimating associated rates.

Keywords: covid-19; firms; zero-inflated models; layoffs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Boxplot e histograma das variáveis quantitativas	18
Figura 2: Gráficos de dispersão da variável dependente <i>funcionario_demitidos</i> e demais variáveis.....	19
Figura 3: Histograma da variável <i>funcionarios_demitidos</i>	21
Figura 4: Boxplots das variáveis categóricas considerando taxas de demissão maior que zero	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis do banco de dados utilizado	15
Tabela 2: Estatísticas básicas das variáveis do banco de dados	17
Tabela 3: Números de observações de <i>funcionarios_demitidos</i> , <i>funcionários</i> e empresas de acordo com <i>país</i>	19
Tabela 4: Números de observações de <i>funcionarios_demitidos</i> , <i>funcionarios</i> e empresas de acordo com <i>indústria</i>	20
Tabela 5: Números de observações de <i>funcionarios_demitidos</i> , <i>funcionarios</i> e empresas de acordo com <i>exportador</i>	20
Tabela 6: Números de observações de <i>funcionarios_demitidos</i> , <i>funcionarios</i> e empresas de acordo com <i>inovação</i>	21
Tabela 7: Resultado da Regressão de Poisson	24
Tabela 8: Resultado da Regressão Binomial Negativa	25
Tabela 9: Componentes do modelo de contagem da Regressão de Poisson Inflacionada de Zero (ZIP)	26
Tabela 10: Componentes de inflação de zeros da Regressão de Poisson Inflacionada de Zero (ZIP)	27
Tabela 11: Componentes do modelo de contagem da Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero (ZINB)	27
Tabela 12: Componentes de inflação de zeros da Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero (ZINB)	28
Tabela 13: Principais Critérios de Aceitação dos modelos	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
3. METODOLOGIA	14
3.1. BASE DE DADOS	14
3.2. MODELO EMPÍRICO	15
3.3. <i>SOFTWARE</i>	16
4. RESULTADOS	17
4.1. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS	17
4.2. RESULTADOS DO AJUSTE DOS MODELOS DE REGRESSÃO	23
4.2.1. Regressão Poisson	23
4.2.2. Regressão Binomial Negativa	25
4.2.3. Regressão Poisson Inflacionado de Zero (ZIP)	25
4.2.4. Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero (ZINB)	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19 trouxe não apenas desafios globais para a saúde, mas também repercussões econômicas significativas no mundo todo. Desde o início da disseminação do vírus, os países mais afetados implementaram medidas rigorosas para conter a sua propagação, como lockdowns, restrições de viagens e fechamentos temporários de empresas em larga escala. Embora essas medidas fossem cruciais para a saúde pública, também geraram impactos econômicos substanciais (European Central Bank, 2020).

Nos países mais atingidos, a dinâmica do emprego passou por transformações durante esse período: criação de programas de retenção de emprego para evitar demissões em massa, redução de jornadas de trabalho, dispensas temporárias e adoção do teletrabalho. Além disso, foram implementados programas de ajuda financeira para sustentar empregos e pacotes de estímulo econômico.

Contudo, apesar dos esforços dos governos nacionais, as taxas de desemprego aumentaram em várias economias, especialmente ao longo de 2020 e 2021. Na Zona do Euro — uma união monetária formada por 20 Estados-membros da União Europeia que adotaram oficialmente o euro como moeda comum — a taxa mensal de desemprego subiu de 7,2% em março de 2020 para 8,6% em agosto do mesmo ano, voltando aos níveis pré-pandemia apenas a partir de outubro de 2021 (EUROSTAT, 2023).

Na Zona do Euro, o desemprego afetou de forma mais intensa certos tipos de trabalhadores, como os empregados temporários, jovens e com menor nível de escolaridade. Setores econômicos como os de recreação, comércio e transporte foram os mais impactados em termos de aumento do desemprego e redução de horas trabalhadas, seguidos pelos setores de serviços, construção, indústria e imobiliário (ANDERTON *et al.*, 2020).

Considerando esse cenário, esta monografia tem como objetivo entender quais variáveis estão relacionadas à taxa de demissão de funcionários durante a pandemia de COVID-19. Para isso, foram utilizados microdados das Pesquisas Empresariais do Banco Mundial realizadas em 2020 e 2021 com empresas de 10 países europeus. Os métodos empregados foram modelos de regressão de Poisson e Binomial Negativa, em suas versões com e sem inflação de zeros.

Esta monografia está dividida em cinco capítulos, além desta Introdução. O Capítulo 2 apresenta uma breve revisão de literatura sobre os impactos nas taxas de desemprego em períodos de recessão econômica. O Capítulo 3 detalha a base de dados utilizada e os modelos

empíricos aplicados. O Capítulo 4 aborda a análise exploratória dos dados e os resultados dos modelos. Por fim, o Capítulo 5 traz as considerações finais do trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Instabilidades econômicas tendem a desencadear flutuações relevantes nas variáveis macroeconômicas, como o Produto Interno Bruto (PIB), a taxa de inflação e de desemprego. Diversos fatores influenciam a dinâmica desses indicadores, e uma análise aprofundada de cada um é essencial para compreender suas causas e impactos. Com estudos e pesquisas focados nesses aspectos, agentes econômicos – governos, empresas e consumidores – podem extrair lições importantes, permitindo-lhes evitar ou se preparar de forma mais eficaz para futuras crises.

Diversos estudos foram publicados para compreender as variáveis que impactam a manutenção ou a perda do nível de emprego em períodos de recessão. Nesse contexto, WOLCOTT *et al.* (2020) destacam que um fator crucial para determinar a forma e a velocidade da recuperação econômica é entender se as relações entre empresas e trabalhadores foram desfeitas permanentemente. Quando ocorre um volume elevado de demissões em razão de uma crise econômica, a recuperação do nível de emprego tende a ser mais lenta, pois a formação de novas relações entre empresas e trabalhadores demanda tempo e recursos.

Alguns estudos focam no tamanho das firmas para entender melhor as consequências de crises em relação ao emprego, VARUM e ROCHA (2011) examinam o impacto do tamanho da empresa no crescimento do emprego durante desacelerações econômicas na indústria manufatureira portuguesa de 1988 a 2007. Os resultados revelam que as desacelerações econômicas afetam negativamente o crescimento das empresas, com as maiores sofrendo um impacto negativo mais significativo tanto durante quanto imediatamente após os períodos de crise. Por outro lado, as pequenas e médias empresas (PMEs) aparecem como potenciais estabilizadores em tempos de recessão, demonstrando capacidade de sustentar níveis de emprego e ajudar a estabilizar a economia. O estudo enfatiza o papel das PMEs nas economias da União Europeia e destaca sua importância na segurança do emprego, especialmente durante crises econômicas.

Por outro lado, LAI *et al.* (2015) utilizaram dados de uma grande pesquisa britânica para examinar como a crise financeira de 2008 afetou a atividade operacional das empresas e se práticas de recursos humanos (RH) influenciaram a resposta das empresas à recessão e à experiência de trabalho dos funcionários. Os resultados sugerem que as PMEs são mais vulneráveis em tempos de dificuldade econômica do que as grandes empresas, mas aquelas com práticas de RH demonstraram maior resiliência. O estudo aborda como as empresas,

especialmente as PMEs, respondem a recessões econômicas por meio de estratégias de RH, incluindo reduções de pessoal, cortes salariais e mudanças em benefícios e treinamento. Os resultados destacam a importância do tamanho da empresa nas estratégias de gestão de pessoas e relações de emprego durante recessões.

Outro artigo utilizou dados do Reino Unido para explorar como as pequenas e médias empresas (PMEs) do Reino Unido lidaram com a crise financeira de 2008, destacando sua importância na criação de empregos, mas também sua vulnerabilidade à queda na demanda. O estudo descobriu que 40% das PMEs sofreram uma redução no emprego durante a recessão, e 50% experimentaram uma queda nas vendas. No entanto, dentro de 12 meses após a recessão, 75% dos empresários tinham o desejo de crescer. O estudo aponta que o crescimento durante a recessão foi altamente concentrado entre empresas com maior capital humano (COWLING *et al.*, 2015).

Ainda sobre a crise de 2008, CARNEIRO, PORTUGAL E VAREJÃO (2013) analisaram a resiliência do mercado de trabalho português. Identificou-se a destruição significativa de empregos, especialmente devido ao fechamento de empresas, o aumento nos trabalhadores que recebem salário mínimo e o congelamento salarial. O artigo explora como as restrições de crédito, a rigidez salarial e a segmentação do mercado de trabalho ampliaram a resposta do emprego à recessão. Os resultados indicam que as restrições de crédito contribuíram significativamente para a destruição de empregos, e a rigidez salarial foi vinculada a uma menor criação líquida de empregos e maiores taxas de falência de empresas. O estudo sublinha a complexidade da resposta do mercado de trabalho às crises econômicas e o papel de vários canais de transmissão na configuração dessa resposta.

Sobre a pandemia de COVID, o artigo de LARUE (2020) examina o impacto da pandemia de COVID-19 nas questões trabalhistas no setor de agricultura e alimentos do Canadá com enormes perdas de emprego na indústria de restaurantes e as mudanças na demanda por trabalho em diferentes setores. O autor também discute os desafios enfrentados pelos empregadores na contratação de trabalhadores estrangeiros temporários devido a restrições de viagem e requisitos de quarentena. O impacto da pandemia no comportamento do consumidor, como o aumento da comida caseira, também é explorado, indicando potenciais mudanças a longo prazo na procura de trabalho no sector agrícola e alimentar. O estudo reflete sobre as implicações mais amplas da pandemia nas políticas comerciais e na dinâmica do mercado de trabalho.

Por fim, DIAS *et al* (2020) discutem o impacto da pandemia de COVID-19 no mercado de trabalho, particularmente no Reino Unido. O artigo aponta que a pandemia causou quedas significativas na demanda por trabalho em vários setores e levou a escassez de mão de obra em outros. As respostas políticas focaram principalmente em preservar os laços de emprego e proteger as rendas dos trabalhadores. O artigo enfatiza a importância de proteger o emprego existente e facilitar a realocação no mercado de trabalho para garantir a recuperação econômica.

3. METODOLOGIA

3.1. BASE DE DADOS

A partir das considerações feitas na introdução sobre os efeitos da pandemia de COVID-19 no nível de emprego, este estudo tem como objetivo identificar as variáveis que influenciaram as demissões de empregados durante esse período. Utilizamos dados extraídos de uma das Pesquisas Empresariais do Banco Mundial (*World Bank Enterprise Surveys – WBES*), realizadas a partir de questionários aplicados a empresários ou altas lideranças de empresas de diversos países. As questões abrangem tanto o ambiente de negócios quanto características e desempenho das empresas.

Entre 2020 e 2021, a WBES incluiu perguntas específicas sobre a pandemia para avaliar seu impacto em firmas europeias. No banco de dados analisado, 3.779 firmas de 10 países europeus — Alemanha, Países Baixos, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Luxemburgo, Espanha e Suécia — foram entrevistadas sobre os efeitos da pandemia em seus negócios. Para os modelos ajustados, a Espanha foi escolhida como categoria de referência, uma vez que historicamente registra maiores taxas de desemprego entre os países analisados, o que facilita a interpretação dos efeitos estimados.

A pesquisa contemplou perguntas sobre características da empresa, como o país que a firma está sediada, o setor econômico ao qual está vinculada, o tempo de atividade da empresa, o volume de faturamento anual, o percentual de produção exportada e o número de funcionários. Adicionalmente, foram obtidas informações relevantes sobre o desempenho da empresa durante a pandemia. Estas englobam a avaliação da capacidade inovativa da firma, seja na introdução de novos produtos ou na otimização de processo, a necessidade (ou não) de recorrer a auxílio governamental, os impactos (ou não) na atuação *online* da empresa e o número de funcionários demitidos no período. A Tabela 1 traz a descrição das variáveis do banco de dados utilizado para esta análise.

Tabela 1: Variáveis do banco de dados utilizado

Variável	Descrição da variável	Tipo de Variável
funcionarios_demitidos	Número de funcionários demitidos desde o começo da pandemia	Discreta
pais	País em que a empresa está sediada	Categórica
industria	O setor econômico da empresa, podendo ser: 1: manufatura; 2: varejo; 3: outros serviços	Categórica
faturamento	Faturamento anual em euros	Contínua
ajuda	A empresa recebeu ajuda do governo na pandemia. 1: Sim 0: Não	Categórica
funcionarios	Número de funcionários da firma	Discreta
online	O estabelecimento aumentou/iniciou os negócios online em resposta à pandemia. 1: Sim 2: Não	Categórica
idade	Idade (em anos) da empresa no ano da pesquisa	Discreta
exportador	A empresa é exportadora 1: Sim 0: Não	Categórica
inovacao	A empresa introduziu um novo produto ou melhorou processos. 1: Sim 0: Não	Categórica

Como pretendemos testar o impacto das variáveis que influenciaram na demissão de empregados durante o período da pandemia, a variável dependente do nosso estudo é o número de *funcionários demitidos* e as variáveis independentes escolhidas foram *país*, *indústria* (setor), *faturamento*, *inovação*, *ajuda*, *online*, *idade* e *exportador*. Para o faturamento, optamos por aplicar a função logarítmica, pois há grande variação no volume de faturamento das empresas da pesquisa.

3.2. MODELO EMPÍRICO

Para a análise de dados de contagem, ou seja, dados que representam o número de ocorrências de um evento específico em determinado tempo e espaço, é comum utilizar Modelos Lineares Generalizados (GLM), baseados principalmente nas distribuições de Poisson ou Binomial Negativa (MCCULLAGH E NELDER, 1989). Esses modelos são adequados para lidar com a natureza discreta desses dados, que frequentemente não seguem uma distribuição Normal, apresentando, em vez disso, características como dispersão e assimetria que exigem abordagens estatísticas específicas para um ajuste mais preciso.

Um dos principais pressupostos da distribuição de Poisson é que o valor esperado seja igual à variância, o que se chama de equidispersão (NELDER E WEDDERBURN, 1972). Porém, na

prática, é bastante comum que este pressuposto seja violado, com a variância dos dados assumindo valores maiores (sobredispersão) ou menores (subdispersão) que a média. A sobredispersão pode ser causada por diversos fatores, como o excesso de zeros nos dados. Neste caso, a performance dos ajustes do modelo de Poisson tende a ser prejudicada e o modelo baseado na Binomial Negativa pode ser uma alternativa (HINDE E DEMÉTRIO, 1998).

Para lidar com o problema dos excessos de zero, podem ser utilizados os modelos “inflacionados de zeros”, como o Modelo de Poisson Inflacionado de Zeros (ZIP) e o Modelo de Binomial Negativa Inflacionado de Zeros (ZINB). A diferença entre eles é o ajuste dos dados a partir de dois processos distintos, um associado à probabilidade de zeros em excesso e o outro ligado às contagens usuais que podem ocorrer sob as distribuições Poisson ou Binomial Negativa, incluindo os zeros genuínos (LAMBERT, 1992; GARAY *et al.*, 2011).

Há artigos e trabalhos acadêmicos que utilizam estes modelos para diversos tipos de análise, como para estimar a probabilidade de ocorrência de sinistros em seguros de automóveis a partir de dados dos motoristas e veículos (ZANIBONI; MONTINI, 2015), para estimar o risco relativo da incidência de dengue em determinadas áreas em Campinas no Estado de São Paulo (COSTA *et al.*, 2016), para entender os fatores associados à mortalidade por suicídio de idosos no Brasil (PINTO *et al.*, 2012), entre outros.

SOUZA (2022) fornece detalhadamente a definição teórica de todos os modelos citados acima, além de descrever o processo de estimação de forma robusta e completa. Por simplicidade, tais detalhes não serão transcritos nesta monografia e sugere-se aos leitores interessados a leitura do referido trabalho.

Por fim, a definição do melhor modelo dentro de classe considerada (Poisson e Binomial Negativa, com e sem inflação de zeros), bem como a escolha entre o melhor modelo dentre todos os ajustados, foi guiada pela análise da significância das variáveis através do teste de Wald (MCCULLAGH; NELDER, 1989) e pelo Critério de Informação de Akaike (AIC, em inglês) proposto em Akaike (1974). Considerou-se o nível de 10% de significância. O AIC é uma medida utilizada para selecionar e comparar modelos estatísticos de forma que quanto menor o valor do AIC, melhor é o ajuste do modelo aos dados.

3.3. SOFTWARE

A análise foi feita usando o *software* R (R Core Team, 2020). O processo de estimação dos parâmetros do modelo de regressão de Poisson foi feito através da função `glm()` do R. O modelo

de regressão binomial negativa foi feito através da função `glm.nb()` do pacote *MASS* (VERNABLES; RIPLEY, 2002). Os modelos de regressão inflacionada de zero foram ajustados através da função `zeroinfl()` do pacote *pscl* (ZEILEIS,; KLEIBER, 2008) com as distribuições “poisson” e “negbin”.

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Nesta seção, apresentamos uma análise exploratória dos dados da pesquisa. A Tabela 2 exibe as estatísticas descritivas das variáveis, destacando que a variável dependente de interesse é o número de *funcionários_demitidos*. A amostra contém informações sobre 3.779 firmas europeias, com um total de 4.850 demissões registradas. A média de demissões por empresa é de 1,28, e a variância é de 77,21. Como discutido na seção anterior, essa discrepância entre média e variância é um aspecto essencial a ser considerado na escolha do modelo estatístico mais adequado para a análise.

Em relação às médias das variáveis independentes, a idade média das empresas é 36,5 anos, o faturamento anual é de 3,2 bilhões de euros, 61% das empresas são exportadoras e o número médio de funcionários é igual a 90. Sobre o período da pandemia, 56% receberam algum tipo de ajuda governamental, 29% das empresas reportaram ter aumentado os negócios online e 78% lançaram um novo produto ou melhoraram algum processo internamente.

Tabela 2: Estatísticas básicas das variáveis do banco de dados

Estatísticas	funcionarios _demitidos	faturamento	ajuda	funcionarios	online	idade	exportador	inovac ao
Obs.	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779	3.779
Mínimo	0	0	0,00	1	0	1	0	0
Máximo	243	1.812.000*	1,00	42.703	1	220	1	1
1º Quartil	0	1,7*	0,00	9,00	0	16	0	1
3º Quartil	0	31,2*	1	51,5	1	48	1	1
Média	1,28	3.187,7*	0,56	90,1	0,29	36,55	0,61	0,78
Mediana	0,00	6,6*	1,00	21,0	0,00	28,00	1,00	1,00
Soma	4.850	12.046.437*	2.109	340.336	1.089	138.117	2.305	2.962
Variância	77,21	4.255.748.315*	0,25	725.599,5	0,21	930,82	0,24	0,17

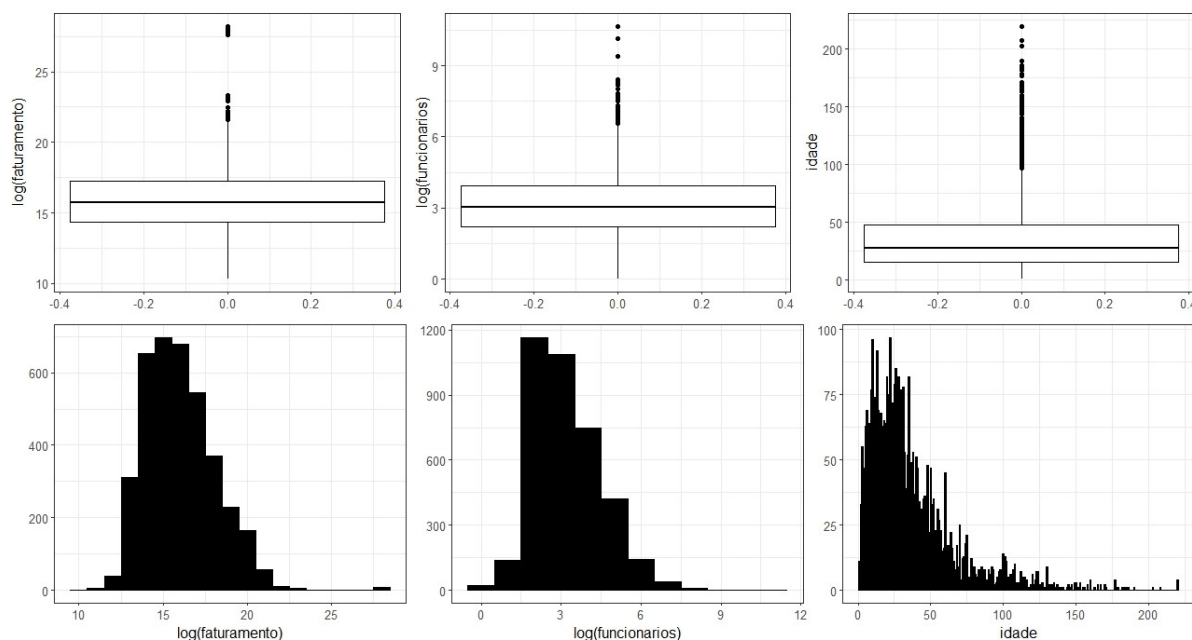
Desvio-padrão	8,79	65.236,1	0,50	851,8	0,45	30,51	0,49	0,41
----------------------	------	----------	------	-------	------	-------	------	------

*em milhões de euro

Em relação às outras estatísticas descritivas, o *faturamento* anual possui uma grande amplitude de seus valores, sendo o valor máximo de 1,8 trilhões de euros. A discrepância entre a média de € 3,2 bilhões e a mediana de € 6,6 milhões, além dos valores altos da variância e desvio-padrão, demonstram a presença de empresas pequenas e muito grandes na amostra. O mesmo é observado na variável *funcionários* com o mínimo sendo apenas um funcionário e o máximo 42.703. A média é de 90,1 funcionários por empresa e a mediana é 21 funcionários. O total de funcionários das empresas da amostra é de 340.336. Quanto à *idade*, a empresa mais nova tem um ano de existência e a mais antiga tem 220 anos de operação. A média de 36,5 anos e a mediana de 28 anos estão relativamente próximas, porém a média sendo maior que a mediana faz o histograma da variável ter uma assimetria à direita.

A Figura 1 traz os *boxplots* e histogramas dessas variáveis. É possível perceber a presença de vários *outliers* (valores atípicos) acima dos limites superiores dos *boxplots* e as assimetrias dos histogramas.

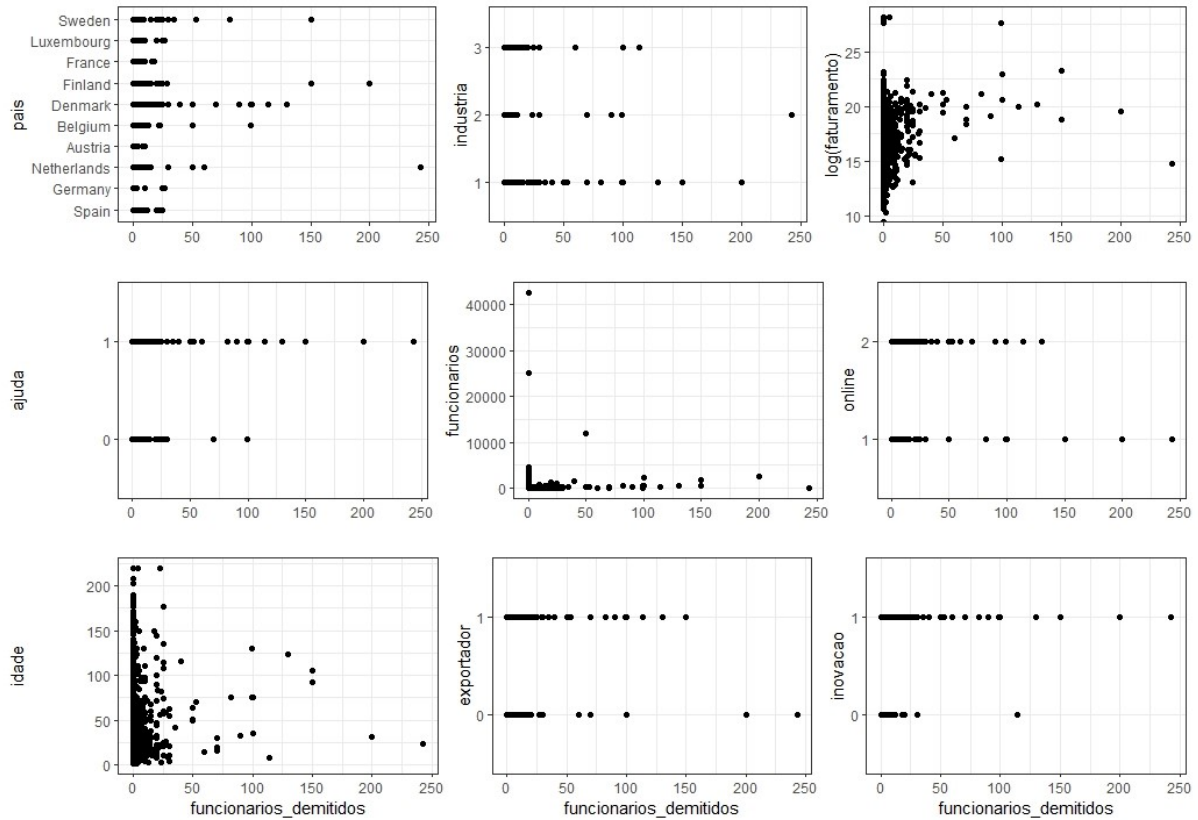
Figura 1: Boxplot e histograma das variáveis quantitativas



A Figura 2 considera, através dos gráficos de dispersão, como as observações da variável dependente *funcionários_demitidos* estão distribuídas em relação às variáveis independentes. Em especial, observa-se que nenhuma empresa com mais de 75 anos demitiu mais do que 100

funcionário no período e houve maior frequência de números elevados de demissões em empresa que receberam ajuda do governo.

Figura 2: Gráficos de dispersão da variável dependente *funcionario_demitidos* e demais variáveis



A respeito da variável *país*, alguns países tiveram menos funcionários demitidos do que outros. Pode-se observar, tanto nos gráficos da Figura 2 quanto na Tabela 3, que França e Áustria tiveram menos funcionários demitidos que a Dinamarca. Porém, cabe ressaltar que a Dinamarca também tem o maior número de funcionários em relação aos outros países. As empresas da Áustria tiveram uma taxa de demissão (calculada pela divisão entre o número de funcionários demitidos e o número de funcionários no total) igual a 2,9%, a maior dentre os países observados. Já a menor taxa foi observada na França, com 0,7%. Suécia e Finlândia, por sua vez, tiveram taxas acima de 1,9%.

Tabela 3: Números de observações de *funcionarios_demitidos*, *funcionários* e empresas de acordo com *país*

País	Nº funcionários demitidos	Nº funcionários	Nº empresas	Taxa de demissão*
Espanha	290 (6,0%)	23.247 (6,8%)	285 (7,5%)	1,2%
Alemanha	81 (1,7%)	5.894 (1,7%)	120 (3,2%)	1,4%
Países Baixos	673 (13,9%)	48.461 (14,2%)	755 (20,0%)	1,4%
Áustria	31 (0,6%)	1.078 (0,3%)	54 (1,4%)	2,9%

Bélgica	338 (7,0%)	28.383 (8,3%)	557 (14,7%)	1,2%
Dinamarca	1.819 (37,5%)	132.190 (38,8%)	606 (16,0%)	1,4%
Finlândia	669 (13,8%)	34.743 (10,2%)	435 (11,5%)	1,9%
França	163 (3,4%)	22.271 (6,5%)	457 (12,1%)	0,7%
Luxemburgo	108 (2,2%)	8.703 (2,6%)	164 (4,3%)	1,2%
Suécia	678 (14,0%)	35.366 (10,4%)	346 (9,2%)	1,9%
Total	4.850 (100,0%)	340.336 (100,0%)	3.779 (100,0%)	1,4%

Legenda: * nº funcionários demitidos/nº funcionários

Considerando a variável *indústria*, o setor 1 (manufatura) demitiu mais funcionários (67,6% do total), porém é o setor que mais possui funcionários (75,0% do total) nesta amostra, conforme Tabela 4. Além disso, é notável o desempenho do setor 2 (varejo). Apesar de representar apenas 4,5% do total de funcionários, o varejo contabilizou 13,8% das demissões, resultando em uma taxa de demissão de 4,4%, que é significativamente superior às taxas observadas nos outros setores.

Tabela 4: Números de observações de *funcionarios_demitidos*, *funcionarios* e empresas de acordo com *indústria*

industria	Nº funcionários demitidos	Nº funcionários	Nº empresas	Taxa de demissão*
1 manufatura	3.280 (67,6%)	255.229 (75,0%)	2.128 (56,3%)	1,3%
2 varejo	670 (13,8%)	15.177 (4,5%)	486 (12,9%)	4,4%
3 outros serviços	900 (18,6%)	69.930 (20,5%)	1.165 (30,8%)	1,3%
Total	4.850 (100,0%)	340.336 (100,0%)	3.779 (100,0%)	1,4%

Legenda: * nº funcionários demitidos/nº funcionários

Quanto ao desempenho das empresas exportadoras (1), 73,6% dos funcionários demitidos trabalhavam nelas, contudo elas empregavam 82,8% dos funcionários da amostra, conforme Tabela 5. Por outro lado, as empresas não-exportadoras (0) apresentaram uma quantidade menor de funcionários demitidos. No entanto, a taxa de demissão nesse grupo foi de 2,2%, uma cifra que se revela bem superior à taxa observada nas empresas exportadoras.

Tabela 5: Números de observações de *funcionarios_demitidos*, *funcionarios* e empresas de acordo com *exportador*

exportador	Nº funcionários demitidos	Nº funcionários	Nº empresas	Taxa de demissão*
0 não exportador	1.278 (26,4%)	58.611 (17,2%)	1.474 (39,0%)	2,2%
1 exportador	3.572 (73,6%)	281.725 (82,8%)	2.305 (61,0%)	1,3%
Total	4.850 (100,0%)	340.336 (100,0%)	3.779 (100,0%)	1,4%

Legenda: * nº funcionários demitidos/nº funcionários

As empresas inovadoras (1) também demitiram mais funcionários, cerca de 89,5% dos funcionários demitidos, porém elas também tem mais funcionários na amostra, o equivalente a

91,8%, conforme Tabela 6. As empresas não-inovadoras (0) tiveram uma taxa de demissão superior a 1,8%.

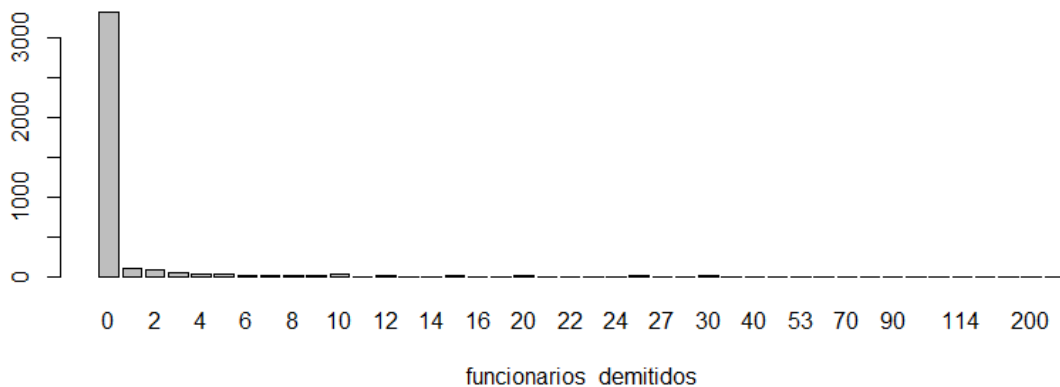
Tabela 6: Números de observações de *funcionarios_demitidos*, *funcionarios* e empresas de acordo com *inovacao*

inovacao	Nº funcionários demitidos	Nº funcionários	Nº empresas	Taxa de demissão*
0 não inovadora	507 (10,5%)	27.903 (8,2%)	817 (21,6%)	1,8%
1 inovadora	4.343 (89,5%)	312.433 (91,8%)	2.962 (78,4%)	1,4%
Total	4.850 (100,0%)	340.336 (100,0%)	3.779 (100,0%)	1,4%

Legenda: * nº funcionários demitidos/nº funcionários

No período e amostra avaliados, 3.310 firmas não tiveram nenhum funcionário demitido, o equivalente a 87,6% das empresas, ocasionando uma quantidade significativa de registros iguais a zero na variável resposta *funcionários demitidos*. Essa alta frequência de empresas sem demissões é evidenciada no histograma da Figura 3, que ilustra uma distribuição de frequência com assimetria positiva, destacando o excesso de empresas com zero demissões.

Figura 3: Histograma da variável *funcionarios_demitidos*

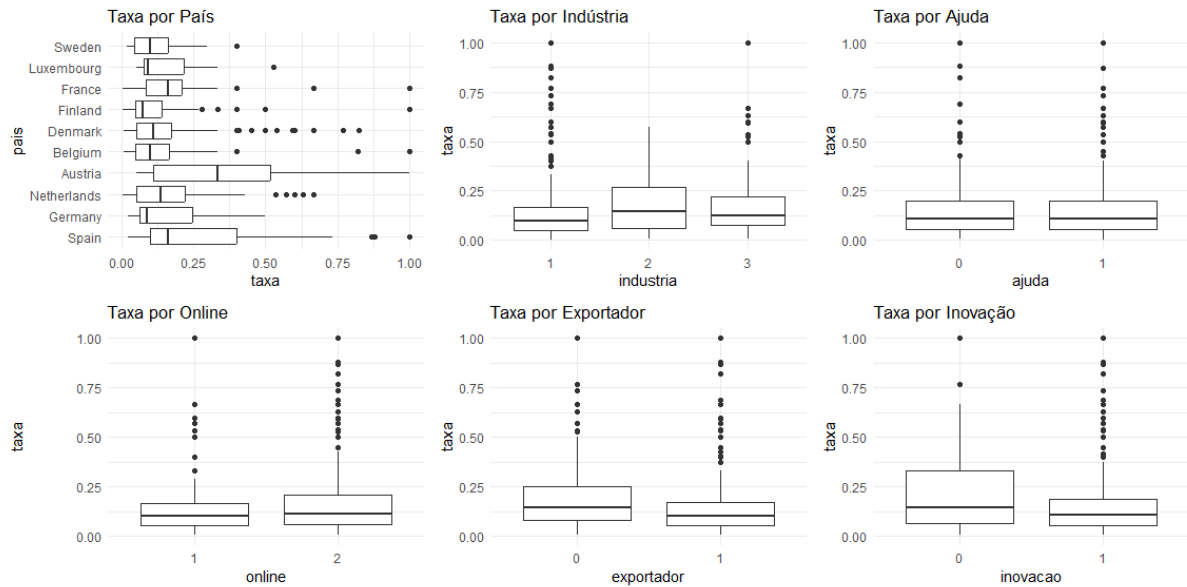


Considerando o número alto de registros de funcionários demitidos igual a zero, a Figura 4 apresenta os boxplots das variáveis categóricas em relação às taxas de demissão, considerando apenas os registros com taxas de demissão maior do que zero.

Em todas as variáveis, há presença de vários *outliers*. A variável *ajuda* foi a única que apresentou a amplitude interquartil e a mediana parecidas entre as duas categorias da variável. As demais variáveis apresentaram diferenças gráficas entre as categorias. Na variável *industria*, o setor de varejo (2) apresenta limite superior e mediana maiores, porém sem a presença de *outliers*. Na variável *país*, a Áustria chama a atenção com a maior distância entre o 1º e 3º quartis, assim como as empresas que não faziam negócio online (variável *online* igual a 2), as

empresas não-exportadoras (variável *exportador* igual a 0) e as empresas não-inovadoras (variável *inovação* igual a 0).

Figura 4: Boxplots das variáveis categóricas considerando taxas de demissão maior que zero



A predominância de registros igual a zero na variável resposta é uma informação crucial para a escolha do modelo estatístico apropriado para a pesquisa. Esse fato sugere que um modelo de regressão padrão, como a regressão de Poisson ou Binomial Negativa, pode não ser suficiente para capturar adequadamente a natureza da distribuição dos dados. Portanto, a tentativa de ajustar modelos inflacionados de zeros se justifica, pois esses modelos são projetados para lidar com a presença de uma quantidade significativa de zeros, permitindo uma estimativa mais precisa da taxa de demissões nas firmas analisadas.

4.2. RESULTADOS DO AJUSTE DOS MODELOS DE REGRESSÃO

Os resultados das estimações são apresentados a seguir. Inicialmente, para encontrar o melhor modelo para cada tipo de regressão, recorreu-se ao algoritmo *stepwise*, que realiza uma busca exaustiva entre todas as combinações possíveis de variáveis explicativas para encontrar aquela que minimiza o valor do Critério de Informação de Akaike (AIC).

Após essa seleção inicial, foi conduzida uma segunda etapa de ajuste para refinar o modelo escolhido. Nessa fase, foram removidas as variáveis que não apresentaram significância estatística ao nível de 10%, eliminando-as uma a uma conforme o maior valor-p até que apenas variáveis significativas (com valor-p menor que 0,1) permanecessem. Essa etapa visa garantir que cada variável no modelo contribua de maneira estatisticamente relevante para a seleção do melhor modelo.

A variável *número de funcionários* foi usada como *offset* na modelagem. Dessa forma, o modelo é ajustado para calcular a taxa de demissão, isto é, o número de funcionários demitidos em relação ao total de funcionários empregados, ao invés de um valor absoluto de *funcionários demitidos*. Esse ajuste permite uma análise mais precisa e comparável entre empresas de diferentes tamanhos.

4.2.1. Regressão Poisson

A Tabela 7 apresenta o resultado da regressão Poisson com o melhor valor do AIC de 24.899. Todas as variáveis obtidas no modelo foram significativas a 10%. Os coeficientes estimados apresentaram relações distintas de acordo com as variáveis. Os coeficientes positivos estão associados a um incremento na taxa de demissão. Os coeficientes negativos indicam o contrário. Já coeficientes próximos de zero sugerem que o efeito da variável é relativamente pequeno, não gerando impacto expressivo na taxa de demissão, seja por unidade de acréscimo na variável contínua ou em comparação com a categoria de referência.

Em relação aos países, como a Espanha é a categoria de referência, o sinal negativo estimado para Bélgica, França e Luxemburgo indica que nestes países a taxa de demissão foi significativamente menor que na Espanha (valor-p<0,001), controlado pelos demais fatores incluídos no modelo. Por outro lado, Dinamarca, Finlândia e Suécia apresentaram taxa de demissão significativamente superior à Espanha (valor-p<0,001), controlado pelos demais fatores incluídos no modelo. Tais resultados indicam que as taxas de demissões nesta amostra não foram homogêneas em relação aos países.

O coeficiente da variável *log(faturamento)* foi negativo, apontando que as empresas com maior faturamento teriam taxas de demissão menores. De forma similar, os coeficientes negativos das variáveis *inovação* e *exportador* indicam que empresas inovadoras e aquelas que operam no mercado externo também tendem a ter taxas de demissão menores. As variáveis *idade* e *online*, embora estatisticamente significativas, possuem coeficientes muito próximos de zero, sugerindo que o impacto delas na taxa de demissão é pequeno ou irrelevante. A variável *ajuda* apresentou coeficiente positivo, indicando que as empresas que receberam ajuda do governo tiveram maiores taxas de demissão, controlado pelos demais fatores.

Tabela 7: Resultado da Regressão de Poisson

Variável	Coeficiente	Desvio padrão	Valor z	Pr(> z)
(Intercepto)	-2,27	0,14	-16,13	< 0,001
paisGermany	-0,16	0,13	-1,24	0,22
paisNetherlands	0,00	0,07	0,03	0,97
paisAustria	0,22	0,19	1,14	0,26
paisBelgium	-0,29	0,08	-3,53	< 0,001
paisDenmark	0,93	0,07	13,70	< 0,001
paisFinland	0,40	0,07	5,68	< 0,001
paisFrance	-1,03	0,10	-10,43	< 0,001
paisLuxembourg	-0,57	0,12	-4,98	< 0,001
paisSweden	0,36	0,07	4,78	< 0,001
industria2	0,93	0,05	18,95	< 0,001
industria3	-0,27	0,04	-6,33	< 0,001
log(faturamento)	-0,13	0,01	-17,18	< 0,001
inovacao1	-0,19	0,05	-3,63	< 0,001
ajuda1	1,17	0,03	33,84	< 0,001
online2	0,09	0,03	3,14	< 0,01
idade	-0,01	0,00	-16,44	< 0,001
exportador1	-0,17	0,04	-4,31	< 0,001

4.2.2. Regressão Binomial Negativa

A Tabela 8 apresenta o resultado da regressão Binomial Negativa com o melhor valor do AIC de 5.485,99. Durante o processo de seleção, a maioria das variáveis foi excluída, restando apenas as variáveis *indústria* e *log(faturamento)*. Neste caso, o modelo também identificou que empresas com maior faturamento estão associadas com menores taxas de demissão. Na variável *indústria*, a categoria de referência corresponde às empresas de “manufatura”. O coeficiente positivo e significativo pra o setor de varejo (*industria2*) indica que houve diferença na taxa de demissão nestes dois setores, sendo a taxa mais elevada entre as empresas de varejo. Comparado ao modelo Poisson, este modelo mostrou se ajustar de forma mais adequada aos dados considerando o AIC.

Tabela 8: Resultado da Regressão Binomial Negativa

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Valor z	Pr(> z)
Intercepto	- 2,14	0,61	- 3,52	< 0,001
<i>industria2</i>	0,68	0,24	2,80	0,01
<i>industria3</i>	- 0,06	0,18	- 0,32	0,75
<i>log(faturamento)</i>	- 0,09	0,04	- 2,51	0,01

4.2.3. Regressão Poisson Inflacionado de Zero (ZIP)

O resultado da regressão de inflação de zeros estima dois conjuntos de coeficientes: o primeiro para o modelo de contagem e o segundo para a inflação de zeros. Após as tentativas de modelagem, o melhor modelo da regressão Poisson Inflacionada de Zero (ZIP) apresentou AIC de 10.419,18. Logo, o ajuste foi melhor que o modelo Poisson sem inflação.

A Tabela 9 apresenta os coeficientes da regressão Poisson do modelo, em que as variáveis *online* e *inovação* não foram estatisticamente significativas a 10% como no modelo sem inflação. Os países novamente apresentam sinais divergentes nos coeficientes, tendo, por exemplo, o efeito de Luxemburgo se modificado de negativo para positivo em relação à Espanha. Houve modificação do efeito também para outros países. Os coeficientes de *log(faturamento)* e *exportador* foram negativos, como na regressão de Poisson. Novamente, o coeficiente da variável *idade* também foi considerado irrelevante, muito próximo de zero. Os

coeficientes das variáveis *indústria* e *ajuda* foram positivos como antes, mas com efeito menor no caso da *ajuda*.

Tabela 9: Componentes do modelo de contagem da Regressão de Poisson Inflacionada de Zero (ZIP)

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Valor z	Pr(> z)
Intercepto	2,20	0,14	16,03	< 0,001
paisGermany	- 0,55	0,13	- 4,23	< 0,001
paisNetherlands	- 0,33	0,08	- 4,32	< 0,001
paisAustria	- 0,07	0,20	- 0,35	0,73
paisBelgium	- 0,28	0,08	- 3,37	< 0,001
paisDenmark	0,57	0,07	7,92	< 0,001
paisFinland	- 0,22	0,07	- 2,94	< 0,001
paisFrance	- 0,41	0,10	- 3,89	< 0,001
paisLuxembourg	0,47	0,12	4,04	< 0,001
paisSweden	0,54	0,08	6,67	< 0,001
industria2	1,00	0,05	20,36	< 0,001
industria3	- 0,07	0,04	- 1,50	0,13
log(faturamento)	- 0,25	0,01	- 31,50	< 0,001
ajuda1	0,06	0,03	1,70	0,09
idade	0,00	0,00	2,19	0,03
exportador1	- 0,24	0,04	- 6,21	< 0,001

Quanto ao componente de inflação de zeros (Tabela 10) do modelo ZIP, escolhemos modelar apenas o intercepto nesta parte, pois este modelo apresentou o menor AIC quando comprado aos outros. O intercepto é estatisticamente significativo. Isso sugere uma probabilidade alta e constante de que algumas observações apresentem zero demissões, independentemente das variáveis explicativas, indicando que uma parcela das empresas no conjunto de dados provavelmente não demitiu funcionários.

Tabela 10: Componentes de inflação de zeros da Regressão de Poisson Inflacionada de Zero (ZIP)

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Valor z	Pr(> z)
Intercepto	1,84	0,05	36,61	< 0,05

4.2.4. Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero (ZINB)

Por fim, a Tabela 11 apresenta o resultado da regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero (ZINB) com o melhor valor do AIC de 5.444,60, menor que no modelo Binomial Negativa sem inflação. As variáveis *país*, *indústria* e *log(faturamento)* foram as únicas estatisticamente relevantes a nível de significância de 10%. Neste modelo, em relação à variável *país*, somente Alemanha, Finlândia e França apresentaram resultados estatisticamente significantes com taxas de demissão menores que a da Espanha quando controlado pelos demais fatores (*indústria* e *faturamento*). Assim como nos demais modelos, a variável *log(faturamento)* teve sinal negativo (maior faturamento indicando menores taxas de demissão). Quanto à variável *indústria*, novamente houve indício de que as empresas de varejo (*industria2*) apresentaram maior taxa de demissão que a categoria de referência manufatura.

Tabela 11: Componentes do modelo de contagem da Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero (ZINB)

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Valor z	Pr(> z)
Intercepto	-1,23	0,79	-1,57	0,12
paísGermany	-1,52	0,53	-2,84	< 0,01
paísNetherlands	-0,84	0,38	-2,19	< 0,05
paísAustria	-0,49	0,72	-0,68	0,49
paísBelgium	-1,06	0,40	-2,64	< 0,01
paísDenmark	-0,60	0,40	-1,49	0,14
paísFinland	-1,70	0,39	-4,39	< 0,001
paísFrance	-1,24	0,44	-2,84	< 0,01
paísLuxembourg	0,23	0,62	0,37	0,71
paísSweden	-0,77	0,47	-1,65	0,10
industria2	1,06	0,29	3,64	< 0,001

industria3	0,04	0,20	0,18	0,86
log(faturamento)	-0,09	0,05	-1,80	0,07
Log(theta)	-2,64	0,10	-26,77	< 0,001

As variáveis estatisticamente significantes do componente de inflação de zeros (Tabela 10) do modelo ZINB foram *indústria*, *faturamento* e *ajuda*. O modelo escolhido apresentou um intercepto estatisticamente insignificante. As categorias da variável *indústria* apresentaram coeficientes positivos e significativos, o que indica que as empresas dos setores de varejo e de “outros serviços” tiveram maior probabilidade de ter zero demissões em comparação com o setor de manufatura, que é a categoria de referência.

A variável *log(faturamento)* apresenta um coeficiente negativo e significativo, o que sugere que empresas com maior faturamento têm uma menor probabilidade de ter zero demissões. A variável *ajuda* também tem um coeficiente negativo e significativo, indicando que empresas que receberam apoio governamental têm menor probabilidade de não ter demissões.

Tabela 12: Componentes de inflação de zeros da Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero (ZINB)

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Valor z	Pr(> z)
Intercepto	-0,45	2,41	-0,19	0,85
industria2	2,12	0,82	2,58	< 0,01
industria3	1,68	0,68	2,48	< 0,05
log(faturamento)	-0,30	0,12	-2,51	< 0,05
ajuda1	-2,08	0,80	-2,60	< 0,01

A Tabela 13 apresenta os valores do AIC (Critério de Informação de Akaike), a variância dos resíduos e o Erro Quadrático Médio (EQM) dos quatro modelos ajustados. Estas medidas são importantes para a comparação e a seleção do melhor modelo, porque ajudam a medir a qualidade do ajuste realizado. Uma vez que quanto menor o AIC e o EQM, maior a qualidade do modelo, então o modelo Binomial Negativa Inflacionada de Zero figuraria como sendo o melhor, embora apresente variabilidade dos resíduos um pouco mais elevada que seu correspondente sem inflação de zeros.

Tabela 13: Principais Critérios de Aceitação dos modelos

Modelo	AIC	EQM	Variância do resíduos
Poisson sem inflação	23.849,05	107,76	210,16
Binomial Negativa sem inflação	5.485,99	361,09	83,53
Poisson Zeroinfl (ZIP)	10.419,18	265,83	81,35
Binomial Negativa Zeroinfl (ZINB)	5.444,60	84,87	121,77

As variáveis mantidas no modelo ZINB (Tabela 11) foram *país*, *indústria* e *log(faturamento)*, as duas últimas foram significativas em todos os modelos. Além disso, os coeficientes de tais variáveis tiveram os mesmos sinais em todos os modelos, demonstrando um efetivo negativo do faturamento em relação ao número de funcionários demitidos e um efeito positivo, principalmente, no setor de varejo em relação ao setor de manufatura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo entender quais variáveis estão relacionadas à taxa de demissão de funcionários durante a pandemia de COVID-19. Este cenário trouxe impactos econômicos substanciais com o aumento das taxas de desemprego nas mais diversas economias, principalmente ao longo de 2020 e 2021 (EUROSTAT, 2023).

Para cumprir o objetivo proposto, foram utilizados microdados das Pesquisas Empresariais do Banco Mundial realizadas em 2020 e 2021 a partir de questionários respondidos por proprietários ou altas lideranças de empresas de diversos países com questões específicas sobre a pandemia. Na amostra analisada na pesquisa, 3779 firmas foram entrevistadas sobre os impactos da pandemia em seus negócios em 10 países europeus: Alemanha, Países Baixos, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Luxemburgo, Espanha e Suécia.

A variável resposta foi o número de funcionários demitidos pelas empresas durante a pandemia e as outras variáveis da amostra foram o país, o setor econômico em que a empresa atua, o faturamento anual (utilizou-se a função logarítmica pela grande amplitude dos dados), o número total de funcionários, o tempo de existência do negócio e algumas variáveis binárias para saber se a empresa recebeu ajuda governamental, se aumentou seus negócios online e se implementou inovações no período analisado.

Os métodos empregados foram modelos de regressão de Poisson e Binomial Negativa, em suas versões com e sem inflação de zeros. Estes modelos foram escolhidos porque o estudo focou em dados de contagem com excesso de zeros, visto que 87,6% das empresas pesquisadas não demitiram nenhum funcionário, ocasionando uma quantidade significativa de registros iguais a zero na variável resposta *funcionários demitidos*.

O melhor modelo foi a Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zero, escolhido por ter o menor AIC (Critério de Informação de Akaike) e o menor EQM (Erro Quadrático Médio) dentre os quatros. As variáveis mantidas no modelo ZINB foram *país*, *indústria* e *log(faturamento)*, sendo que as duas últimas foram significativas em todos os modelos. Além disso, os coeficientes de tais variáveis tiveram os mesmos sinais em todos os modelos, demonstrando um efetivo negativo do faturamento em relação ao número de funcionários demitidos e um efeito positivo, principalmente, no setor de varejo em relação ao setor de manufatura.

A aplicação realizada neste trabalho evidencia o potencial dos modelos de regressão Poisson e Binomial Negativa, em suas versões com e sem inflação de zeros, na modelagem de dados de

contagem e estimação das taxas associadas ao contexto. Cabe ressaltar que as análises realizadas são adequadas apenas para se tirar conclusões ou formular hipóteses no contexto dos países analisados, sem grande capacidade de extrapolação visto que países de outras regiões podem ter apresentado comportamento bastante diferente. Contudo, desde que se tenha dados sobre as informações necessárias, as análises podem ser replicadas para outros cenários.

REFERÊNCIAS

ANDERTON, Robert; BOTELHO, Vasco; CONSOLO, Agostino; DA SILVA, António Dias; FORONI, Claudia; MOHR, Matthias; VIVIAN, Lara. The impact of the COVID-19 pandemic on the euro area labour Market. **ECB Economic Bulletin**, ed. 8, dez/2020.

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, Ieee, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.

CARNEIRO, Anabela; PORTUGAL, Pedro; VAREJÃO, José. Catastrophic job Destruction during the Portuguese Economic Crisis. **Journal of Macroeconomics**, n. 39, p. 444–457, 2014.

CHODOROW-REICH, Gabriel. The Employment Effects of Credit Market Disruptions: Firm-level Evidence from the 2008–9 Financial Crisis, **The Quarterly Journal of Economics**, v. 129, ed. 1, p. 1–59, fev 2014.

COWLING, Marc; LIU, Weixi; LEDGER, Andrew; ZHANG, Ning. What really happens to small and medium-sized enterprises in a global economic recession? UK evidence on sales and job dynamics. **International Small Business Journal**, v. 33(5) 488–513, 2015

COSTA, José Vilton; SILVEIRA, Lician Vaz de Arruda; DONALÍSIO, Maria Rita. Análise espacial de dados de contagem com excesso de zeros aplicado ao estudo da incidência de dengue em Campinas, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, 2016.

DA SILVA, Jussiane Gonçalves. **Zero-inflated mixed Poisson regression models**. Dissertação (Mestrado em Estatística). Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 85. 2017.

DIAS, Monica Costa; JOYCE, Robert; POSTEL-VINAY, Fabien; XU, Xiaowei. The Challenges for Labour Market Policy during the COVID-19 Pandemic. **Fiscal Studies**, v. 41, n. 2, p. 371–382, 2020.

EUROPEAN CENTRAL BANK (ECB). Economic and monetary developments. **Economic Bulletin**, ed. 8, 2020. Disponível em: <https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/html/eb202008.en.html>. Acesso em: 04/12/2023.

EUROSTAT. Unemployment statistics. **Eurostat Statistics Explained**. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Unemployment_statistics. Acesso em: 04/12/2023.

GARAY, A. M.; HASHIMOTO, E. M.; ORTEGA, E. M. M.; LACHOS, V. H. On estimation and influence diagnostics for zero-inflated negative binomial regression models. *Computational Statistics & Data Analysis*, 55(3):p. 1304–1318. 2011.

GOTTSELIG, Maicon Michael; FRIDRICH; SOUZA, Juliana Sena de; SCHNEIDER, Silvana. Comparação de Modelos de Regressão Para Dados de Contagem Inflacionados de Zeros Por Meio de Simulações. **Anais da IX SEMANÍSTICA** - Semana Acadêmica da Estatística da UFRGS - Porto Alegre, 15 a 17 out. de 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/232339/001134006.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 nov. 2023.

HALL, Daniel B. Zero-inflated Poisson and binomial regression with random effects: a case study. **Biometrics**, v. 56, n. 4, p. 1030-1039, 2000.

HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. (1998). Overdispersion: Models and estimation. *Computational Statistics and Data Analysis*, 27:151–170.

LAI, Yanqing; SARIDAKIS, George; BLACKBURN, Robert; JOHNSTONE, Stewart. Are the HR responses of small firms different from large firms in times of recession?. **Journal of Business Venturing**, n. 31, p. 113–131, 2016.

LAMBERT, Diane. Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. **Technometrics**, v. 34, n. 1, p. 1-14, 1992.

LARUE, Bruno. Labor issues and COVID-19. **Canadian Agricultural Economics Society**, p. 231-237, 2020.

LAWLESS, J. F. (1987). Negative binomial and mixed poisson regression. *The Canadian Journal of Statistics*, 15(3):209–225.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. Generalized linear models ,(Chapman & Hall/crc: London.). 1989.

NELDER, J. A. e WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, 135(3):370–384, 1972.

PINTO, Liana Wernersbach et al. Fatores associados com a mortalidade por suicídio de idosos nos municípios brasileiros no período de 2005-2007. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 2003-2009, 2012.

SOUZA, M. D. R. (2022). Regressão Binomial Negativa Inflacionada de Zeros Geograficamente Ponderada. Dissertação de Mestrado, Departamento de Estatística, Universidade de Brasília. Disponível em http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/45477/1/2022_MarcosDouglasRodriguesdeSousa.pdf. Acesso em 04 de dezembro de 2023.

VARUM, Celeste Amorim; ROCHA, Vera Catarina. Employment and SMEs during. **Small Business Economics**, v. 40, n. 1, p. 9-25, jan. 2013.

VENABLES, WN; RIPLEY; BD. Modern Applied Statistics with S, ed. 4. Springer, New York. ISBN 0-387-95457, 2002. Disponível em: <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>. Acesso em: 04/12/2023.

WOLCOTT, Erin; OCHSE, Mitchell G.; KUDLYAK, Marianna; KOUCHEKINIA, Noah A. Temporary Layoffs and Unemployment in the Pandemic. **Economic Letter**. Research from the Federal Reserve Bank of San Francisco, nov/2020.

ZANIBONI, Natália; MONTINI, Alessandra. Modelos de Poisson inflada de zeros e binomial negativa inflada de zeros na previsão de sinistro de automóveis. **Revista Economia & Gestão**, v. 15, n. 41, p. 159-180, 2015.

ZEILEIS, A.; KLEIBER, C.; JACKMAN, S. (2008). “Regression Models for Count Data in R.” **Journal of Statistical Software**, 27(8). Disponível em: <http://www.jstatsoft.org/v27/i08/>.