



Universidade de Brasília
Departamento de Estatística

**Estudo da adesão de políticas públicas da área da saúde por municípios
brasileiros via Modelo de Fragilidade Compartilhada**

Milena Souza Gonçalves

Relatório apresentado para o Departamento de Estatística da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.

**Brasília
2025**

Milena Souza Gonçalves

**Estudo da adesão de políticas públicas da área da saúde por municípios
brasileiros via Modelo de Fragilidade Compartilhada**

Orientadora: Prof^a Dr^a Juliana Betini Fachini Gomes
Coorientador: Mateus Felipe Santos Araújo

Relatório apresentado para o Departamento de Estatística da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.

**Brasília
2025**

Agradecimentos

Nenhuma conquista é alcançada de forma solitária. Ao longo da minha trajetória acadêmica, enfrentei inúmeros desafios e só cheguei até aqui com o apoio de pessoas especiais, às quais registro minha sincera gratidão e a quem dedico este trabalho.

Agradeço, primeiramente, a Deus, meu sustento, companheiro fiel e fonte de toda capacitação. Ele é a razão pela qual existo. A Ele, toda a glória e louvor.

Aos meus pais, Edileuza e Lázaro, pelo amor, incentivo e suporte incondicional. À minha tia Lena, pelo apoio essencial no início da caminhada, e à minha sogra Simone, por acreditar em mim, investir com generosidade e ser constante fonte de ânimo.

À minha amiga Bruna, por compartilharmos esse sonho desde a infância e alcançarmos juntas sua realização. À minha igreja, por ser minha segunda família, sempre presente com orações, palavras de consolo e força. Em especial, agradeço aos meus amigos e irmãos Gabriel, Lorrane, Herbert e pastor João Pedro, pelo cuidado, conselhos e amizade. Ao ministério Ponte, por todos os desafios, frutos e momentos compartilhados, minha eterna gratidão.

Aos professores que marcaram minha formação desde o ensino fundamental, em especial à professora Eliete, na época minha vizinha e amiga, que me desafiou e confiou em meu potencial, e aos educadores do ensino médio, em especial ao professor Rafael Franco, que me apresentou à estatística.

Aos docentes do Departamento de Estatística, pela dedicação e inspiração, especialmente às professoras Maria Teresa, Ana Maria, Terezinha e minha querida orientadora Juliana, pelo exemplo de excelência e amor pelo que fazem. Ao meu coorientador Mateus, ao professor Denilson e à doutora Celina Pereira, pelo apoio e confiança.

Aos colegas da Embrapii, Fabio, Marcela, Nicolas, Ana Luisa, Marília, Emanuel, Allan, Jhonata, Esthefane e tantos outros, por me acolherem, incentivarem e contribuírem para o meu crescimento profissional.

Por fim, um agradecimento mais que especial ao meu esposo, meu companheiro de vida, amigo e apoio constante. Sua presença, paciência, incentivo e amor foram fundamentais em cada etapa desta jornada, culminando na concretização desse sonho que construímos juntos.

A todos vocês, minha mais profunda gratidão.

“Deleite-se no Senhor, e ele atenderá aos desejos do seu coração. Entregue o seu caminho ao Senhor; confie nele, e ele agirá.”

(Salmos 37:4-5, NVI)

Resumo

Esta pesquisa analisou os fatores que influenciam a adesão de políticas públicas da área da saúde por municípios brasileiros através do modelo de fragilidade compartilhada. O objetivo principal foi identificar e modelar as variáveis que impactam essa adesão. Aplicou-se a análise de sobrevivência para estudar o tempo até a adoção de nove políticas de saúde, criadas entre 2002 e 2016, em 318 municípios, considerando a possível dependência entre as adesões de um mesmo município através do modelo de fragilidade compartilhada. As variáveis explicativas englobaram dimensões de governabilidade nacional, capacidades institucionais dos ministérios, inovação ministerial e desenho da política, além de variáveis de controle. Os resultados revelaram que diversas variáveis influenciam significativamente a adesão, e a fragilidade compartilhada entre os municípios demonstrou ser relevante. Concluiu-se que o estudo oferece um modelo robusto para compreender a complexa dinâmica da adesão de políticas de saúde em nível municipal no Brasil.

Palavras-chave: estatística, análise de sobrevivência, eventos múltiplos, modelo de Cox, modelo de fragilidade compartilhada, difusão, políticas públicas, inovação política, municípios brasileiros, saúde.

Abstract

This research analyzed the factors that influence the adoption of public health policies by Brazilian municipalities, using the shared frailty model. The main objective was to identify and model the variables that impact this adoption. Survival analysis was applied to study the time until the adoption of nine health policies, created between 2002 and 2016, in 318 municipalities, considering the possible dependence between adoptions within the same municipality through the shared frailty model. The explanatory variables encompassed dimensions of national governability, institutional capacities of ministries, ministerial innovation, and policy design, in addition to control variables. The results revealed that several variables significantly influence adoption, and the shared frailty among municipalities proved to be relevant. It is concluded that the study offers a robust model to understand the dynamics of health policy adoption at the municipal level in Brazil.

Keywords: statistics, survival analysis, multiple events, Cox model, shared frailty model, diffusion, public policies, policy innovation, Brazilian municipalities, health.

Sumário

1 Introdução	5
2 Revisão de Literatura	8
2.1 Definições Gerais de Análise de Sobrevida	8
2.2 Funções para o Tempo de Falha	9
2.2.1 Função Densidade de Probabilidade	10
2.2.2 Função de Sobrevida	10
2.2.3 Função de Risco ou de Taxa de Falha	10
2.2.4 Função de Risco Acumulada	11
2.2.5 Relação Entre as Funções	11
2.3 Estimador de Kaplan-Meier	12
2.4 Modelo de Regressão de Cox	12
2.4.1 Definição	13
2.4.2 Ajuste	14
2.4.3 Avaliação do Ajuste	16
2.5 Eventos Múltiplos ou Recorrentes	17
2.5.1 Definição Geral	17
2.5.2 Modelos de Fragilidade Compartilhada	17
2.5.3 Distribuições para a Variável Fragilidade	18
2.5.4 Estimação via Função de Verossimilhança Penalizada	20
3 Metodologia	22
3.1 Material	22
3.2 Método	25
4 Resultados e Análises	26
4.1 Análise Descritiva	26
4.1.1 Variáveis de Governabilidade	28
4.1.2 Variáveis de Capacidade Institucional	30

4.1.3	Variável de Inovação Ministerial	31
4.1.4	Variáveis de Desenho das Políticas	32
4.1.5	Variáveis de Controle	35
4.2	Seleção de Variáveis e Modelagem	41
4.3	Avaliação do Ajuste do Modelo	56
4.4	Fragilidade Compartilhada dos Municípios	57
5	Conclusão	60
	Referências.	62

1 Introdução

O que causa a adoção de um novo programa por outros governos? Que fatores influenciam essa adesão? Por que apenas alguns governos adotam determinadas políticas? O que faz com que uma política se dissemine? Quais fatores explicam a velocidade dessa disseminação? Estas são algumas das questões relevantes em estudos de difusão de políticas (COELHO; CAVALCANTE; TURGEON, 2016).

A dificuldade em promover a adoção de inovações políticas, mesmo quando seus méritos são evidentes, está no cerne desse campo de estudo. Segundo Rogers (1971), a difusão pode ser entendida como “o processo através do qual uma inovação é comunicada através de certos canais ao longo do tempo entre os membros de um sistema social”. Assim, quatro elementos são fundamentais para entender esse processo: a inovação em si, os canais de comunicação, o tempo e o sistema social onde ocorre a difusão.

Até meados da década de 1990, a literatura explicava a difusão a partir de dois grandes conjuntos de fatores: determinantes internos, relacionados às características econômicas, políticas e sociais de cada governo; e determinantes externos, vinculados às redes formais e informais entre os governos e à proximidade geográfica (COELHO; CAVALCANTE; TURGEON, 2016). No entanto, essa divisão tem sido criticada por não capturar adequadamente a complexidade do fenômeno, especialmente em contextos dinâmicos e com múltiplas políticas em curso (Berry e Berry, 1990; 2007; Mintrom, 1997; Volden, 2006).

Embora ainda incipientes, os estudos sobre difusão de políticas no Brasil são promissores, dada a estrutura federativa altamente descentralizada do país. Os entes sub-nacionais — estados e municípios — possuem significativa autonomia para implementar políticas públicas, o que cria um ambiente fértil para a difusão horizontal (entre municípios ou estados) e vertical (entre diferentes esferas de governo) (COELHO; CAVALCANTE; TURGEON, 2016). Esse cenário realça a importância de compreender como, por que e em que ritmo as políticas públicas são adotadas, especialmente em áreas críticas como a saúde pública.

Dentro da literatura de difusão, a análise de sobrevivência ou *Event History Analysis* (EHA na sigla em inglês), é um método de destaque, iniciado pelo estudo de Berry e Berry (1990), que aplicaram o método ao analisar a difusão de loterias nos Estados Unidos. Ele se destaca pela sua capacidade de calcular a influência tanto de fatores internos quanto externos, bem como mensurar a probabilidade de adoção de uma dada

política por uma unidade de governo no tempo (Mooney, 2001; Buckley e Westerland, 2004).

Nos últimos anos, a aplicação da análise de sobrevivência na difusão de políticas públicas tem ganhado destaque em pesquisas realizadas por meio de parcerias institucionais. Estudos desenvolvidos em colaboração entre o Instituto de Ciência Política (IPOL) e o Departamento de Estatística (EST) da Universidade de Brasília (UnB), junto à Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), como os de Alencar (2018), Araújo (2020), Carvalho (2022) e Milhomem (2022), têm utilizado essa abordagem para compreender os fatores que influenciam a adoção de políticas governamentais.

Este trabalho busca preencher uma lacuna importante na literatura, ao analisar de forma sistemática os fatores que influenciam a adoção de políticas públicas de saúde pelos municípios brasileiros, considerando que um mesmo município pode adotar múltiplas políticas ao longo do tempo. Essa abordagem, que leva em conta a ocorrência de eventos múltiplos, é ainda pouco explorada nesta área, mas relevante para o completo entendimento da dinâmica de implementação de políticas em contextos complexos e interdependentes.

Além de sua originalidade metodológica, o estudo contribui ao realizar uma análise longitudinal com dados sistematizados, permitindo não apenas observar padrões históricos de adesão, mas também gerar evidências úteis para a formulação e difusão de novas políticas públicas. Para tanto, será utilizado o Modelo de Fragilidade Compartilhada, uma abordagem estatística que considera a interdependência entre os eventos (neste caso, as diferentes adesões por um mesmo município), possibilitando estimar de forma mais precisa a influência de fatores internos e externos na probabilidade de adoção ao longo do tempo.

Essa suposição de interdependência entre eventos — fundamental para a aplicação do modelo — existe quando se analisam políticas de uma mesma área, pois se entende que a adoção de diferentes políticas dentro de um mesmo setor pode estar relacionada a características específicas do município. Por esse motivo, optou-se por focar a análise em uma única área, e a escolha recaiu sobre a área da saúde, por três razões principais apresentadas a seguir.

Primeiro, por sua alta relevância no contexto brasileiro, dado seu impacto direto na qualidade de vida da população e sua centralidade na agenda pública. Segundo, pela alta concentração de políticas disponíveis na base de dados, oferecendo um universo empírico mais robusto para análise. Terceiro, por possuir o maior número de adesões

espalhadas ao longo do tempo, o que configura um processo de difusão, conforme caracterizado pela literatura, e não apenas um fenômeno de descentralização. Esse conjunto de fatores torna o setor da saúde não apenas adequado, mas especialmente estratégico para investigar os padrões e determinantes da difusão de políticas públicas no Brasil.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é identificar quais fatores influenciam a adesão de políticas públicas da área da saúde pelos municípios brasileiros e encontrar um modelo capaz de medir essa influência. Dentre os objetivos específicos estão: 1) organizar e limpar a base de dados que será utilizada no trabalho; 2) realizar a análise exploratória das variáveis; 3) analisar a adesão das políticas pelos municípios; 4) estudar a possível relação entre os tempos de adoção de políticas de um mesmo município; 5) identificar variáveis explicativas que possam influenciar nesta adesão, de acordo com a literatura difusionista.

Este estudo tem grande potencial de utilidade prática. Ao identificar padrões e fatores associados à adoção de políticas de saúde, oferece subsídios concretos para tomadores de decisão, permitindo uma melhor alocação de recursos e a formulação de estratégias mais eficazes de promoção e disseminação de políticas públicas, especialmente em contextos com diversidade territorial, socioeconômica e institucional.

No Capítulo 2, será apresentada uma revisão da literatura sobre Análise de Sobrevida, abordando conceitos como o estimador de Kaplan-Meier, o modelo de regressão de Cox e suas extensões, bem como a definição de eventos múltiplos. O Capítulo 3 descreverá os dados e métodos utilizados. O Capítulo 4 será dedicado à apresentação e análise dos resultados, enquanto o Capítulo 5 trará as conclusões, destacando as principais contribuições do estudo e suas implicações práticas e teóricas.

2 Revisão de Literatura

Neste capítulo, será feita uma breve revisão bibliográfica da Análise de Sobrevivência, apresentando os principais conceitos, modelos de Cox e modelos para eventos múltiplos.

2.1 Definições Gerais de Análise de Sobrevivência

O termo Análise de Sobrevivência surgiu a partir de pesquisas na área médica, mas a sua utilização é ampla e pode abranger outras diversas áreas. Na engenharia, por exemplo, são comuns estudos com o objetivo de estimar o tempo médio de vida de equipamentos, produtos ou componentes, ou a probabilidade de duração destes equipamentos em um determinado período. Na educação pode-se utilizar esta técnica para avaliar, por exemplo, o tempo até a evasão escolar e nas ciências sociais alguns exemplos principais são os estudos do tempo até a reincidência criminal, liberação de presos, aposentadoria, duração de casamentos, migrações ou em estudos de difusão de políticas públicas.

Em Análise de Sobrevivência, a variável resposta é, geralmente, o tempo até a ocorrência de um evento de interesse, denominado tempo de falha. A principal característica de estudos de sobrevivência é a presença de censura, que é a observação parcial, incompleta da variável resposta. A censura se dá pelo interrompimento do acompanhamento de um indivíduo, por diversos motivos, antes que ele tenha experimentado o fenômeno estudado. Nestes casos, toda a informação que resta daquele indivíduo é que o tempo de falha é superior ao observado (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

As observações censuradas são consideradas nos estudos de sobrevivência e não devem ser excluídas, pois, mesmo tendo informações incompletas, ainda fornecem informação útil sobre o tempo de vida desses indivíduos e a sua omissão pode levar a vieses nas conclusões. Nos casos em que não são observadas censuras, pode-se utilizar técnicas estatísticas clássicas, como regressão, utilizando uma transformação para a variável resposta, mas, quando existe censura, é necessário utilizar métodos de análise de sobrevivência e incluir na análise as informações censuradas.

Desta forma, a variável resposta é constituída pelo tempo registrado daquela observação (t_i) e a indicação de que aquele tempo é de falha ou censura (δ_i), portanto, a resposta é representada pelo par (t_i, δ_i) , em que:

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{se } t_i \text{ é tempo de falha} \\ 0, & \text{se } t_i \text{ é tempo de censura.} \end{cases}$$

A censura pode ser classificada em três categorias:

- Censura à direita, quando o evento de interesse ocorre após o término do período estipulado para o estudo e, desta forma, o evento não é observado no estudo;
- Censura à esquerda, quando o tempo registrado é maior que o tempo de falha, ou seja, quando o indivíduo já havia experimentado o evento de interesse quando começou a ser observado;
- Censura intervalar, quando o tempo exato do acontecimento da falha não é registrado, mas há somente o conhecimento do intervalo em que a falha ocorreu.

Vale ressaltar que as censuras à direita e à esquerda podem ocorrer simultaneamente. Na censura à direita, existem, ainda, três outras subdivisões:

- Censura do tipo I, em que o tempo de término do estudo é pré-estabelecido, e, portanto, indivíduos que não falharem até o tempo de término do estudo serão censurados;
- Censura do tipo II, em que o estudo terá fim quando um número pré-estabelecido de indivíduos falharem e, então, os demais serão censurados;
- Censura aleatória, quando um indivíduo é retirado do estudo por motivos diversos, e, portanto, censurado.

2.2 Funções para o Tempo de Falha

O tempo de falha, representado pela variável aleatória T , é uma variável não negativa e usualmente contínua, cuja distribuição pode ser definida por qualquer uma das seguintes funções: a função densidade de probabilidade, a função de sobrevivência ou a função de risco. Conhecendo uma dessas funções, é possível derivar as demais, tornando desnecessária a especificação simultânea de todas elas.

2.2.1 Função Densidade de Probabilidade

A função densidade de probabilidade é definida como a probabilidade de um indivíduo falhar em um determinado intervalo de tempo, Δt , podendo ser escrita conforme a expressão abaixo (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Delta t},$$

com $f(t) \geq 0 \forall t$ e $\int_0^\infty f(t)dt = 1$.

2.2.2 Função de Sobrevivência

A função de sobrevivência é definida como a probabilidade de um indivíduo “sobreviver” até um certo tempo t , ou seja, não falhar até o tempo t , e pode ser representada da seguinte forma (COLOSIMO; GIOLO, 2006):

$$S(t) = P(T \geq t),$$

com $t \geq 0$.

A função $S(t)$ é monótona crescente, com $\lim_{t \rightarrow 0} S(t) = 1$ e $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = 0$ (COX; OAKES, 2018). Essa função é uma das principais utilizadas para descrever estudos de sobrevivência. Em consequência, a função de distribuição acumulada, dada por $F(t) = 1 - S(t)$ é definida como a probabilidade de uma observação não sobreviver (falhar) até o tempo t .

2.2.3 Função de Risco ou de Taxa de Falha

A função de risco ou de taxa de falha é útil para descrever a forma em que as falhas ocorrem com o passar do tempo, representando a probabilidade de um indivíduo falhar em um intervalo de tempo, dado que não tenha falhado anteriormente. Portanto, pode ser definida conforme a expressão abaixo (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t},$$

que representa a probabilidade de um indivíduo falhar no intervalo $[t, t + \Delta t)$, dado que não ocorreu a falha até o tempo t .

2.2.4 Função de Risco Acumulada

Uma última função útil na análise de sobrevivência, principalmente na estimação não paramétrica, é a função de risco acumulada, que, como o próprio nome sugere, fornece o risco, a taxa de falha acumulada. Essa função é definida da seguinte forma (COLOSIMO; GIOLO, 2006):

$$H(t) = \int_0^t h(u)du.$$

Essa função, apesar de não ter interpretação direta, é útil na avaliação da função de risco, que é a função de maior interesse na análise de sobrevivência, e apresenta um estimador com propriedades ótimas na estimação não paramétrica.

2.2.5 Relação Entre as Funções

Entre as funções apresentadas anteriormente, existem algumas relações matemáticas importantes que mostram que o conhecimento de uma garante o conhecimento das demais. Conforme Colosimo e Giolo (2006), essas relações são dadas a seguir.

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} = -\frac{d}{dt}(\log S(t)),$$

$$H(t) = \int_0^t h(u)du = -\log S(t),$$

e,

$$S(t) = \exp\{-H(t)\} = \exp\left\{-\int_0^t h(u)du\right\}.$$

O conhecimento das relações entre as funções é útil pois, a partir de qualquer uma delas, é possível obter as demais, definindo, assim, as características do modelo de

sobrevivência utilizado.

2.3 Estimador de Kaplan-Meier

Como o próprio nome diz, a função de sobrevivência é a principal componente da análise de sobrevivência. Por esta razão, uma estimativa para esta função se faz necessária e, dentre os estimadores não paramétricos, o mais utilizado é o de Kaplan-Meier ou também chamado de estimador limite-produto, proposto por Kaplan e Meier (1958). Esse estimador consiste em uma adaptação da função empírica de sobrevivência, que, considerando a ausência de censuras, é definida conforme a expressão abaixo.

$$\hat{S}(t) = \frac{\text{n}^\circ \text{ de observações que não falharam até o tempo } t}{\text{n}^\circ \text{ total de observações no estudo}}. \quad (2.3.1)$$

Utilizando a expressão em (2.3.1) como base e, considerando que existam n elementos no estudo e foram observadas $k \leq n$ falhas nos tempos $t_1 < t_2 < \dots < t_k$. Então, o estimador de Kaplan-Meier é obtido da seguinte forma:

$$\hat{S}(t) = \prod_{j:t_j < t} \left(\frac{n_j - d_j}{n_j} \right) = \prod_{j:t_j < t} \left(1 - \frac{d_j}{n_j} \right),$$

em que,

- $t_1 < t_2 < \dots < t_k$, são os k tempos distintos e ordenados de falha;
- d_j é o número de falhas em t_j , $j = 1, \dots, k$;
- n_j é o número de indivíduos sob risco em t_j , ou seja, indivíduos que não falharam ou foram censurados até o instante anterior a t_j .

De acordo com Colosimo e Giolo (2006), o estimador de Kaplan-Meier tem as seguintes propriedades: não viciado para amostras grandes; fracamente consistente, ou seja, converge em probabilidade para $S(t)$ quando o tamanho da amostra tende ao infinito; converge assintoticamente para um processo gaussiano; é o estimador de máxima verossimilhança de $S(t)$.

2.4 Modelo de Regressão de Cox

Ao utilizar a análise não paramétrica por meio do estimador de Kaplan-Meier, apesar de seus benefícios e propriedades desejáveis, não é possível incluir simultaneamente

covariáveis na análise. As covariáveis são características observadas dos indivíduos que podem influenciar o tempo até o evento de interesse. Incorporá-las ao modelo permite capturar melhor a heterogeneidade da população e melhorar a precisão das estimativas.

Para isso, a literatura propõe duas classes de modelos que possibilitam a inclusão de covariáveis: os modelos paramétricos, que assumem uma forma específica para a distribuição do tempo de falha, e os modelos semi-paramétricos, que fazem menos suposições estruturais sobre a função de risco.

Os modelos paramétricos são mais eficientes porque assumem uma distribuição específica para o tempo de falha, como exponencial, Weibull ou log-normal, o que permite estimativas mais precisas e menor variabilidade quando a suposição da distribuição é apropriada. No entanto, essa abordagem pode ser restritiva caso a distribuição real dos dados não siga o modelo assumido.

Em contrapartida, os modelos semi-paramétricos, também chamados de modelos de regressão de Cox, são mais flexíveis, pois não impõem uma forma específica para a função de risco base, permitindo a inclusão de covariáveis dependentes do tempo. Devido a essa flexibilidade e ampla aplicabilidade, diversas extensões do modelo de Cox foram desenvolvidas na literatura, e uma dessas abordagens será tratada neste trabalho.

2.4.1 Definição

O modelo de regressão de Cox, proposto em 1972 (COX, 1972) é dado pela seguinte expressão:

$$h(t|\mathbf{x}) = h_0(t) \exp(\mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta}),$$

em que $h_0(t)$ é chamada função de risco base, pois $h(t|\mathbf{x}) = h_0(t)$ quando $\mathbf{x} = 0$, $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor dos coeficientes de regressão desconhecidos e $\mathbf{x}$ é o vetor de covariáveis observadas para o indivíduo i , ambos vetores de dimensão p .

Esse modelo é composto por $h_0(\cdot)$, que é considerado não paramétrico, por não possuir parâmetros $\boldsymbol{\beta}$, e pelas covariáveis que atuam de forma multiplicativa, por meio de uma função considerada paramétrica $g(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) = \exp(\mathbf{x}^T \boldsymbol{\beta})$, pois possui os parâmetros $\boldsymbol{\beta}$.

Uma das suposições para utilização deste modelo é a proporcionalidade das taxas de falha, pois a razão das funções de risco para dois indivíduos, i e j , não depende de t , como mostrado abaixo:

$$\frac{h(t|\mathbf{x}_i)}{h(t|\mathbf{x}_j)} = \frac{h_0(t) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})}{h_0(t) \exp(\mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta})} = \frac{\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})}{\exp(\mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta})}.$$

Desta forma, a função de sobrevivência para o modelo de Cox é dada por

$$S(t|\mathbf{x}) = (S_0(t))^{\exp(\boldsymbol{\beta}'\mathbf{x})},$$

em que $S_0(t) = \exp\left[-\int_0^t h_0(u)du\right]$ é a função de sobrevivência base e $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de covariáveis.

2.4.2 Ajuste

Existem diversos métodos de estimação conhecidos na literatura, porém, o método de máxima verossimilhança consegue incorporar as censuras, possui propriedades ótimas para grandes amostras e é de compreensão relativamente fácil, logo, é um método apropriado para dados de sobrevivência (COX; HINKLEY, 1974). Esse método busca identificar a melhor distribuição para os dados obtidos pela amostra, entre todos os possíveis, com maior probabilidade de ser o gerador da amostra observada, levando em conta os valores dos parâmetros que indexam o modelo postulado.

O objetivo é encontrar o valor do vetor de parâmetros $\boldsymbol{\theta}$ que maximize a função de verossimilhança $L(\boldsymbol{\theta})$, que, sob independência de $t_i, \dots, t_n$ e considerando dados sem censura, é definida por:

$$L(\boldsymbol{\theta}) = \prod_{i=1}^n f(t_i; \boldsymbol{\theta}),$$

em que $t_1, \dots, t_n$ representam os tempos observados de uma amostra de tamanho n .

Na função de verossimilhança, sob o contexto de análise de sobrevivência com censura à direita, os tempos de falha contribuem com sua função de densidade, já as observações censuradas à direita contribuem com sua função de sobrevivência, ou seja, com a informação de que o seu tempo de falha é superior ao tempo observado. Logo, obtemos a seguinte expressão:

$$L(\boldsymbol{\theta}) \propto \prod_{i=1}^n [f(t_i; \boldsymbol{\theta})]^{\delta_i} [S(t_i; \boldsymbol{\theta})]^{1-\delta_i},$$

em que $\boldsymbol{\theta}$ é o vetor de parâmetros do modelo a ser estimado.

Os estimadores de máxima verossimilhança são os valores de $\boldsymbol{\theta}$ que maximizam $L(\boldsymbol{\theta})$, ou, de forma equivalente, $\log L(\boldsymbol{\theta})$. Portanto, podem ser encontrados, segundo Colosimo e Giolo (2006), resolvendo o seguinte sistema de equações:

$$U(\boldsymbol{\theta}) = \frac{\partial \log L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \boldsymbol{\theta}} = 0, \quad (2.4.1)$$

em que $U(\boldsymbol{\theta})$ é chamado de vetor escore.

Como o modelo de Cox possui um componente não paramétrico, o uso do método de máxima verossimilhança é inviável para estimação do vetor de coeficientes $\boldsymbol{\beta}$. Então, o método de máxima verossimilhança parcial foi proposto por Cox (1975) e será apresentado a seguir.

Considere uma amostra de n indivíduos, com $k \leq n$ falhas distintas nos tempos $t_1 \leq \dots \leq t_k$. Supondo que a probabilidade condicional da i -ésima observação vir a falhar no tempo t_i , conhecendo quais observações estão sob risco em t_i , é

$$\frac{h_i(t)}{\sum_{j \in R(t_i)} h_j(t)} = \frac{h_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta}\}}{\sum_{j \in R(t_i)} h_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_j \boldsymbol{\beta}\}} = \frac{\exp\{\mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta}\}}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp\{\mathbf{x}'_j \boldsymbol{\beta}\}}, \quad (2.4.2)$$

em que $R(t_i)$ é o conjunto dos índices das observações sob risco no tempo t_i .

A função de verossimilhança a ser utilizada para fazer inferências no modelo é dada pela seguinte expressão.

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \prod_{i=1}^k \frac{\exp\{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}\}}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp\{\mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}\}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{\exp\{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}\}}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp\{\mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}\}} \right)^{\delta_i},$$

que é formada pelos produtos de todos os termos representados em (2.4.2) associados aos tempos distintos de falha (COLOSIMO; GIOLO, 2006), com δ_i sendo a variável indicadora de falha.

Os valores de $\boldsymbol{\beta}$ que maximizam a função de verossimilhança parcial são obtidos resolvendo os sistemas de equações em (2.4.1). Assim, o vetor escore para $\boldsymbol{\beta}$ fica dado por (COLOSIMO; GIOLO, 2006)

$$U(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{i=1}^n \delta_i \left[\mathbf{x}_i - \frac{\sum_{j \in R(t_i)} \mathbf{x}_j \exp\{\mathbf{x}_j^T \hat{\boldsymbol{\beta}}\}}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp\{\mathbf{x}_j^T \hat{\boldsymbol{\beta}}\}} \right] = 0. \quad (2.4.3)$$

A função de verossimilhança parcial assume tempos de sobrevivência contínuos

e não pressupõe que exista empates nos valores observados. Quando houver empates, a função (2.4.3) deve ser modificada para incorporá-los. A aproximação para a função de verossimilhança parcial nestes casos, proposta por Breslow (1972) e Peto (1972) é dada por

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp(\mathbf{s}_i^T \beta)}{[\sum_{j \in R_i} \exp(\mathbf{x}_j^T \beta)]^{d_i}},$$

considerando $\mathbf{s}_i^T$ o vetor formado pela soma das p covariáveis para os indivíduos que falharam ao mesmo tempo t_i ($i = 1, \dots, k$), d_i o número de falhas neste mesmo tempo e R_i o conjunto dos indivíduos ainda em risco no tempo t . Essa aproximação só é adequada quando o número de observações empatadas em qualquer tempo não é grande (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

2.4.3 Avaliação do Ajuste

O modelo de Cox, apesar de ser muito flexível devido à presença do componente não paramétrico, ainda necessita, como qualquer outro modelo estatístico, de técnicas para avaliar a sua adequação. Uma suposição básica deste modelo é a de riscos proporcionais e a sua violação pode acarretar sérios vícios nas estimações dos coeficientes.

Para verificar esta suposição, métodos gráficos podem ser utilizados, bem como testes de hipóteses. Um dos métodos gráficos consiste na divisão dos dados em m estratos, de acordo com alguma variável e, em seguida, deve-se estimar $H_0(t)$ para cada estrato usando a seguinte expressão, proposta por Breslow (1972):

$$\hat{H}_0(t_i) = \sum_{j: t_j \leq t} \frac{d_j}{\sum_{l \in R_j} \exp\{\mathbf{x}_l^T \hat{\beta}\}}, \quad (2.4.4)$$

que é uma função escada com saltos nos tempos distintos de falha, em que d_j é o número de falhas em t_j . Se a suposição de riscos proporcionais for válida, as curvas do $\log(H_0(t))$ versus t ou $\log(t)$ devem apresentar diferenças aproximadamente constantes no tempo.

Além disso, como nos modelos paramétricos, os resíduos de Cox-Snell, propostos por Cox e Snell (1968) são úteis para avaliar a qualidade geral de ajuste do modelo de Cox. Os resíduos Cox-Snell são definidos da seguinte forma

$$\hat{e}_i = \hat{H}_0(t_i) \exp \left\{ \sum_{k=1}^p \mathbf{x}_{ip} \hat{\beta}_k \right\}, i = 1, \dots, n.$$

Caso o modelo seja adequado, os resíduos devem seguir uma distribuição exponencial padrão (LAWLESS, 2003). Logo, a tendência dos pontos no gráfico de $\hat{e}_i$ versus $\hat{H}(\hat{e}_i)$ deve ser aproximadamente uma reta.

2.5 Eventos Múltiplos ou Recorrentes

2.5.1 Definição Geral

Os tempos de sobrevivência, algumas vezes, podem ser observados em grupos ou conglomerados de indivíduos e, dentro de cada grupo, tais tempos podem não ser mutuamente independentes, pois o comportamento dos tempos observados entre membros de um mesmo grupo pode apresentar certas semelhanças que não seriam observadas entre indivíduos não pertencentes àquele grupo.

Em outras situações, cada indivíduo em estudo está sujeito a múltiplos eventos do mesmo tipo, conhecidos como eventos recorrentes ou múltiplos. Nesses casos, mais de um tempo de sobrevivência é observado para cada indivíduo em estudo e, deste modo, é razoável supor que exista associação entre os tempos de um mesmo indivíduo. Se essa associação realmente existir, então, nestes casos citados, a suposição de independência dos tempos é violada e, portanto, os modelos conhecidos não serão válidos para aquele conjunto de dados, sendo necessário adaptá-los para considerar a existência desta associação.

Os eventos múltiplos podem ser do mesmo tipo, como infecções recorrentes em pacientes com HIV positivos ou múltiplos infartos em um estudo sobre coronária, ou de tipos diferentes, como múltiplas sequelas em pacientes com uma doença crônica.

2.5.2 Modelos de Fragilidade Compartilhada

Um modelo que tem sido usado com frequência nestes casos é o modelo de fragilidade. Neste modelo, um efeito aleatório, denominado fragilidade, é introduzido na função de risco para descrever essa possível associação. Estes modelos classificam-se na abordagem condicional, uma vez que assumem que os tempos que apresentam uma possível associação são independentes condicionalmente às variáveis de fragilidade.

No modelo de fragilidade compartilhado, a fragilidade, de acordo com Colosimo e Giolo (2006), representa um efeito aleatório que descreve o risco comum, isto é, a fragilidade compartilhada por indivíduos dentro de um mesmo grupo ou família. A ideia

geral é que os grupos ou famílias apresentam fragilidades diferentes e aqueles que possuem maior fragilidade deverão experimentar o evento de interesse mais rapidamente quando comparados com os que possuem fragilidades menores.

O nome fragilidade vem do fato de que, quanto maior o valor do efeito aleatório, maior será o risco de uma falha ocorrer e, portanto, mais frágeis os indivíduos do grupo estarão para falhar, pois o efeito aleatório atua multiplicativamente na função de risco.

Formalmente, considere $T_j = (T_{1j}, \dots, T_{nj})^T$ os n_j tempos de sobrevivência do j -ésimo grupo e Z_j a variável de fragilidade não observada associada a este grupo. Para $Z_j = z_j$, é assumido, condicionalmente a z_j , que os componentes de T_j são independentes com as distribuições dos T_j modeladas por (COLOSIMO; GIOLO, 2006)

$$h_{ij}(t) = z_j h_0(t) \exp\{\mathbf{x}_{ij}^T \boldsymbol{\beta}\}, \quad (2.5.1)$$

para $i = 1, \dots, n_j$, $j = 1, \dots, m$ e com $h_{ij}(t)$ a função de risco para T_{ij} condicionalmente ao valor não observado z_j e um vetor $\mathbf{x}_{ij}$ de dimensão p de covariáveis, $h_0(t)$ uma função de risco de base desconhecida, $\boldsymbol{\beta}$ um vetor de dimensão p de coeficientes de regressão desconhecidos e z_j os valores das fragilidades, assumidos como uma amostra independente de variáveis aleatórias Z_j com distribuição de probabilidade conhecida de média 1 e alguma variância desconhecida, e Z_j é assumido não variar com o tempo.

2.5.3 Distribuições para a Variável Fragilidade

Na literatura existem diversas distribuições propostas para descrever a fragilidade, sendo a distribuição gama com média 1 e variância desconhecida ξ a primeira e mais utilizada dentre as demais. Essa distribuição foi originalmente adotada por Vaupel, Manton e Stallard (1979) e, desde então, segue como a principal distribuição empregada com essa finalidade. A razão de sua popularidade, segundo Colosimo e Giolo (2006), se dá principalmente por sua conveniência algébrica.

A função de densidade das m variáveis aleatórias independentes Z_j , $j = 1, 2, \dots, m$, que seguem distribuição gama, $Z_j \sim \Gamma(\eta, v)$, com $\eta, v \geq 0$, tomando $\eta = v = \xi^{-1}$, é dada por:

$$f(z) = \frac{\left(\frac{1}{\xi}\right)^{1/\xi}}{\Gamma\left(\frac{1}{\xi}\right)} \cdot z^{\frac{1}{\xi}-1} \exp\left\{-\frac{z}{\xi}\right\},$$

para $z \geq 0$. Dessa forma, $E(Z_j) = 1$ e $Var(Z_j) = \xi$.

Uma forma de quantificar a fragilidade é por meio da variância. Quando $\xi = 0$, todas as variáveis de fragilidade assumem o valor 1, resultando no modelo de riscos proporcionais de Cox para dados independentes.

Um problema encontrado ao propor outras distribuições é a falta dessas propriedades analíticas que a distribuição gama possui, bem como a dificuldade de aplicação. Nenhuma das distribuições propostas posteriormente, inclusive a distribuição gaussiana, substituiu a distribuição gama em sua popularidade e tratabilidade analítica, de acordo com Colosimo e Giolo (2006).

O modelo semiparamétrico de fragilidade gama é o mesmo da equação em (2.5.1), assumindo, agora, que as fragilidades z_j com $j = 1, \dots, m$ são uma amostra independente de variáveis aleatórias Z_j com distribuição gama de média 1 e variância desconhecida ξ . Valores grandes de ξ indicam alta heterogeneidade entre os grupos e forte associação dentro dos grupos.

Klein (1992) contribuiu nesse modelo com relação à razão de riscos, mostrando que três situações distintas relacionadas à interpretação do vetor de coeficientes β ocorrem quando $\xi \neq 0$:

1. Ao comparar dois indivíduos de um mesmo grupo, tem-se a proporcionalidade dos riscos mantida, e, conseqüentemente, a mesma interpretação do vetor β para o caso independente. Logo, a razão dos riscos para este caso é dada por:

$$R(t) = \frac{z_j h_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_i \beta\}}{z_j h_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_k \beta\}} = \exp\{(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_k)' \beta\},$$

para i, k do mesmo grupo.

2. Ao comparar dois indivíduos com os mesmo valores de covariáveis e pertencentes a grupos distintos, a razão dos riscos de falha não será igual a 1, mas será a razão entre as fragilidades, ou seja

$$R(t) = \frac{z_j h_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_i \beta\}}{z_j h_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_k \beta\}} = \frac{z_1}{z_2},$$

para os grupos 1 e 2.

3. Por último, ao comparar dois indivíduos com covariáveis diferentes e grupos distintos, tem-se:

$$R(t) = \exp\{(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)' \beta\} \left[\frac{1 + \xi \hat{H}_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_2 \beta\}}{1 + \xi \hat{H}_0(t) \exp\{\mathbf{x}'_1 \beta\}} \right],$$

para os grupos 1 e 2.

Dessa forma, a razão dos riscos, nesse terceiro caso, depende do tempo t . Essa razão tende a 1 quando $t \rightarrow \infty$, independente dos valores das covariáveis e, conforme ξ aumenta, a razão converge para 1 mais rapidamente.

2.5.4 Estimação via Função de Verossimilhança Penalizada

Os algoritmos de estimação EM (*Expectation-Maximization*) são métodos iterativos amplamente utilizados para estimar parâmetros em modelos estatísticos com dados incompletos ou latentes. Eles foram propostos por diversos autores e rapidamente aceitos devido à sua capacidade de lidar com situações em que a maximização direta da verossimilhança é complexa. No entanto, esses algoritmos enfrentavam desafios, como lentidão no processamento, indisponibilidade na maioria dos pacotes estatísticos e problemas de convergência em grandes amostras, conforme destacado por Latham (1996).

Uma alternativa proposta a esses algoritmos é considerar o modelo de fragilidade gama compartilhado como um modelo de Cox penalizado usando a função de verossimilhança parcial penalizada no processo de estimação (HOUGAARD, 2000; THERNEAU; GRAMBSCH, 2000). Essa alternativa é semelhante ao algoritmo EM e é baseada em uma modificação da função de verossimilhança parcial de Cox.

Formalmente, a função de verossimilhança é representada como um produto, onde o primeiro termo corresponde à função de verossimilhança parcial, que inclui as fragilidades como parâmetros, e o segundo termo atua como uma penalização para limitar variações excessivas entre as fragilidades dos diferentes grupos. Assim, o logaritmo da função de verossimilhança parcial penalizada pode ser expresso da seguinte forma

$$PPL(\boldsymbol{\beta}, \omega, \theta) = \log(L(\boldsymbol{\beta}, \omega)) - g(\omega, \theta),$$

onde,

$$\log(L(\boldsymbol{\beta}, \omega)) = \sum_{i=1}^n \delta_i \left[(\mathbf{x}_{ij}^T \boldsymbol{\beta} + \omega_j) - \log \left(\sum_{k \in R(t_i)} \exp\{\mathbf{x}_{kj}^T \boldsymbol{\beta} + \omega_{kj}\} \right) \right],$$

e $g(\omega, \theta)$ a função penalidade. Frequentemente é utilizado o logaritmo de uma densidade como função de penalidade. Considerando que a fragilidade tem distribuição gama com média 1 e variância $\theta = \xi$, o logaritmo da função de densidade de $z = \exp\{\omega\}$ pode ser

expresso por

$$\log(f(z)) = \log \left[\frac{1}{\xi} - 1 \right] \log(z) - \left(\frac{1}{\xi} z \right) + \left(\frac{1}{\xi} \right) \log \left(\frac{1}{\xi} \right) - \log \Gamma \left(\frac{1}{\xi} \right).$$

Dessa forma, o logaritmo da densidade de ω é $(\omega - \exp\{\omega\})/\theta$ mais uma função de θ , o que resulta no seguinte logaritmo da função de verossimilhança parcial penalizada.

$$PPL(\boldsymbol{\beta}, \omega, \theta) = \log(L(\boldsymbol{\beta}, \omega)) - \left(\frac{1}{\theta} \right) \sum_{j=1}^m (\omega_j - \exp\{\omega_j\}). \quad (2.5.2)$$

Conforme demonstrado em Therneau e Grambsch (2000), a solução do modelo baseado no logaritmo da função de verossimilhança parcial penalizada, conforme expressa em (2.5.2), coincide com a solução obtida pelo algoritmo EM para o modelo de fragilidade gama compartilhada, para qualquer valor fixo de $\theta = \xi$.

O procedimento inicia atribuindo um valor inicial igual a 1 para as fragilidades. Em seguida, de forma iterativa, as fragilidades são consideradas como parâmetros fixos e conhecidos no primeiro passo de otimização da função de verossimilhança parcial. No passo seguinte, estas são atualizadas como médias condicionais, dado o conjunto de observações, em um processo semelhante ao algoritmo EM. Esse ciclo se repete até que a convergência seja alcançada.

Segundo Hougaard (2000), essa abordagem é eficaz para o modelo de fragilidade gama e apresenta uma aproximação satisfatória para o modelo de fragilidade lognormal. No *software* R, o ajuste do modelo de fragilidade é realizado por meio desse procedimento de estimação.

3 Metodologia

3.1 Material

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos através de raspagem de dados (*web scraping*) de diários municipais, com a metodologia desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa do LAPCIPP/IPOL/UnB, em uma parceria do Departamento de Estatística (EST) e do Instituto de Ciência Política (IPOL) da Universidade de Brasília (UnB) com a Escola Nacional de Administração Pública (ENAP).

As variáveis explicativas foram obtidas através da tese de doutorado da Celina Pereira, intitulada “Da política às políticas: o que faz com que os programas federais cheguem à ponta?” da Universidade de Brasília do ano de 2025. Além das variáveis, as hipóteses iniciais para cada uma delas também foram extraídas dessa mesma fonte.

As políticas foram coletadas através do banco do IPEA, que possui um total de 708 ações, tendo sido realizados os seguintes recortes:

1. Políticas passíveis de adesão por qualquer município, sem restrições;
2. Data de criação das políticas entre 2000 e 2022;
3. Municípios com população a partir de 100 mil habitantes;
4. Taxa de adesão de pelo menos 5%;
5. Políticas com intervalos maiores de tempo de adoção;
6. Políticas da área da saúde.

Para utilizar análise de sobrevivência, todos os indivíduos devem ser suscetíveis à falha, ou seja, todos os municípios devem ter a possibilidade de aderir à política. O recorte temporal e populacional foi realizado a fim de manter os indivíduos e variáveis mais homogêneos e, com isso, ter maior controle e refinamento na modelagem.

Quanto ao recorte pela taxa de adesão, 5% representa o piso mínimo definido pela literatura difusionista. Da mesma forma, para se enquadrar como um processo de difusão, o intervalo de tempo de adoção não deve ser muito curto, sugerindo, assim, um processo de descentralização e não de difusão.

Por fim, a suposição de uma possível dependência entre os tempos existe para políticas de uma mesma área. Nesse sentido, a área da saúde foi escolhida por apresentar a maior quantidade de políticas e, consequentemente, de falhas, ao final do recorte.

Dessa forma, após o recorte, restaram 9 políticas da área da saúde, criadas entre 2002 e 2016, e 318 municípios brasileiros, totalizando 2.862 registros e 1.170 falhas (40,88%). A Tabela 1 apresenta a relação de políticas e os respectivos anos de criação.

Tabela 1: Políticas públicas utilizadas no estudo.

Abreviação	Nome da Política	Ano de Criação
pnsdpd	Política Nacional de Saúde da Pessoa com Deficiência	2002
pnacac	Política Nacional de Atenção Cardiovascular de Alta Complexidade	2004
pnapdr	Política Nacional de Atenção ao Portador de Doença Renal	2004
pnaacto	Política Nacional de Atenção de Alta Complexidade em Traumatologia-Ortopedia	2005
pnab	Política Nacional de Atenção Básica	2006
pse	Programa Saúde na Escola	2007
pnrsus	Política Nacional de Regulação do Sistema Único de Saúde	2008
pmm	Programa Mais Médicos	2013
pcf	Programa Criança Feliz	2016

As variáveis explicativas incluídas no estudo foram escolhidas a fim de englobar as seguintes dimensões, conforme Pereira (2025):

- Governabilidade nacional;
- Capacidades institucionais dos ministérios;
- Inovação ministerial;
- Desenho da política.

A ideia central, segundo Pereira (2025), é que, quanto maior a governabilidade nacional, as capacidades institucionais dos ministérios e a inovação ministerial em políticas públicas, bem como um desenho de política bem elaborado, maior a adesão àquela política, ou seja, maior o risco de falha.

A Tabela 2 lista todas as 39 variáveis utilizadas no estudo, e as hipóteses teóricas de influência no risco de falha quanto maiores forem os valores da variável ou, para as variáveis binárias, se forem iguais a um. As dimensões de governabilidade e capacidades institucionais possuem 11 variáveis cada, a inovação ministerial possui uma, e 7 são de desenho de políticas. Além das variáveis relacionadas a essas quatro dimensões, também existem 10 variáveis de controle.

Tabela 2: Variáveis utilizadas no estudo.

Dimensão	Variável	Hipótese
Governabilidade Nacional	Taxa de participação	Aumenta o risco
	Taxa de sucesso	Aumenta o risco
	Taxa de dominância	Aumenta o risco
	Taxa de vetos	Diminui o risco
	Taxa de conflito em MPs	Diminui o risco
	Taxa de fragmentação partidária	Diminui o risco
	Tamanho proporcional da base	Aumenta o risco
	Taxa de disciplina	Aumenta o risco
	Taxa de participação ministerial	Aumenta o risco
	Período do ministro no cargo	Aumenta o risco
	Taxa de aprovação do PR	Aumenta o risco
Capacidades Institucionais dos Ministérios	Total de servidores por órgão	Aumenta o risco
	Total de servidores efetivos por órgão	Aumenta o risco
	Orçamento total autorizado por órgão	Aumenta o risco
	Orçamento total executado por órgão	Aumenta o risco
	Taxa de execução orçamentária por órgão	Aumenta o risco
	Orçamento discricionário autorizado para o órgão	Aumenta o risco
	Orçamento discricionário executado pelo órgão	Aumenta o risco
	Taxa de execução orçamentária discricionária do órgão	Aumenta o risco
	Orçamento aprovado em TI por órgão	Aumenta o risco
	Orçamento executado em TI por órgão	Aumenta o risco
Inovação Ministerial	Índice de inovação ministerial em políticas públicas	Aumenta o risco
	Número de palavras	Aumenta o risco

Continua na próxima página...

Dimensão	Variável	Hipótese
	Número de dispositivos	Aumenta o risco
	Número de dispositivos de controle	Diminui o risco
	Taxa de dispositivos de controle	Diminui o risco
	Número de dispositivos de contrapartida	Diminui o risco
	Taxa de dispositivos de contrapartida	Diminui o risco
	Multissetorialidade	Aumenta o risco
Controle	Hierarquia urbana do município	Aumenta o risco
	Porte municipal	Aumenta o risco
	PIB	Depende do contexto
	Margem de vitória do governador	Aumenta o risco
	Governador eleito no segundo turno	Aumenta o risco
	Prefeito reeleito	Diminui o risco
	Ano eleitoral municipal	Aumenta o risco
	Alinhamento partidário presidente e governador	Aumenta o risco
	Ideologia do governador	Diminui o risco
	Ideologia do prefeito	Diminui o risco

3.2 Método

O evento de interesse neste estudo é a adoção de uma determinada política pública por um município. Essa escolha justifica o uso da análise de sobrevivência, uma vez que os municípios possuem autonomia para decidir quando aderir à política em questão. O Modelo de Fragilidade Compartilhada foi escolhido devido à sua flexibilidade e à capacidade de incluir variáveis explicativas. Além disso, é uma excelente opção para a modelagem de eventos múltiplos ao incluir a fragilidade no modelo, que vai ser útil na verificação da hipótese de que os tempos de um mesmo município não são independentes.

A limpeza e organização do conjunto de dados será o primeiro passo deste trabalho. Em seguida, será realizada a análise exploratória das variáveis resposta e explicativas, bem como as análises descritivas das curvas de sobrevivência e das funções de risco, utilizando o estimador de Kaplan-Meier. Após a exploração dos dados, o próximo passo será a seleção de variáveis para obtenção do modelo final. Por fim, o ajuste do modelo será avaliado e os resultados obtidos serão discutidos. Para cada um dos passos será utilizado o *software* estatístico R.

4 Resultados e Análises

4.1 Análise Descritiva

Primeiramente, será feita a análise descritiva da variável resposta e das variáveis explicativas selecionadas no modelo final, bem como apresentadas as curvas de sobrevivência estimadas com base nas variáveis explicativas.

Dentre as 2.862 observações, 1.170 falharam, ou seja, aderiram às políticas e 1.692 (59,12%) foram censuradas por não aderirem às políticas. A Figura 1 mostra o gráfico da função de sobrevivência para todas as 9 políticas utilizadas. Aproximadamente nos primeiros 900 dias, por volta de 3 anos, há uma maior adesão às políticas, depois, verifica-se alguns saltos, como em 1.500 dias, 2.800 dias e 3.600 dias, aproximadamente 4, 8 e 10 anos, respectivamente. Além disso, a probabilidade de sobrevivência aproxima-se, ao final do tempo de estudo, de 0,46, pois mais da metade (59,12%) das observações são censuradas.

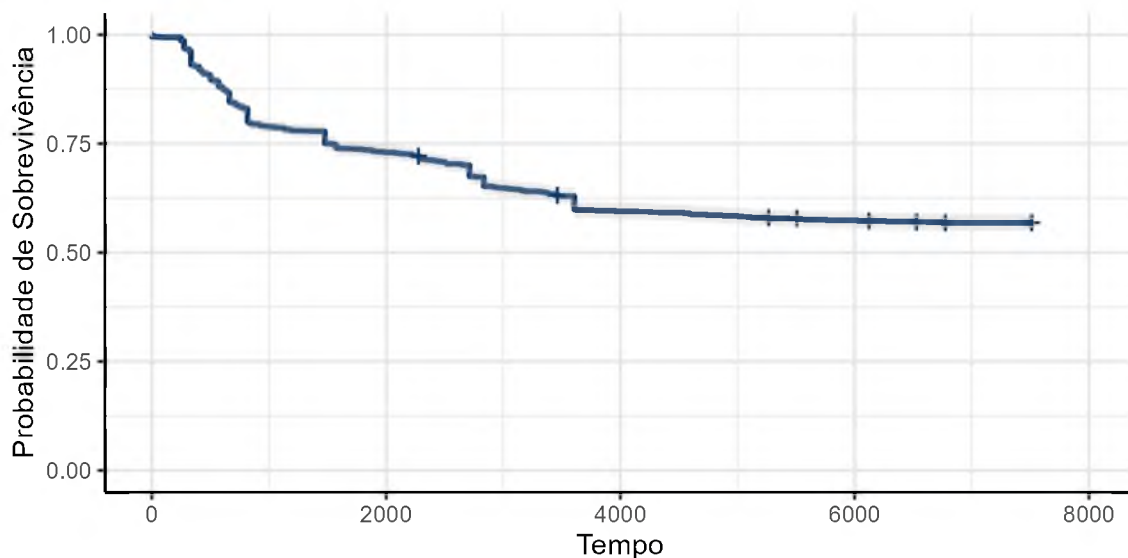


Figura 1: Gráfico da função de sobrevivência estimada via KM para as 9 políticas utilizadas.

Conforme as Figuras 2 e 3, que apresentam a função de sobrevivência estimada via KM e o número de municípios adotantes por política, o Programa Mais Médicos (pmm) é a política que possui o maior número de adesões e, também, as adesões mais rápidas. Dos 318 municípios, 284 aderiram a esta política, cerca de 89,31% dos municípios observados. No dia 900, a probabilidade de sobrevivência para esta política já era próxima de 0,36 e, ao término de, aproximadamente, 3.500 dias, a probabilidade se aproxima de 0,12.

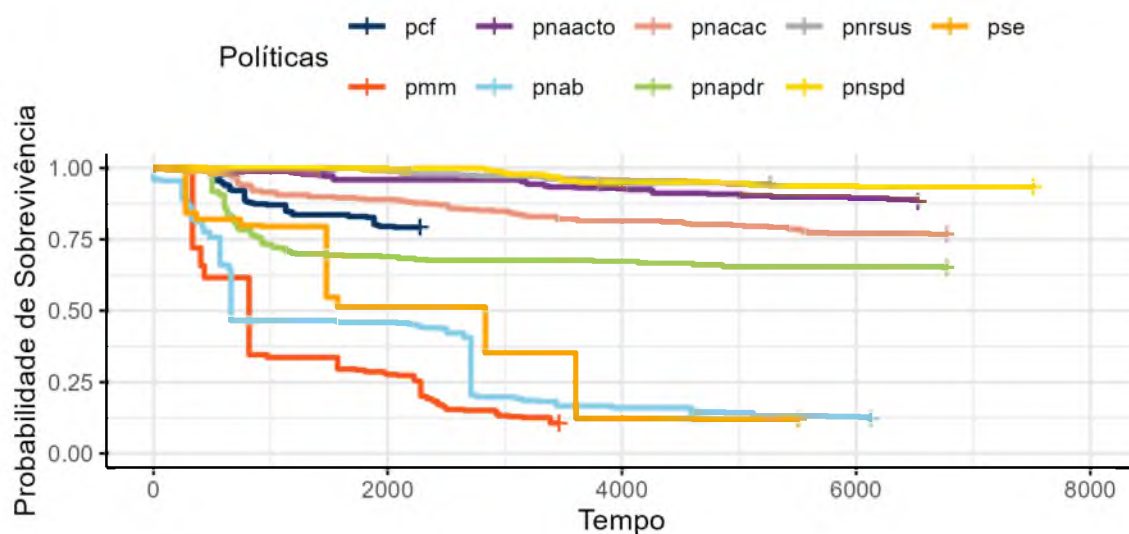


Figura 2: Gráfico da função de sobrevivência estimada via KM por política.

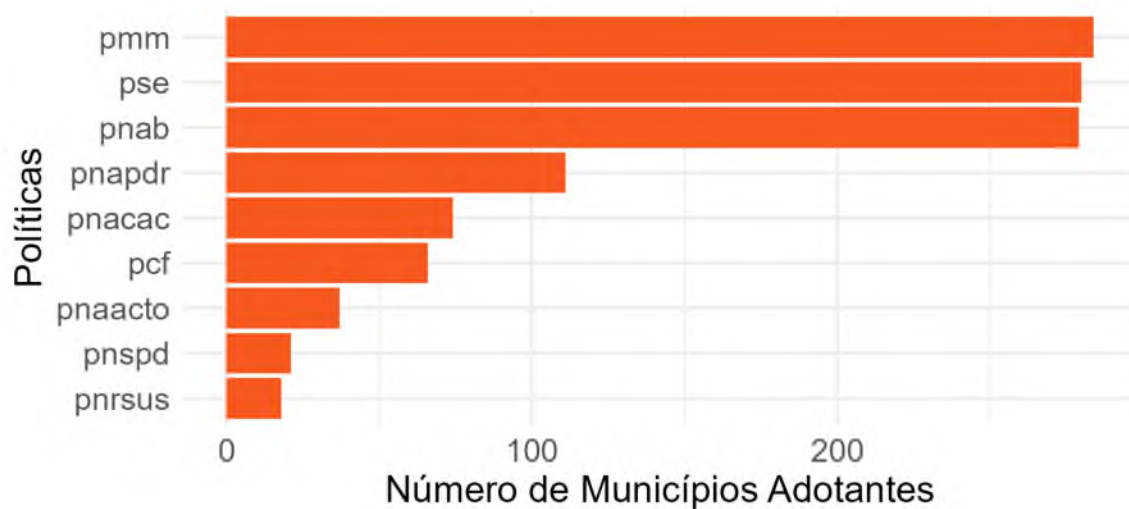


Figura 3: Gráfico do número de municípios adotantes por política.

O Programa Saúde na Escola (pse) e a Política Nacional de Atenção Básica (pnab) vêm em seguida com 280 (88,05%) e 279 (87,74%) adesões, respectivamente, porém, em um nível mais lento quando comparado com o Programa Mais Médicos (pmm).

Em contrapartida, a Política Nacional de Regulação do Sistema Único de Saúde (pnrsus) apresenta o menor número de adesões (18, 5,66%), seguida pela Política Nacional de Saúde da Pessoa com Deficiência (pnsdpd), com 21 adoções (6,60%).

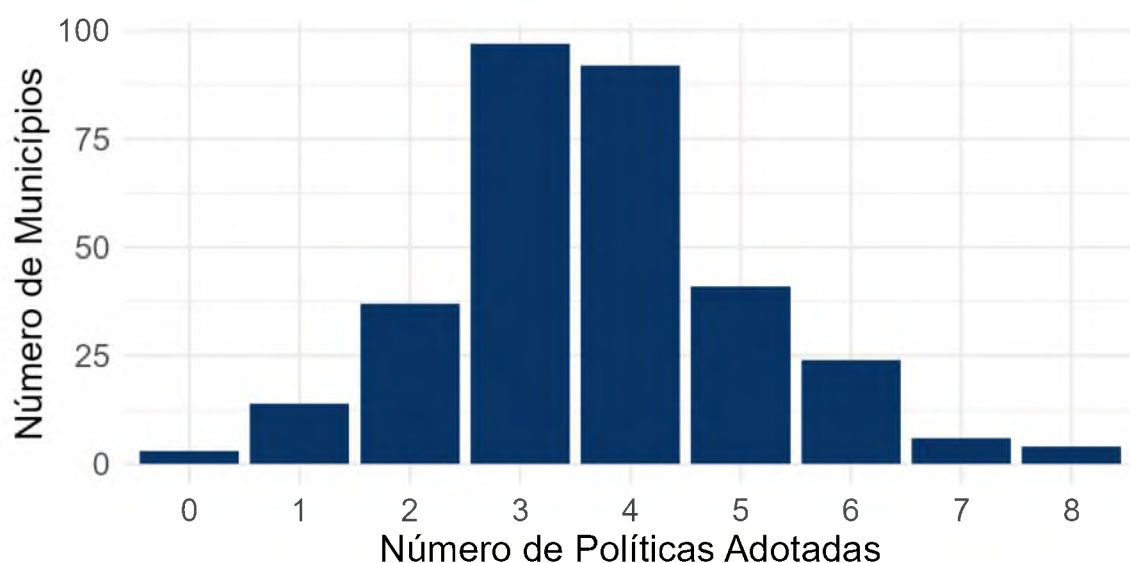


Figura 4: Gráfico do número de políticas adotadas por número de municípios adotantes.

A Figura 4 apresenta um gráfico que relaciona o número de políticas adotadas com o número de municípios adotantes. A análise revela que a maioria dos municípios (189 de 318, ou 59,43%) adotou entre 3 e 4 políticas. Destaca-se que os municípios paulistas Franca, Paulínia e Votorantim não adotaram nenhuma política, enquanto as cidades de Belo Horizonte (MG), Goiânia (GO), Rio de Janeiro (RJ) e Salvador (BA) implementaram 8 das 9 políticas de saúde propostas. Nenhum município adotou todas as 9 políticas.

Nas subseções a seguir, serão analisadas as variáveis explicativas de cada dimensão, incluídas no modelo final.

4.1.1 Variáveis de Governabilidade

Taxa de sucesso

A taxa de sucesso é o percentual de projetos aprovados pelo Executivo em relação ao total apresentado pelo mesmo. A hipótese inicial indica que quanto maior a taxa de sucesso das iniciativas do Executivo, maior o risco de adesão à política.

Os *boxplots* da Figura 5 apresentam a distribuição da variável taxa de sucesso para as falhas (adesões) e censuras (não adesões às políticas). A mediana da taxa de sucesso para as falhas e censuras é a mesma (68%), no entanto, as observações que experimentaram a falha possuem maior variação, enquanto as censuras apresentam apenas dois valores para taxa de sucesso, 68% e 82%, portanto, a comparação entre os *boxplots* fica difícil.

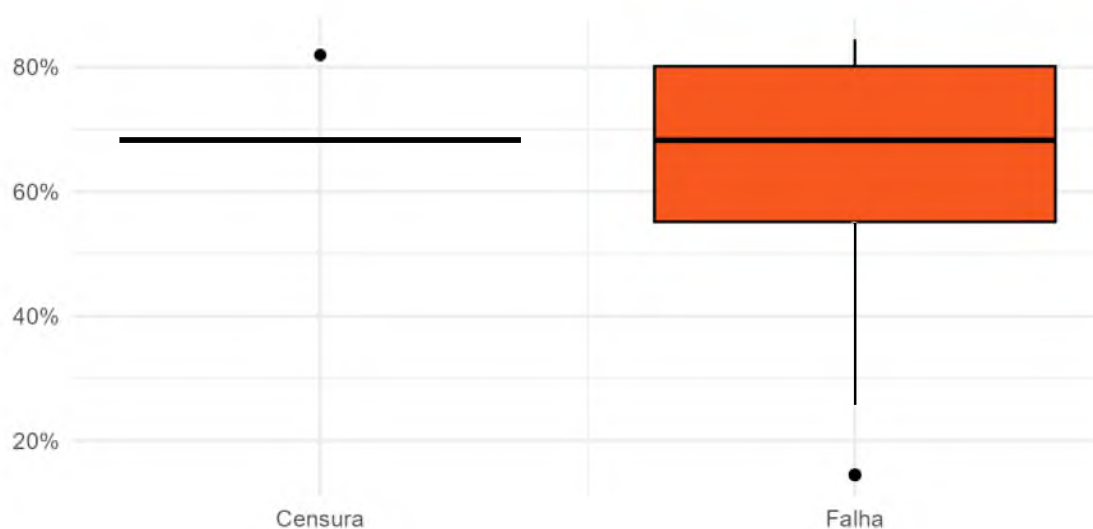


Figura 5: Boxplots da taxa de sucesso dos projetos do Executivo pelo status de adoção das políticas.

Taxa de vetos

A taxa de vetos é o percentual de vetos presidenciais aos Projetos de Lei. Inicialmente, a hipótese é que a influência dessa variável no risco de falha seja negativa, ou seja, quanto maior o percentual de vetos, menor o risco de aderir à política.



Figura 6: Boxplots da variável taxa de vetos pelo status de adoção das políticas.

Analisando os *boxplots* da Figura 6, observa-se que a mediana da taxa de vetos dos tempos censurados (37,5%) é maior que a mediana dos tempos de falha (15,74%). Além disso, os valores para as censuras estão variando menos em comparação com as falhas,

pois possuem somente dois valores, dificultando a comparação entre os dois *boxplots*.

4.1.2 Variáveis de Capacidade Institucional

Orçamento total autorizado por órgão

O orçamento total autorizado por órgão é uma variável que mede a capacidade institucional daquele órgão, ou seja, quanto maior o orçamento autorizado, maior a capacidade daquele ministério. Dessa forma, a ideia inicial é que o risco de falha aumente juntamente com o orçamento autorizado.

A Figura 7 apresenta os *boxplots* do orçamento total autorizado pelo status de adoção das políticas. A análise revela que a mediana do orçamento total autorizado por órgão para as censuras é de R\$143,8 bilhões, enquanto para as falhas é R\$143,4 bilhões, ou seja, são muito próximas. Para as falhas, a variação é maior, indo de valores inferiores a R\$100 bilhões até valores superiores a R\$200 bilhões, já as censuras apresentam apenas dois valores, a mediana ou R\$70,5 bilhões, novamente dificultando a comparação entre os *boxplots*.

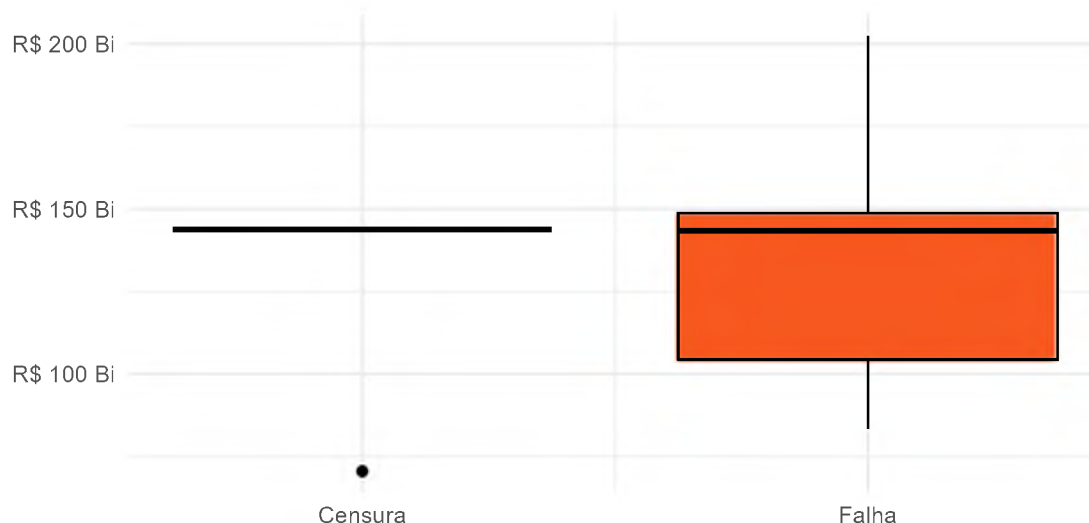


Figura 7: Boxplots do orçamento total autorizado pelo status de adoção das políticas.

Orçamento aprovado em TI por órgão

O orçamento aprovado em TI por órgão demonstra o investimento em tecnologia e inovação por aquele ministério. Dessa forma, espera-se que, quanto maior esse investimento, maior o risco de adesão à política.

Ao observar os *boxplots* na Figura 8, constata-se que o orçamento aprovado em TI para as observações que foram censuradas (não aderiram às políticas) é menor quando comparado aos valores das observações que falharam. Porém, a comparação entre os *boxplots* é dificultada pela presença de apenas dois valores para as observações censuradas.

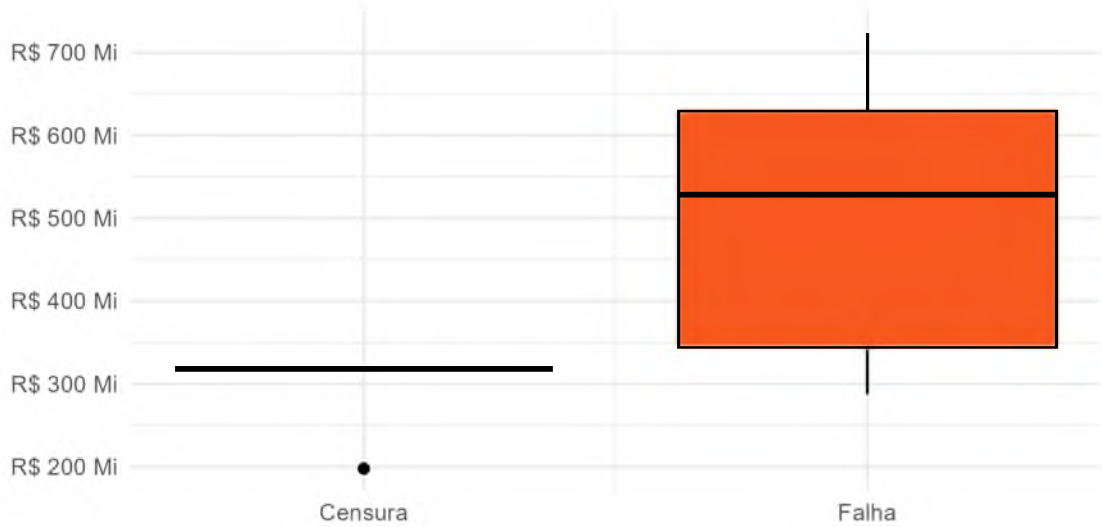


Figura 8: Boxplots do orçamento aprovado em TI pelo status de adoção das políticas.

4.1.3 Variável de Inovação Ministerial

Índice de inovação ministerial

O índice de inovação ministerial tem o propósito de medir o nível de inovação em determinada área do governo, ou seja, o quanto ela produz novas políticas públicas. Neste estudo, é utilizado um índice proveniente de um projeto da ENAP com o IPOL, cuja metodologia foi liderada pela Professora Juliana Fachini, do Departamento de Estatística da UnB.

O índice é dado por:

$$indice_{area} = \sum_{i=2000}^{2022} indice_{ano} fr_{ano} p_{ano},$$

em que:

- $fr_{ano} = (\text{n}^{\circ} \text{ de políticas}) \div 12$
- $p_{ano} = i \div 23$, com $i = 1, 2, \dots, 23$, sendo $1 = 2000, 2 = 2001, \dots, 23 = 2022$.

Dessa forma, a hipótese inicial é de que quanto maior o índice de inovação ministerial, maior o risco de falha.

Ao verificar os *boxplots* da Figura 9, os índices calculados para os ministérios das observações censuradas têm apenas dois valores: 0,05 e 0,5, dificultando, assim, a comparação entre os *boxplots*. Já para as falhas, 75% das observações têm índice inferior a 0,38 e os índices variam entre 0,14 e 0,52, com um valor extremo acima de 0,7.

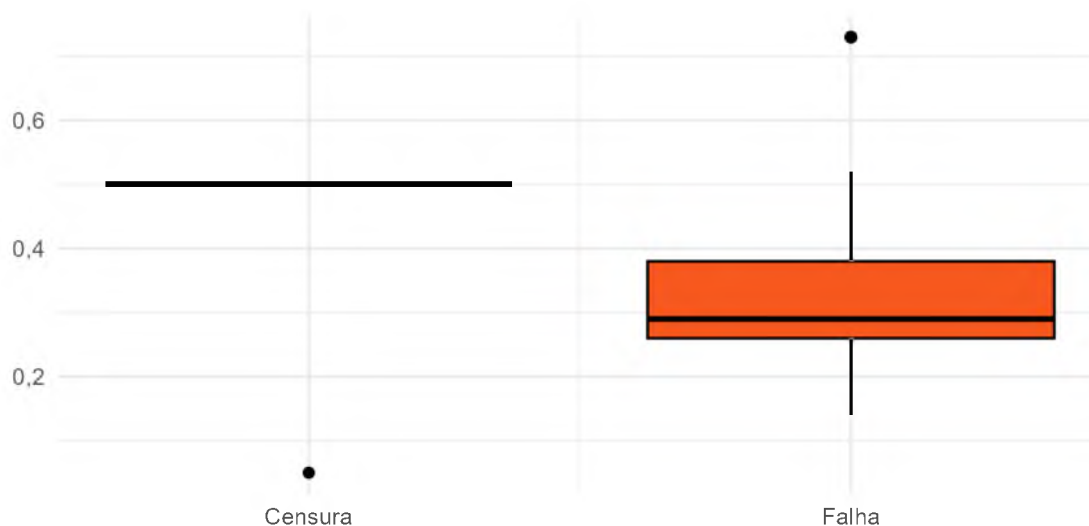


Figura 9: Boxplots do índice de inovação ministerial pelo status de adoção das políticas.

4.1.4 Variáveis de Desenho das Políticas

Número de dispositivos

Essa variável representa o número de dispositivos presentes no ato normativo da política pública. A hipótese inicial, para políticas da área de saúde, sugere que um maior número de dispositivos indica um desenho mais estruturado da política, o que, por sua vez, pode aumentar o risco de adesão a essa política.

Os *boxplots* da Figura 10 reforçam a hipótese inicial, evidenciando que as falhas tendem a apresentar um maior número de dispositivos em comparação com as censuras, além de possuírem maior variação.

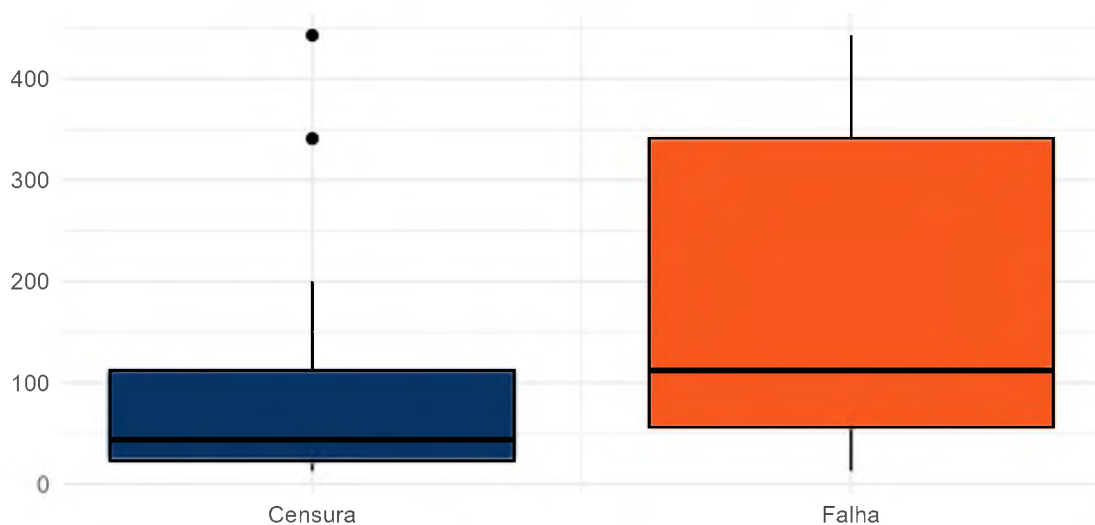


Figura 10: Boxplots do número de dispositivos pelo status de adoção das políticas.

Taxa de dispositivos de controle

A taxa de dispositivos de controle representa a porcentagem de dispositivos que estabelecem mecanismos e procedimentos de controle sobre os municípios dentro da política adotada. A expectativa é que essa variável tenha uma relação inversamente proporcional ao risco de falha, ou seja, quanto maior o percentual de dispositivos de controle, menor a probabilidade de adesão à política.

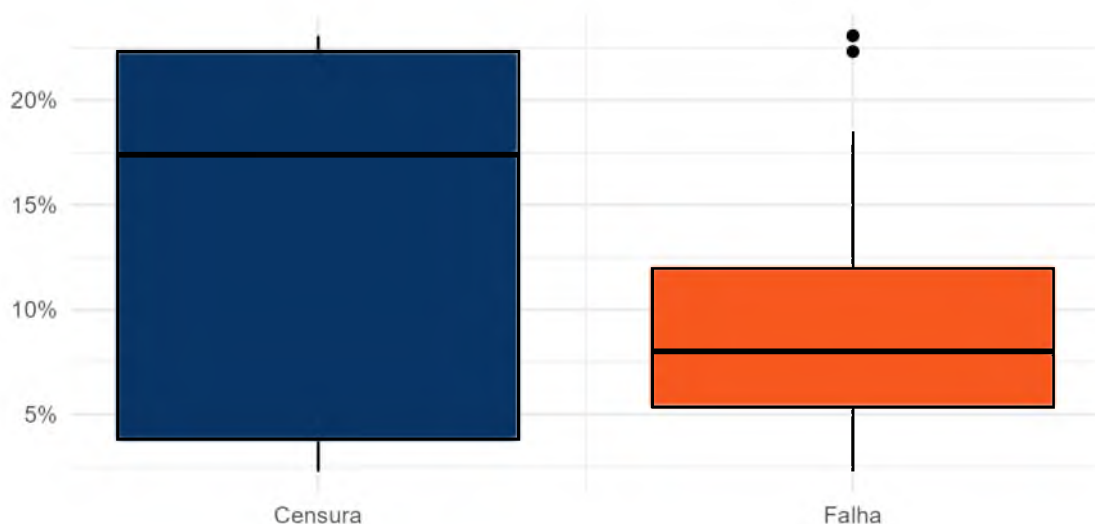


Figura 11: Boxplots da taxa de dispositivos de controle pelo status de adoção das políticas.

Os *boxplots* da Figura 11 revelam que as observações censuradas apresentam

valores mais altos e maior variação nas taxas de dispositivos de controle, com uma mediana de 17,4%. Em contraste, as observações que falharam exibem valores menores e mais concentrados em um intervalo reduzido, com mediana de 8,0%.

Multissetorialidade

A variável multissetorialidade indica se a política é multissetorial, assumindo o valor 1 quando for e 0 quando não for. Uma política é considerada multissetorial quando seu programa é elaborado e coordenado por mais de um ministério.

A expectativa é que a influência dessa variável seja diretamente proporcional ao risco, ou seja, se a política for multissetorial, maior será o risco de falha em comparação com políticas não multissetoriais.

A análise do gráfico de barras da Figura 12 revela que a maioria das observações censuradas corresponde a políticas não multissetoriais. Em contrapartida, entre as falhas, a frequência de políticas multissetoriais é ligeiramente superior àquelas vinculadas a um único ministério.

A Figura 13 apresenta as curvas de sobrevivência estimadas via KM das nove políticas, diferenciando entre multissetoriais e não multissetoriais. Observa-se que a probabilidade de sobrevivência das políticas coordenadas por mais de um ministério diminui mais rapidamente em comparação com aquelas vinculadas a um único ministério, atingindo menos de 0,125 após aproximadamente 3.600 dias (cerca de 10 anos). Em contraste, as políticas não multissetoriais mantêm uma probabilidade de sobrevivência ligeiramente abaixo de 0,75 até cerca de 7.500 dias (aproximadamente 20 anos).

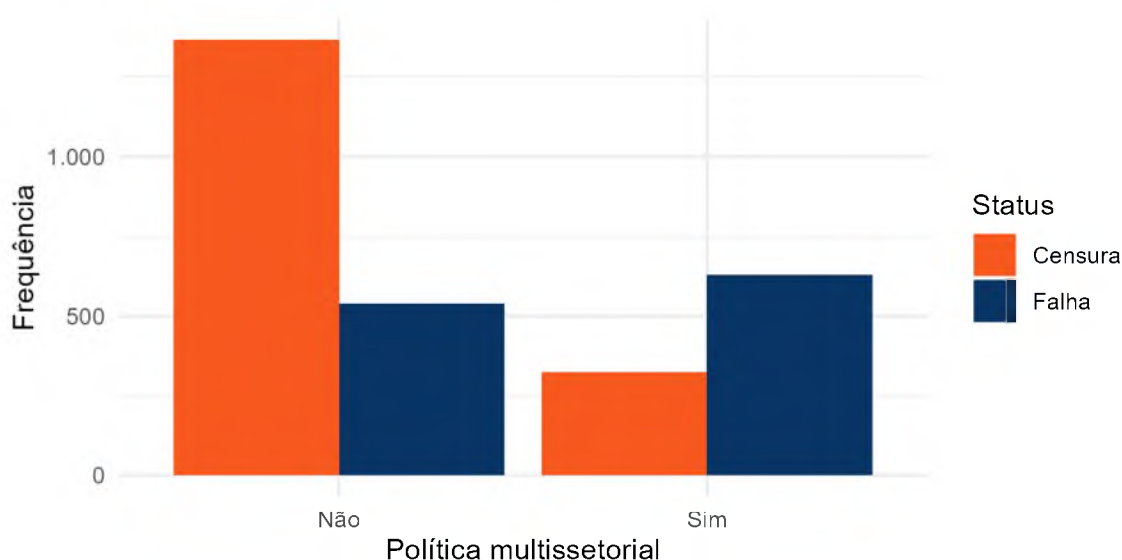


Figura 12: Gráfico de multissetorialidade pelo status de adoção das políticas.

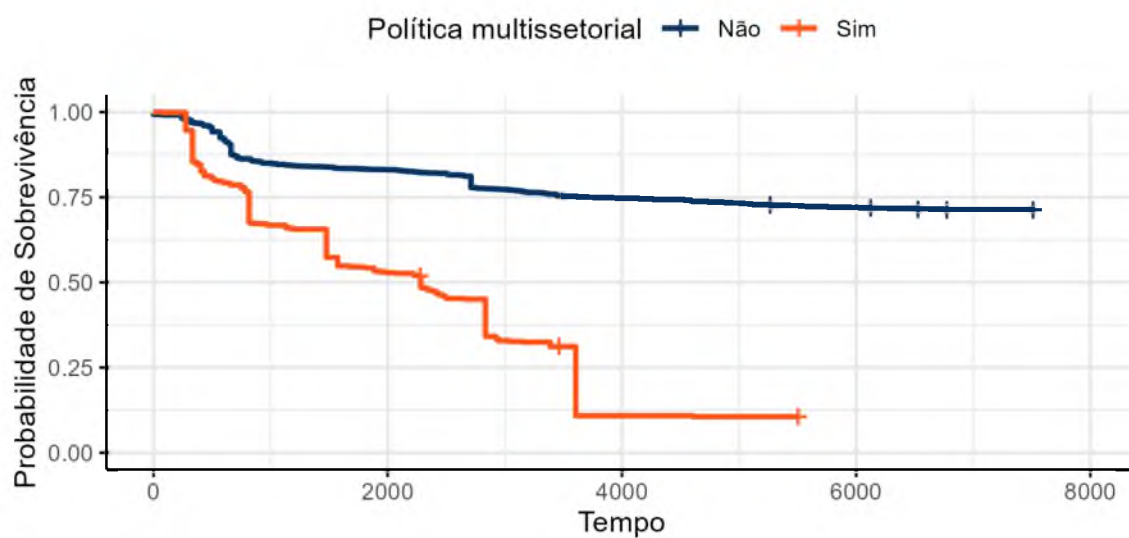


Figura 13: Curvas de sobrevivência estimadas via KM para as 9 políticas por multissetorialidade.

4.1.5 Variáveis de Controle

Porte populacional do município

Essa variável assume o valor 1 para municípios com população igual ou superior a 500 mil habitantes e 0 para aqueles com menos de 500 mil. A expectativa é que, quanto maior o porte do município, maior o risco de adesão à política.

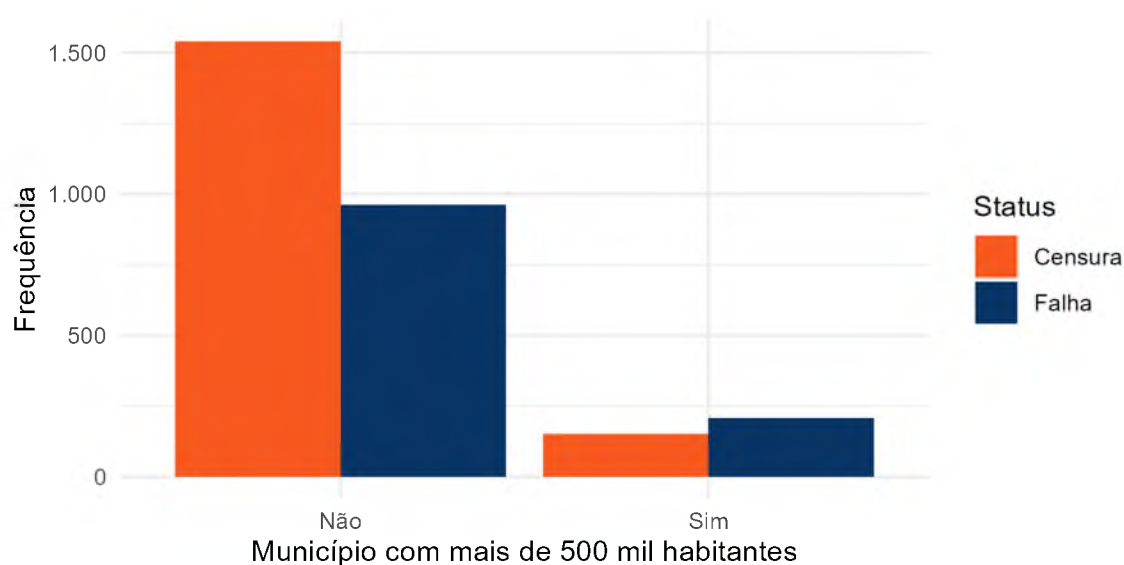


Figura 14: Gráfico de porte populacional por status de adoção das políticas.

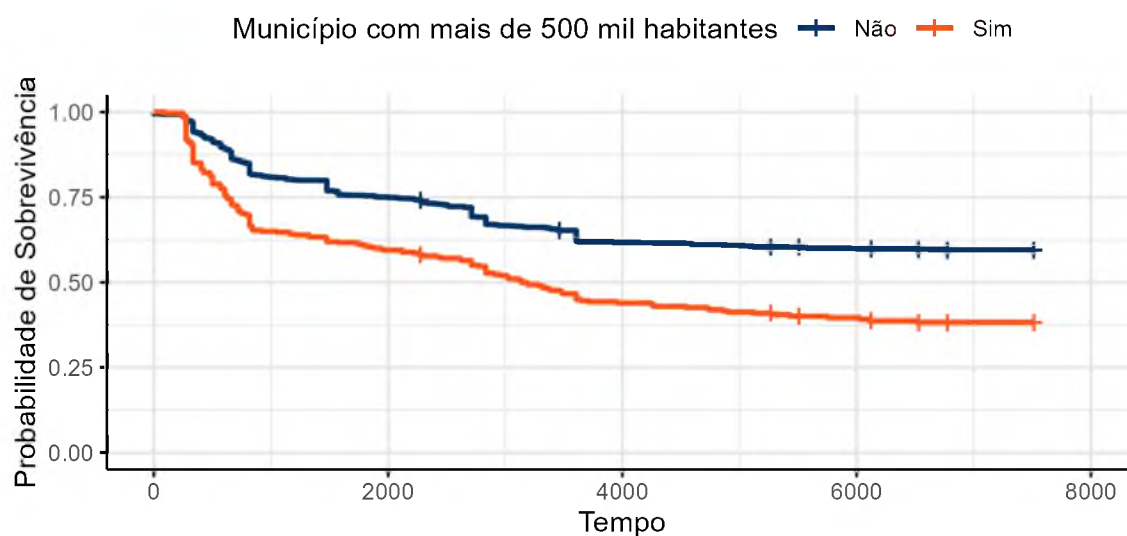


Figura 15: Curvas de sobrevivência estimadas via KM para as 9 políticas por porte populacional.

O gráfico da Figura 14 indica que, entre os municípios com mais de 500 mil habitantes, as quantidades de censuras e falhas são semelhantes. Em contrapartida, nos municípios de menor porte, o número de censuras é quase 50% superior ao de falhas.

Já as curvas de sobrevivência da Figura 15 revelam que municípios de maior porte apresentam uma menor probabilidade de sobrevivência, indicando um maior risco de adesão às políticas.

PIB do município

O PIB municipal é uma variável essencial de controle geográfico, pois reflete o nível de atividade econômica local, abrangendo a produção de bens e serviços, a geração de renda e a capacidade de investimento do município. Sua consideração permite uma análise diferenciada entre municípios com economias mais dinâmicas e aqueles com menor desenvolvimento econômico.

A expectativa é conflitante neste caso, pois municípios com maior PIB podem apresentar tanto menor risco de adesão à política, por não julgarem que seja necessária, quanto maior risco de adesão, devido à sua maior capacidade econômica e possibilidade de implementação da política.

Os *boxplots* da Figura 16 mostram que os valores do PIB são ligeiramente menores para as falhas em comparação com as censuras.

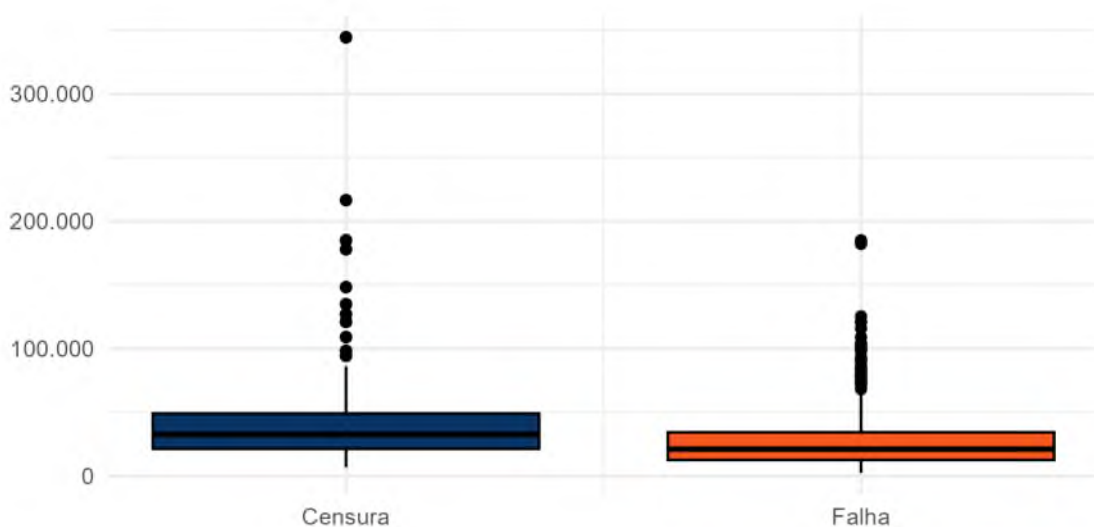


Figura 16: Boxplots do PIB do município pelo status de adoção das políticas.

Governador eleito no segundo turno

Essa é uma variável de controle político que indica se o governador daquele respectivo ano foi eleito no segundo turno, assumindo valor 1 quando sim e 0 quando não. A hipótese inicial é que, se a eleição foi definida no segundo turno, maior é o risco de falha, por mostrar um ambiente de maior competição política.

Ao analisar os gráficos das Figuras 17 e 18, observa-se que, quando o governador é eleito no segundo turno, a probabilidade de sobrevivência é maior, indicando um menor risco de adesão à política.

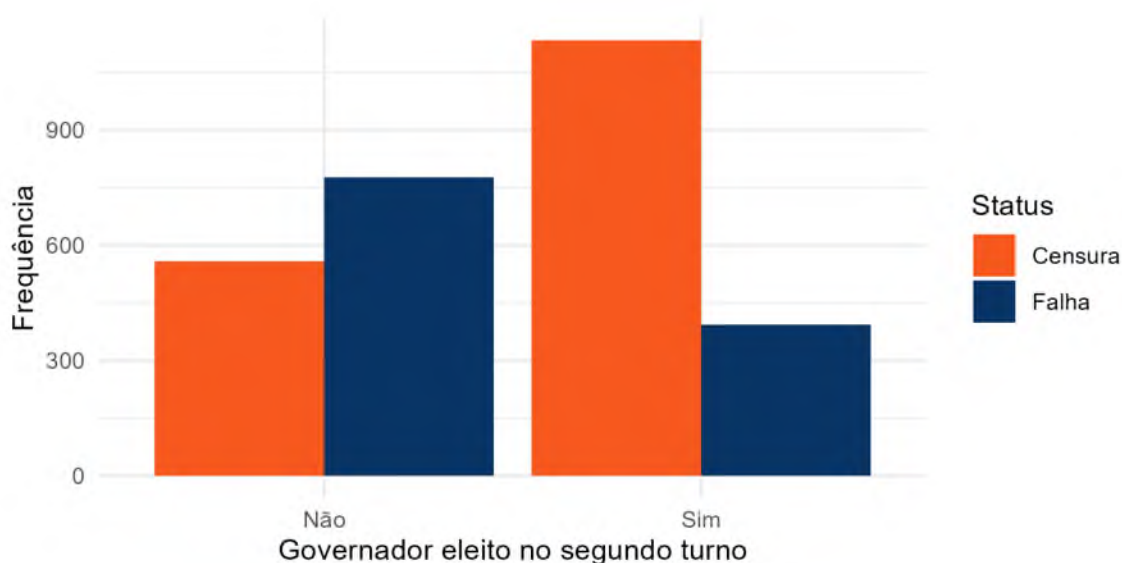


Figura 17: Gráfico de turno de eleição do governador pelo status de adoção das políticas.

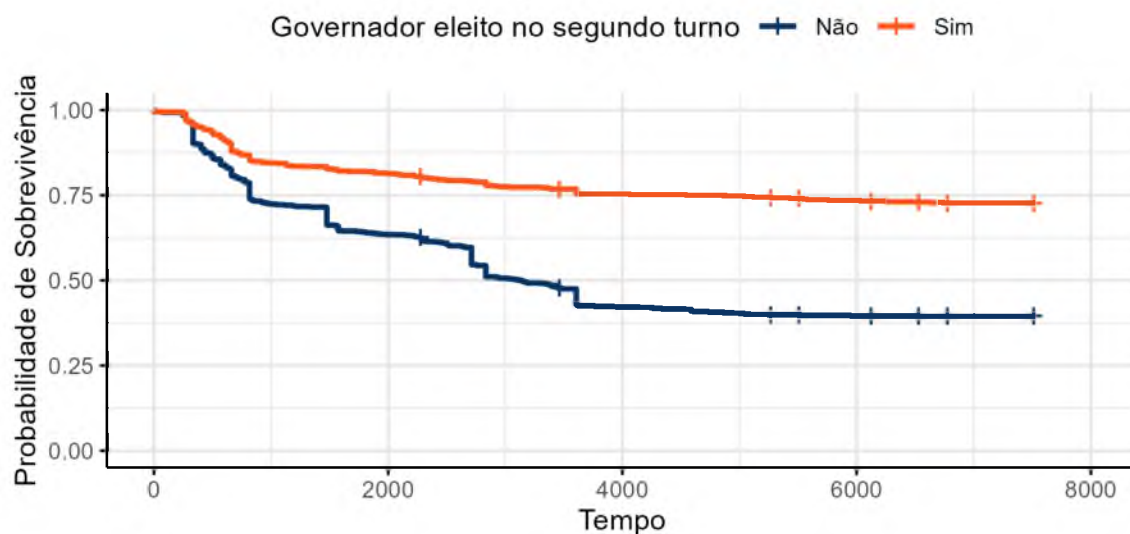


Figura 18: Curvas de sobrevivência estimadas via KM para as 9 políticas por turno de eleição do governador.

Prefeito reeleito

Essa é uma importante variável de controle político que indica se o prefeito daquele ano foi reeleito, ou seja, está no seu segundo mandato, assumindo 1 se sim e 0 se não. A expectativa é que, se o prefeito está em seu segundo mandato, o risco de aderir à política é menor, pela impossibilidade de ser eleito novamente.

A observação dos gráficos presentes nas Figuras 19 e 20 indica que, quando o prefeito está em seu segundo mandato, a probabilidade de sobrevivência diminui, ou seja, aumenta o risco de adesão à política.

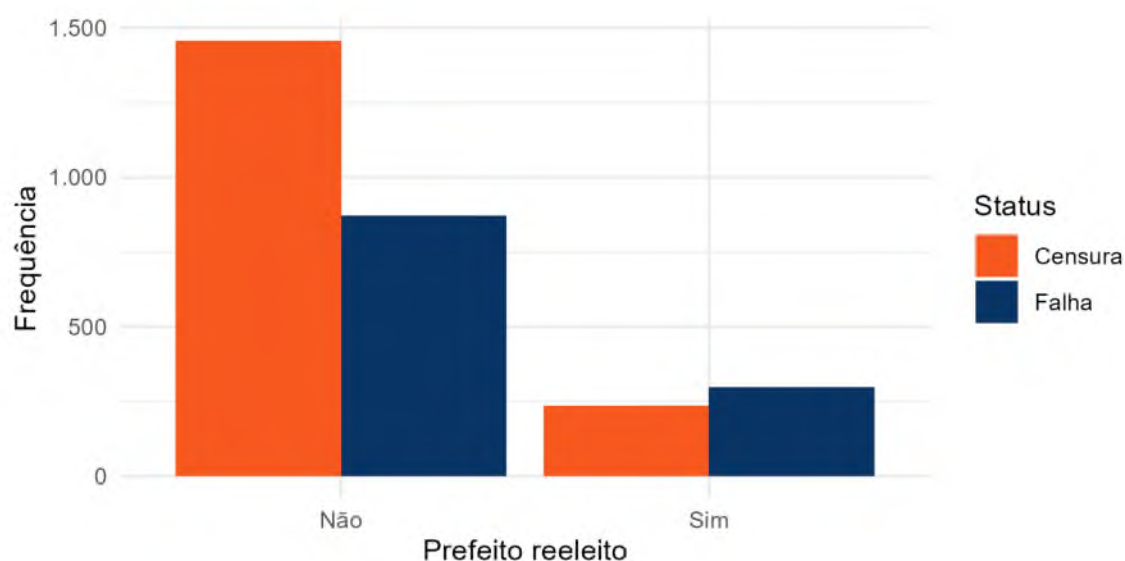


Figura 19: Gráfico de reeleição do prefeito pelo status de adoção das políticas.

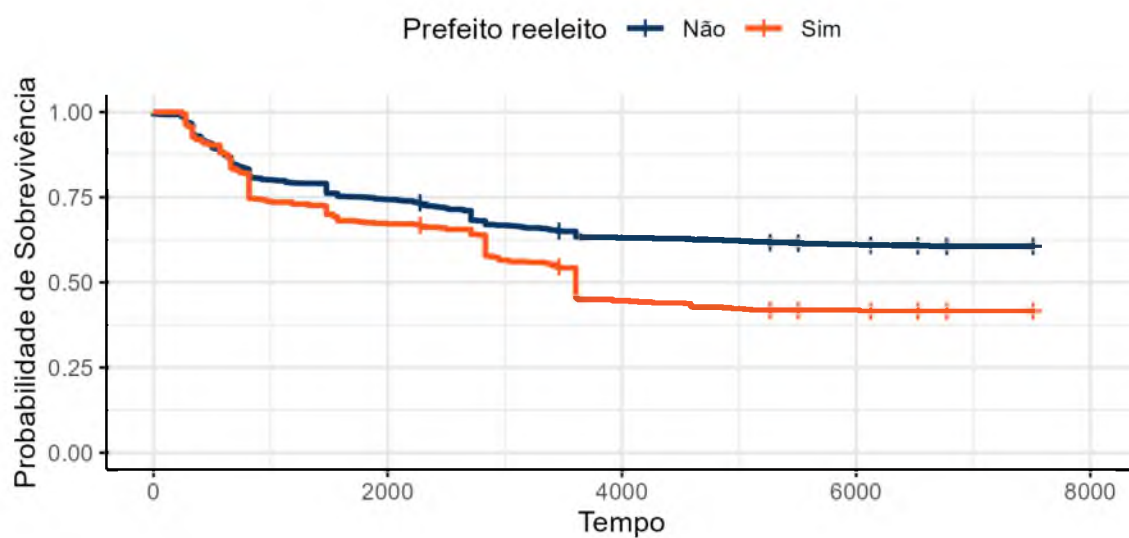


Figura 20: Curvas de sobrevivência estimadas via KM para as 9 políticas por reeleição do prefeito.

Ano eleitoral municipal

A variável ano eleitoral municipal é uma variável de controle que indica se o respectivo ano é de eleição municipal, assumindo 1 caso afirmativo e 0 caso contrário. A expectativa é que, para os anos eleitorais, o risco de falha seja maior, devido à intenção dos prefeitos de serem reeleitos.

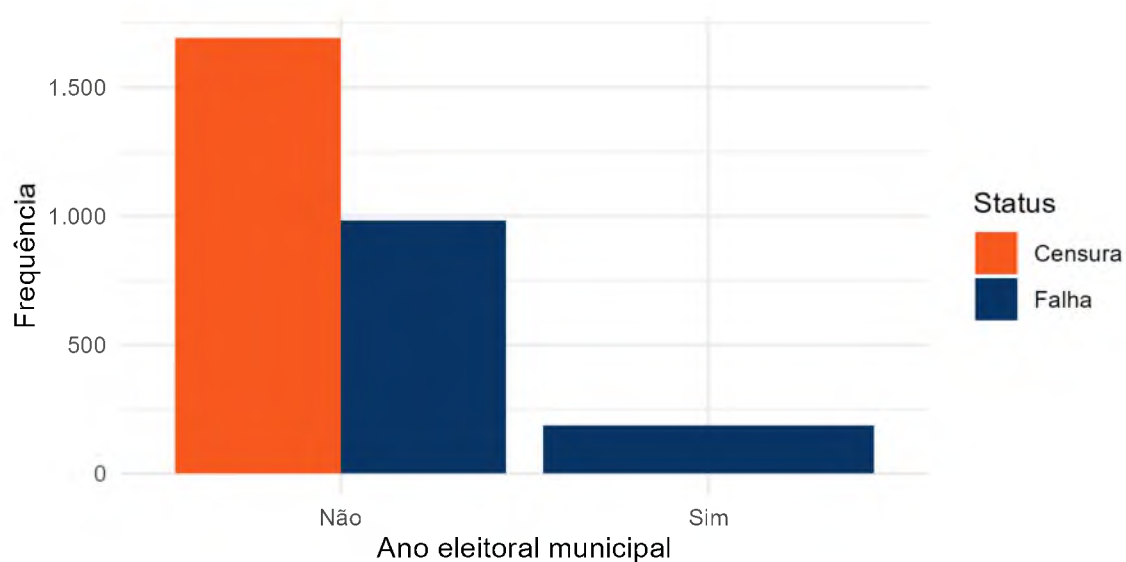


Figura 21: Gráfico de ano eleitoral municipal pelo status de adoção das políticas.

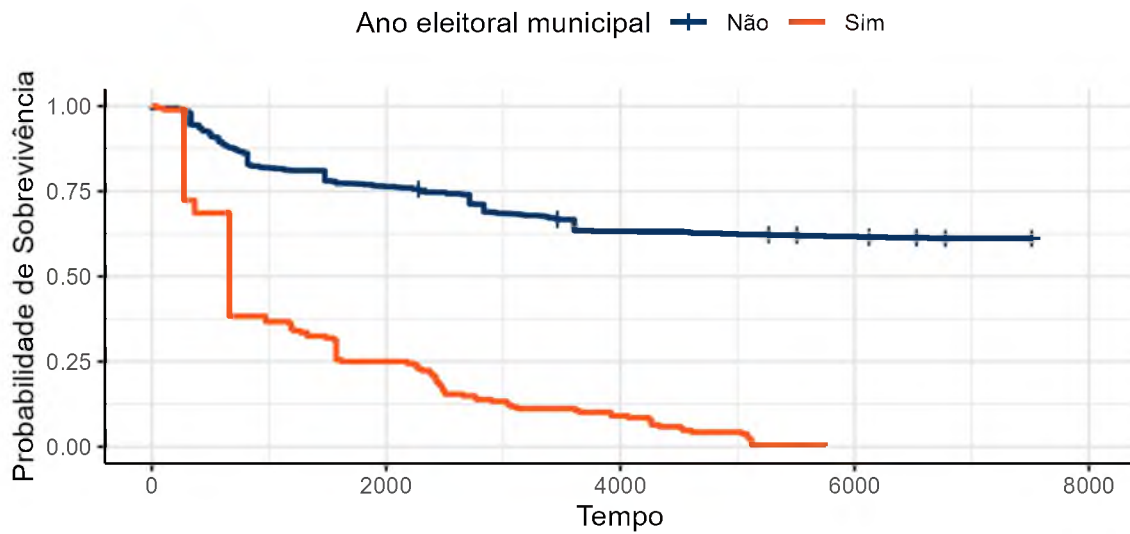


Figura 22: Curvas de sobrevivência estimadas via KM para as 9 políticas por ano eleitoral municipal.

Os gráficos das Figuras 21 e 22 evidenciam uma grande diferença entre os anos de eleição municipal e os anos não eleitorais. Todas as observações em anos eleitorais municipais resultam em falha, enquanto nos anos não eleitorais, a maior parte das observações é de censura.

Ideologia do governador e do prefeito

Essas duas variáveis de controle político representam os índices de ideologia do governador e do prefeito, variando de -1 (extrema esquerda) a 1 (extrema direita). A expectativa é que, quanto maior o índice, ou seja, quanto mais próximo da extrema direita for o governador e o prefeito, menor o risco de adesão à política, dado que políticas voltadas para a saúde e assistência social são consideradas políticas de esquerda.

Ao observar os *boxplots* presentes nas Figuras 23 e 24 é perceptível que as censuras possuem valores de índice de ideologia ligeiramente maiores em comparação com as falhas, bem como uma distribuição mais concentrada e presença de *outliers*.

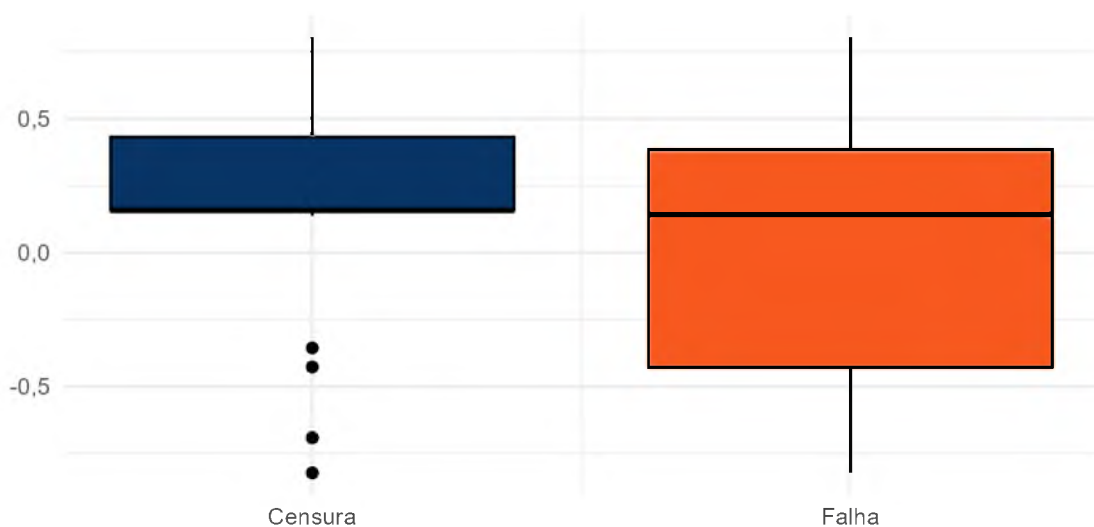


Figura 23: Boxplots da Ideologia do Governador pelo Status de adoção das políticas.

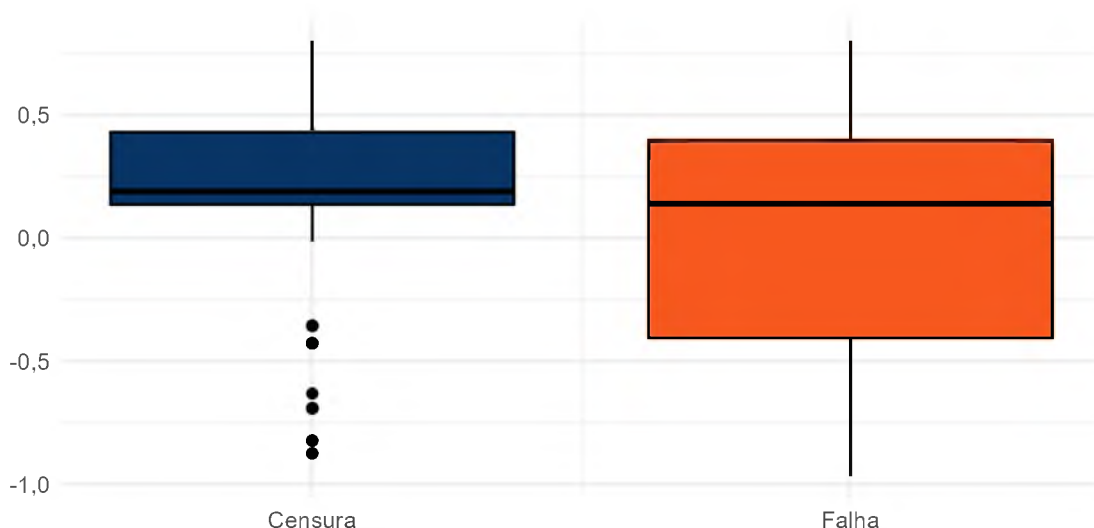


Figura 24: Boxplots da Ideologia do Prefeito pelo Status de adoção das políticas.

4.2 Seleção de Variáveis e Modelagem

Na seção anterior, foi realizada a análise exploratória e descritiva das variáveis. Em seguida, será utilizado o Modelo de Fragilidade Compartilhada para atingir os objetivos propostos neste estudo.

Após compreender as variáveis explicativas, é fundamental analisar as correlações entre elas, a fim de evitar modelos com multicolinearidade, ou seja, alta correlação entre as variáveis explicativas, ao selecionar as variáveis para o modelo.

Outro aspecto relevante são as transformações nas variáveis, necessárias para mantê-las na mesma escala, o que torna os coeficientes mais equilibrados e representativos para cada variável.

O processo adotado foi o seguinte:

1. Análise das correlações entre as variáveis;
2. Aplicação das transformações necessárias nas variáveis;
3. Ajuste de Modelos de Fragilidade Compartilhada para cada variável de forma unitária;
4. Inclusão das variáveis com menor valor-p nos modelos unitários, desde que não apresentassem alta correlação com outras variáveis já incluídas no modelo (considerando alta correlação como valores iguais ou superiores a 0,6);
5. Exclusão das variáveis não significativas (valor-p igual ou superior a 0,1);
6. Após incluir todas as variáveis significativas, revisão das variáveis excluídas no passo anterior e reinclusão no modelo, se necessário, repetindo a análise de significância.

Transformações

As variáveis orçamento total autorizado por órgão, orçamento em TI aprovado por órgão, número de dispositivos e PIB foram transformadas utilizando o logaritmo natural, a fim de linearizar a relação com as covariáveis.

Seleção de Variáveis

Na Tabela 3 estão todos os modelos obtidos no processo de seleção das variáveis, bem como o modelo final, apresentado no último passo.

Tabela 3: Seleção de variáveis.

Início da tabela				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
Passo 1	Fragilidade por município			0,0785
	Taxa de vetos	-0,1671	0,0036	0
Passo 2	Fragilidade por município			0,038
	Taxa de vetos	-0,1631	0,0037	0
	PIB	-0,5174	0,0525	<0,001

Continuação da tabela 3				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
Passo 3	Fragilidade por município			<0,001
	Taxa de vetos	-0,1673	0,0041	0
	PIB	-0,4017	0,0574	<0,001
	Índice ministerial	-3,9575	0,2309	<0,001
Passo 4	Fragilidade por município			<0,001
	Taxa de vetos	-0,1638	0,0044	<0,001
	PIB	-0,5816	0,0614	<0,001
	Índice ministerial	-3,7703	0,2268	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,0044	0,1063	<0,001
Passo 5	Fragilidade por município			<0,001
	Taxa de vetos	-0,1473	0,0048	<0,001
	PIB	-0,4357	0,0628	<0,001
	Índice ministerial	-2,9390	0,2437	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,8181	0,1530	<0,001
	Orçamento total autorizado	-2,7500	0,3435	<0,001
Passo 6	Fragilidade por município			0,21
	Taxa de vetos	-0,1728	0,0052	<0,001
	PIB	-0,1767	0,0539	0,001
	Índice ministerial	0,4521	0,2670	0,09
	Orçamento aprovado em TI	1,7707	0,1436	<0,001
	Orçamento total autorizado	-6,9523	0,3592	<0,001
	Multissetorialidade	2,2978	0,0899	<0,001
Passo 7	Fragilidade por município			0,3
	Taxa de vetos	-0,1876	0,0058	<0,001
	PIB	-0,1756	0,0531	0,0010
	Índice ministerial	0,4166	0,2565	0,1
	Orçamento aprovado em TI	1,7958	0,1441	<0,001
	Orçamento total autorizado	-6,9577	0,3470	<0,001
	Multissetorialidade	2,2898	0,0892	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,5728	0,0958	<0,001
Passo 8	Fragilidade por município			0,32
	Taxa de vetos	-0,1882	0,0058	<0,001
	PIB	-0,1822	0,0524	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,7369	0,1395	<0,001
	Orçamento total autorizado	-6,6386	0,2980	<0,001

Continuação da tabela 3				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
	Multissetorialidade	2,2128	0,0781	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,5729	0,0954	<0,001
Passo 9	Fragilidade por município			0,36
	Taxa de vetos	-0,1959	0,0065	<0,001
	PIB	-0,1538	0,0518	0,003
	Orçamento aprovado em TI	1,8126	0,1434	<0,001
	Orçamento total autorizado	-6,5637	0,2917	<0,001
	Multissetorialidade	2,1665	0,0771	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,6740	0,1005	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0058	0,0019	0,0019
Passo 10	Fragilidade por município			0,36
	Taxa de vetos	-0,1952	0,0065	<0,001
	PIB	-0,1603	0,0522	0,0021
	Orçamento aprovado em TI	1,8055	0,1437	<0,001
	Orçamento total autorizado	-6,6090	0,2944	<0,001
	Multissetorialidade	2,1746	0,0776	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,6666	0,1007	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0056	0,0019	0,0026
	Gov. eleito no segundo turno	-0,0729	0,0670	0,2766
Passo 11	Fragilidade por município			0,55
	Taxa de vetos	-0,1984	0,0066	<0,001
	PIB	-0,1542	0,0515	0,0027
	Orçamento aprovado em TI	1,7494	0,1448	<0,001
	Orçamento total autorizado	-6,4301	0,2899	<0,001
	Multissetorialidade	2,3713	0,1120	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,6578	0,0998	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0062	0,0019	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,0197	0,0073	0,0073
Passo 12	Fragilidade por município			0,016
	Taxa de vetos	-0,2193	0,0074	<0,001
	PIB	-0,1960	0,0578	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,4490	0,1572	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,2067	0,3796	<0,001
	Multissetorialidade	4,7839	0,1827	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8673	0,1102	<0,001

Continuação da tabela 3				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
Passo 13	Taxa de sucesso	0,0084	0,0020	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1861	0,0127	<0,001
	Número de dispositivos	0,9075	0,0466	<0,001
	Fragilidade por município			0,0115
	Taxa de vetos	-0,2191	0,0075	<0,001
	PIB	-0,1933	0,0582	0,0008
	Orçamento aprovado em TI	1,4496	0,1573	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,2339	0,3815	<0,001
	Multissetorialidade	4,7993	0,1834	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8736	0,1105	<0,001
Passo 14	Taxa de sucesso	0,0083	0,0020	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1866	0,0128	<0,001
	Número de dispositivos	0,9113	0,0468	<0,001
	Ideologia do prefeito	-0,1064	0,0754	0,1581
	Fragilidade por município			0,0153
	Taxa de vetos	-0,2191	0,0075	<0,001
	PIB	-0,1953	0,0579	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,4459	0,1575	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,2171	0,3805	<0,001
	Multissetorialidade	4,7840	0,1826	<0,001
Passo 15	Ano eleitoral municipal	-0,8672	0,1102	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0083	0,0020	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1860	0,0127	<0,001
	Número de dispositivos	0,9079	0,0466	<0,001
	Alinhamento part. presid. e gov.	0,0322	0,0923	0,7272
	Fragilidade por município			0,0097
	Taxa de vetos	-0,2189	0,0075	<0,001
	PIB	-0,2172	0,0591	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,4359	0,1574	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,1532	0,3843	<0,001
Passo 15	Multissetorialidade	4,8056	0,1828	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8659	0,1105	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0085	0,0020	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1861	0,0127	<0,001
	Número de dispositivos	0,9167	0,0467	<0,001

Continuação da tabela 3				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
	Porte populacional	0,2329	0,0972	0,017
Passo 16	Fragilidade por município	0	0	0,0087
	Taxa de vetos	-0,2197	0,0075	<0,001
	PIB	-0,2342	0,0612	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,4312	0,1575	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,1471	0,3853	<0,001
	Multissetorialidade	4,81	0,1832	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8651	0,1107	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0084	0,002	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1861	0,0127	<0,001
	Número de dispositivos	0,9166	0,0468	<0,001
	Porte populacional	0,2373	0,0974	0,0149
	Ideologia do governador	0,0843	0,0811	0,2983
Passo 17	Fragilidade por município			0,0083
	Taxa de vetos	-0,2186	0,0075	<0,001
	PIB	-0,2075	0,0595	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,4861	0,1600	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,2173	0,3862	<0,001
	Multissetorialidade	4,7973	0,1828	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8499	0,1111	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0087	0,0020	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1840	0,0127	<0,001
	Número de dispositivos	0,9126	0,0468	<0,001
	Porte populacional	0,2310	0,0974	0,018
	Prefeito reeleito	-0,1301	0,0757	0,086
Passo 18	Fragilidade por município	0	0	0,0076
	Taxa de vetos	-0,2184	0,0075	<0,001
	PIB	-0,21	0,0596	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,4889	0,1601	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,2236	0,3863	<0,001
	Multissetorialidade	4,7998	0,1829	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8462	0,1113	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0087	0,002	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,184	0,0127	<0,001
	Número de dispositivos	0,9136	0,0468	<0,001
	Porte populacional	0,2176	0,1004	0,0302

Continuação da tabela 3				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
	Prefeito reeleito	-0,1349	0,0762	0,0766
	Hierarquia urbana	0,0467	0,0808	0,5636
Passo 19	Fragilidade por município	0	0	0,0073
	Taxa de vetos	-0,2185	0,0075	<0,001
	PIB	-0,2087	0,0596	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,5251	0,163	<0,001
	Orçamento total autorizado	-9,2953	0,3898	<0,001
	Multissetorialidade	4,7948	0,1832	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8517	0,1113	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0087	0,002	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,183	0,0128	<0,001
	Número de dispositivos	0,9105	0,0469	<0,001
	Porte populacional	0,2397	0,0977	0,0141
	Prefeito reeleito	-0,1737	0,0824	0,035
	Margem de vitória do governador	0,0031	0,0023	0,1769
Passo 20	Fragilidade por município			0,015
	Taxa de vetos	-0,2221	0,0077	<0,001
	PIB	-0,2083	0,0590	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,4006	0,1653	<0,001
	Orçamento total autorizado	-8,7535	0,4357	<0,001
	Multissetorialidade	4,7389	0,1843	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8733	0,1118	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0097	0,0021	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1886	0,0130	<0,001
	Número de dispositivos	0,9211	0,0471	<0,001
	Porte populacional	0,2186	0,0966	0,024
	Prefeito reeleito	-0,1498	0,0761	0,049
	Índice ministerial	-0,6035	0,2905	0,038
Passo 21	Fragilidade por município			0,02
	Taxa de vetos	-0,2205	0,0078	<0,001
	PIB	-0,2177	0,0591	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,3866	0,1654	<0,001
	Orçamento total autorizado	-8,8373	0,4369	<0,001
	Multissetorialidade	4,7618	0,1857	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8458	0,1121	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0097	0,0021	<0,001

Continuação da tabela 3				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
	Taxa de dispositivos de controle	0,1900	0,0131	<0,001
	Número de dispositivos	0,9284	0,0475	<0,001
	Porte populacional	0,2282	0,0961	0,018
	Prefeito reeleito	-0,1922	0,0778	0,014
	Índice ministerial	-0,6389	0,2911	0,028
	Gov. eleito no segundo turno	-0,1822	0,0737	0,013
Passo 22	Fragilidade por município	0	0	0,0206
	Taxa de vetos	-0,2206	0,0078	<0,001
	PIB	-0,2179	0,0591	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,3905	0,166	<0,001
	Orçamento total autorizado	-8,8244	0,4381	<0,001
	Multissetorialidade	4,7607	0,1858	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8455	0,1121	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0098	0,0021	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1901	0,0131	<0,001
	Número de dispositivos	0,928	0,0475	<0,001
	Porte populacional	0,2275	0,096	0,0178
	Prefeito reeleito	-0,1983	0,0805	0,0138
	Índice ministerial	-0,6472	0,2924	0,0268
	Gov. eleito no segundo turno	-0,1822	0,0737	0,0134
	Alinhamento part. presid. e gov.	-0,0282	0,0957	0,7685
Passo 23	Fragilidade por município			0,018
	Taxa de vetos	-0,2213	0,0078	<0,001
	PIB	-0,2483	0,0614	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,3927	0,1657	<0,001
	Orçamento total autorizado	-8,8583	0,4379	<0,001
	Multissetorialidade	4,7699	0,1866	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8355	0,1126	<0,001
	Taxa de sucesso	0,0096	0,0021	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1897	0,0131	<0,001
	Número de dispositivos	0,9279	0,0477	<0,001
	Porte populacional	0,2375	0,0965	0,014
	Prefeito reeleito	-0,2242	0,0802	0,0052
	Índice ministerial	-0,6376	0,292	0,029
	Gov. eleito no segundo turno	-0,2118	0,0755	0,0051

Continuação da tabela 3				
Passos	Modelo	Estimativa	Erro-padrão	Valor-p
	Ideologia do governador	0,1524	0,0824	0,064
	Fragilidade por município			0,0133
	Taxa de vetos	-0,2212	0,0079	<0,001
	PIB	-0,2462	0,0617	<0,001
	Orçamento aprovado em TI	1,3899	0,1659	<0,001
	Orçamento total autorizado	-8,8544	0,4402	<0,001
	Multissetorialidade	4,7787	0,1873	<0,001
	Ano eleitoral municipal	-0,8422	0,113	<0,001
Passo 24	Taxa de sucesso	0,0095	0,0021	<0,001
	Taxa de dispositivos de controle	0,1904	0,0132	<0,001
	Número de dispositivos	0,9317	0,0478	<0,001
	Porte populacional	0,2347	0,0971	0,0157
	Prefeito reeleito	-0,2313	0,0805	0,0041
	Índice ministerial	-0,6793	0,2943	0,021
	Gov. eleito no segundo turno	-0,2126	0,0757	0,005
	Ideologia do governador	0,1583	0,0827	0,0556
	Ideologia do prefeito	-0,1255	0,0757	0,09749
Fim da tabela				

Abaixo, são descritos os passos seguidos na Tabela 3.

1. A variável Taxa de vetos foi incluída na análise devido ao seu valor-p ser o mais baixo entre os modelos unitários. Sua inclusão no modelo resultou na impossibilidade de inserção de algumas outras variáveis, devido à alta correlação com esta, como:

- Taxa de participação;
- Taxa de dominância;
- Tamanho proporcional da base;
- Taxa de participação ministerial;
- Total de servidores por órgão;
- Total de servidores efetivos por órgão;
- Orçamento total executado por órgão;
- Taxa de execução orçamentária por órgão;
- Orçamento discricionário executado pelo órgão;

- Taxa de execução orçamentária discricionária por órgão.
2. Inclusão da variável PIB;
 3. Inclusão da variável Índice ministerial;
 4. Inclusão da variável Orçamento aprovado em TI por órgão, resultando na exclusão das seguintes variáveis devido à alta correlação:
 - Taxa de conflito em MPs;
 - Taxa de fragmentação partidária;
 - Período do ministro no cargo;
 - Orçamento executado em TI por órgão.
 5. Inclusão da variável Orçamento total autorizado por órgão, com a exclusão das seguintes variáveis, devido à alta correlação:
 - Taxa de aprovação do PR;
 - Orçamento total executado por órgão;
 - Orçamento total discricionário autorizado para o órgão.
 6. Inclusão da variável Multissetorialidade;
 7. Inclusão da variável Ano eleitoral municipal;
 - 8. Exclusão da variável Índice ministerial devido ao valor- $p = 0,1$;**
 9. Inclusão da variável Taxa de sucesso;
 - 10. Inclusão da variável Governador eleito no segundo turno, mas sua exclusão devido ao valor- $p = 0,2766$;**
 11. Inclusão da variável Taxa de dispositivos de controle, com a exclusão da variável:
 - Taxa de dispositivos de contrapartida.
 12. Inclusão da variável Número de dispositivos, resultando na exclusão das seguintes variáveis:
 - Número de palavras;
 - Número de dispositivos de controle;
 - Número de dispositivos de contrapartida.

13. Inclusão da variável Ideologia do prefeito, mas sua exclusão devido ao valor- $p = 0,1581$;
14. Inclusão da variável Alinhamento partidário presidente e governador, mas sua exclusão devido ao valor- $p = 0,7272$;
15. Inclusão da variável Porte populacional;
16. Inclusão da variável Ideologia do governador, mas sua exclusão devido ao valor- $p = 0,2983$;
17. Inclusão da variável Prefeito reeleito;
18. Inclusão da variável Hierarquia urbana do município, mas sua exclusão devido ao valor- $p = 0,5636$;
19. Inclusão da variável Margem de vitória do governador, mas sua exclusão devido ao valor- $p = 0,176$;
20. Reinclusão da variável Índice ministerial que havia sido excluída anteriormente;
21. Reinclusão da variável Governador eleito no segundo turno que havia sido excluída anteriormente;
22. Reinclusão da variável Alinhamento partidário presidente e governador, mas sua exclusão devido ao valor- $p = 0,7685$;
23. Reinclusão da variável Ideologia do governador que havia sido excluída anteriormente;
24. Reinclusão da variável Ideologia do prefeito que havia sido excluída anteriormente.

Observação importante: As variáveis Hierarquia urbana do município e Margem de vitória do governador não foram testadas novamente, pois não apresentaram significância quando testadas de forma unitária.

O modelo final, após a seleção das variáveis, está representado no passo 24 da Tabela 3. A Tabela 4 abaixo apresenta as interpretações dos coeficientes e, em vermelho, estão aquelas variáveis que apresentaram sinal do coeficiente diferente do esperado nas hipóteses iniciais.

Tabela 4: Modelo final e interpretações.

Variável	Coefficiente	Risco	Influência	Interpretação
Taxa de vetos	-0,2212	0,8016	Negativa	Quanto maior a taxa, menor o risco
Taxa de sucesso	0,0095	1,0095	Positiva	Quanto maior a taxa, maior o risco
Orçam. aprov. em TI	1,3899	4,0144	Positiva	Quanto maior o orçamento em TI, maior o risco
Orçam. total autorizado	-8,8544	0.0001	Negativa	Quanto maior o orçamento total, menor o risco
Índice ministerial	-0,6793	0,5070	Negativa	Quanto maior o índice, menor o risco
Taxa de dispositivos de controle	0,1904	1,2097	Positiva	Quanto maior a taxa, maior o risco
Número de dispositivos	0,9317	2,5388	Positiva	Quanto maior o número de disp., maior o risco
Multissetorialidade	4,7787	118,95	Positiva	Ser uma política multissetorial aumenta o risco
PIB	-0,2462	0,7818	Negativa	Quanto maior o PIB, menor o risco
Porte populacional	0,2347	1,2645	Positiva	Ter porte populacional maior ou igual a 500 mil hab. aumenta o risco
Ano eleitoral municipal	-0,8422	0,4308	Negativa	Ser ano eleitoral munic. diminui o risco
Prefeito reeleito	-0,2313	0,7935	Negativa	O prefeito estar no seu segundo mandato diminui o risco

Continua na próxima página...

Variável	Coefficiente	RR	Influência	Interpretação
Gov. eleito no segundo turno	-0,2126	0,8085	Negativa	O governador ter sido eleito no segundo turno diminui o risco
Ideologia do governador	0,1583	1,1715	Positiva	Quanto mais próximo de 1 o índice de ideol. do gov. maior o risco
Ideologia do prefeito	-0,1255	0,8821	Negativa	Quanto mais próximo de 1 o índice de ideol. do pref. menor o risco

O modelo final possui 15 covariáveis, das quais duas pertencem à dimensão de Governabilidade: taxa de vetos e taxa de sucesso; e duas à de Capacidades Institucionais: orçamento aprovado em TI e orçamento total autorizado. A dimensão de Inovação Ministerial também está representada, assim como três variáveis relacionadas ao Desenho de Política: número de dispositivos, taxa de dispositivos de controle e multissetorialidade. As sete variáveis restantes são de controle, abrangendo aspectos geográficos (porte populacional e PIB do município) e políticos (governador eleito no segundo turno, prefeito reeleito, ano eleitoral municipal, ideologia do governador e ideologia do prefeito).

Além disso, a fragilidade compartilhada se mostrou significativa ($p = 0,0133$), confirmando a hipótese de que há dependência dos tempos de um mesmo município.

Dimensão Governabilidade Nacional

Os coeficientes das variáveis de governabilidade estão alinhados com a hipótese inicial. A taxa de vetos apresenta coeficiente de -0,2212, indicando uma influência negativa sobre o risco. Especificamente, um aumento de 1 ponto percentual na taxa de vetos reduz o risco de adesão à política em 19,84% ($1 - e^{-0,2212} = 0,1984$). Já a taxa de sucesso segue na direção oposta, com coeficiente positivo (0,0095), sugerindo que um aumento de 1 ponto percentual na taxa de sucesso dos projetos do Executivo eleva o risco de adesão à política em 0,95% ($e^{0,0095} = 1,0095$).

Dimensão Capacidades Institucionais dos Ministérios

O orçamento aprovado especificamente para a área de TI apresentou um impacto

positivo sobre o risco de adesão à política, conforme esperado — ou seja, quanto maior o investimento em tecnologia, maior a probabilidade de adesão. Por outro lado, o orçamento total autorizado para a pasta da saúde teve um efeito negativo e de grande magnitude, o que vai contra a expectativa inicial. Esse resultado sugere que, quanto maior o volume de recursos disponíveis na saúde, menor é a chance de o município aderir à política. Uma possível explicação para esse resultado inesperado é que municípios com mais recursos podem ter estruturas mais burocráticas, processos internos mais complexos e regras mais rígidas de execução orçamentária, o que dificulta a agilidade e flexibilidade necessárias para aderir a novas políticas. Além disso, municípios com maior capacidade financeira podem optar por desenvolver suas próprias iniciativas, em vez de participar de programas propostos pelo governo federal.

Dimensão Inovação Ministerial

O índice de inovação ministerial também apresentou um resultado diferente do esperado. Com um coeficiente negativo, ele sugere que, quanto maior o índice, menor o risco de adesão à política. Esse resultado contraria a hipótese inicial de que ministérios mais inovadores promoveriam maior participação dos municípios. Uma possível explicação é que ministérios com alto grau de inovação podem propor políticas mais complexas ou desafiadoras de serem implementadas localmente, exigindo maior capacidade técnica ou adaptações específicas, o que pode desestimular a adesão por parte de municípios com menor estrutura. Além disso, políticas inovadoras podem demandar mudanças mais significativas na gestão local ou envolver maior incerteza, o que leva a uma postura mais cautelosa por parte dos municípios, reduzindo o ritmo de adesão.

Dimensão Desenho da Política

Duas das três variáveis de desenho da política se comportam conforme o esperado, sendo elas, número de dispositivos e multissetorialidade. Os coeficientes positivos dessas variáveis sugerem que, quanto maior o número de dispositivos, maior o risco de adesão à política e, se a política for multissetorial, o efeito no risco foi muito expressivo, 119 vezes maior quando comparado a políticas vinculadas a um único ministério.

Por outro lado, a variável taxa de dispositivos de controle apresentou um coeficiente positivo, indicando que um aumento de 1 ponto percentual nessa taxa eleva o risco em 21%. Esse resultado contraria as expectativas iniciais. No entanto, ele pode refletir uma percepção dos atores locais de que uma maior supervisão federal representa um fator de segurança na implementação das políticas de saúde.

Dada a estrutura institucional específica do setor — que envolve a participação conjunta dos governos federal, estadual e municipal por meio da governança do SUS —, um nível mais alto de controle pode ser interpretado como uma garantia de coordenação e padronização. Isso tende a reduzir incertezas na ponta, ou seja, na execução local das políticas.

Além disso, prefeitos e gestores municipais podem enxergar diretrizes mais bem definidas e fiscalizadas pela União como um facilitador da execução e da gestão administrativa local. Um controle mais rigoroso também pode ser percebido como uma forma de assegurar que os recursos sejam alocados de forma correta e justa, ajudando a reduzir desigualdades e assimetrias entre os entes federativos.

Variáveis de Controle

O PIB do município teve um efeito negativo sobre o risco, indicando que municípios economicamente mais desenvolvidos tendem a apresentar menor risco de falha. Como apontado anteriormente, a influência do PIB no risco pode ser ambígua, pois municípios mais ricos podem tanto ter maior risco de adesão à política (devido à maior capacidade institucional) quanto menor risco (caso a política seja menos relevante para seu contexto).

O porte populacional também influencia positivamente o risco. Municípios com população igual ou superior a 500 mil habitantes apresentam um risco 26,45% maior de falha, o que está alinhado com a hipótese inicial.

O ano eleitoral municipal, governadores eleitos no segundo turno e a ideologia do governador apresentaram sinais diferentes do esperado. Em anos eleitorais, o risco de adesão à política é reduzido em 57%, enquanto governadores eleitos no segundo turno diminuem o risco em 19%. Já a ideologia do governador influenciou positivamente o risco: um aumento de 1 unidade no índice ideológico do governador (da extrema esquerda para a extrema direita) aumenta o risco em 17%.

Uma possível explicação para o resultado contrário ao esperado da variável ano eleitoral municipal é que, nesses períodos, gestores locais evitam assumir novos compromissos que exijam esforço administrativo, envolvam riscos financeiros ou gerem desgaste político. Prefeitos tendem a focar em ações de impacto imediato e visibilidade junto ao eleitorado, postergando a adesão a políticas de médio ou longo prazo, especialmente aquelas com maior carga burocrática. Essa cautela eleitoral pode justificar a menor probabilidade de adesão observada.

No caso dos governadores eleitos no segundo turno e da ideologia do governador, a diferença entre os resultados esperados e os observados pode estar relacionada ao fato de que o desenho da política não prevê uma participação direta do governo estadual no processo de adesão, e, dessa forma, as características dos governadores tendem a ter influência limitada ou indireta sobre a decisão dos municípios.

Por fim, as demais variáveis de controle político apresentaram sinais coerentes com as expectativas iniciais. O prefeito reeleito está associado a uma redução de 21% no risco, enquanto um aumento de 1 unidade no índice ideológico do prefeito (da extrema esquerda para a extrema direita) reduz o risco em 12%.

4.3 Avaliação do Ajuste do Modelo

Para garantir que o modelo final apresenta estimativas confiáveis e consistentes, é essencial avaliar seu ajuste global. Para essa verificação, utilizam-se os resíduos de Cox-Snell, que, segundo Lawless (2003), devem seguir uma distribuição exponencial com média 1 quando o modelo está bem ajustado.

A Figura 25 apresenta a curva de sobrevivência estimada dos resíduos do modelo ajustado aos dados comparada à curva teórica de uma distribuição exponencial. Quanto maior a proximidade entre essas curvas, melhor é o ajuste do modelo. Observa-se que as curvas empírica e teórica estão bastante próximas, indicando um bom ajuste global do modelo. Esse resultado sugere que a especificação adotada é adequada para representar os dados analisados.

Na análise comparativa entre os modelos unitários - ajustados com uma única variável explicativa - e o modelo final, composto pelas 15 variáveis significativas, observou-se que, em 5 delas, o sinal do coeficiente estimado foi diferente do sinal observado nos modelos unitários. As variáveis que apresentaram essa inversão de sinal foram: Taxa de controle, Taxa de sucesso, Prefeito reeleito, Ano eleitoral municipal e Ideologia do governador.

Esse resultado não invalida o modelo, mas indica a presença de possíveis relações de dependência entre as variáveis, como multicolinearidade ou interação, que podem influenciar a direção do efeito de cada variável no modelo conjunto. O ajuste é considerado satisfatório, pois a seleção final incluiu apenas variáveis estatisticamente significativas, sendo importante interpretar os coeficientes no contexto do modelo múltiplo, onde os efeitos são ajustados pelas demais variáveis.

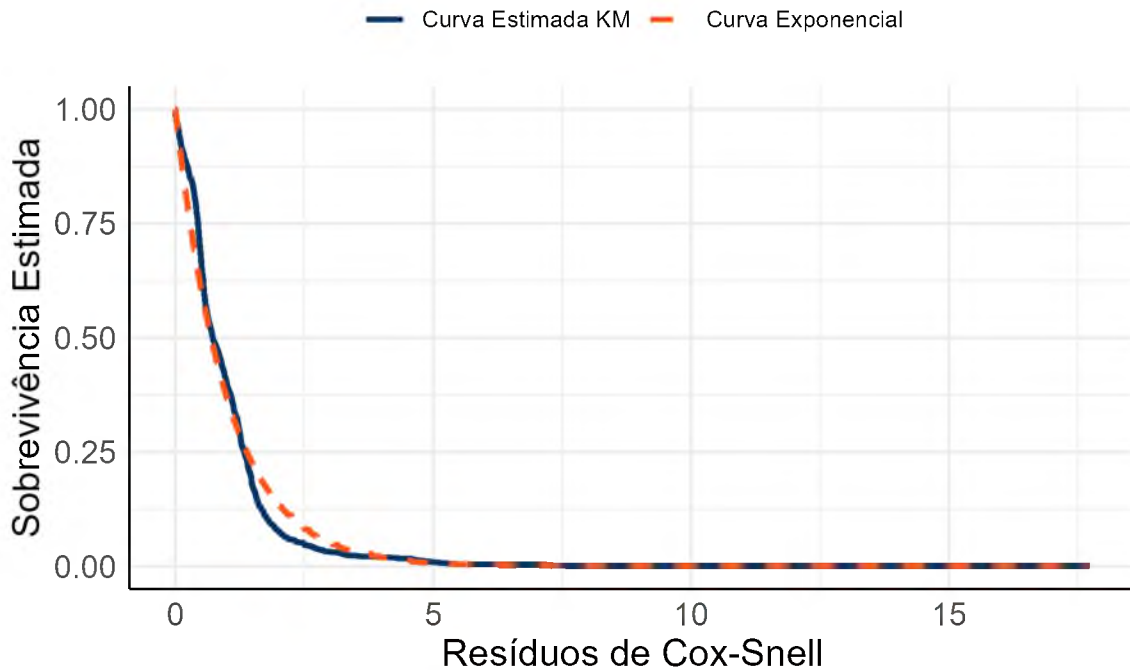


Figura 25: Resíduos de Cox-Snell do modelo final.

4.4 Fragilidade Compartilhada dos Municípios

A fragilidade pode ser entendida como um fator oculto que representa características próprias de cada município e que influenciam sua propensão a aderir a políticas públicas. Embora essas características não estejam diretamente visíveis nos dados, elas afetam o comportamento do município ao longo do tempo. Municípios com maior fragilidade têm maior risco ou tendência de aderir mais rapidamente às políticas, enquanto aqueles com menor fragilidade tendem a aderir mais lentamente ou até não aderir. A fragilidade, portanto, ajuda a explicar por que diferentes municípios, mesmo sob condições semelhantes, agem de forma diferente em relação à adoção de políticas.

De acordo com Colosimo e Giolo (2006), a fragilidade compartilhada exerce um efeito multiplicativo sobre o risco de base. Valores próximos a 1 indicam que a fragilidade não altera significativamente o risco. Já valores maiores que 1 indicam um aumento do risco, enquanto valores inferiores a 1 sugerem uma redução do risco. O gráfico apresentado na Figura 26 auxilia na avaliação da fragilidade compartilhada, exibindo as fragilidades estimadas por município. Os pontos destacados em laranja indicam os municípios com fragilidade inferior a $1 - 2 \cdot \sigma_{fragilidade}$ ou superior a $1 + 2 \cdot \sigma_{fragilidade}$.

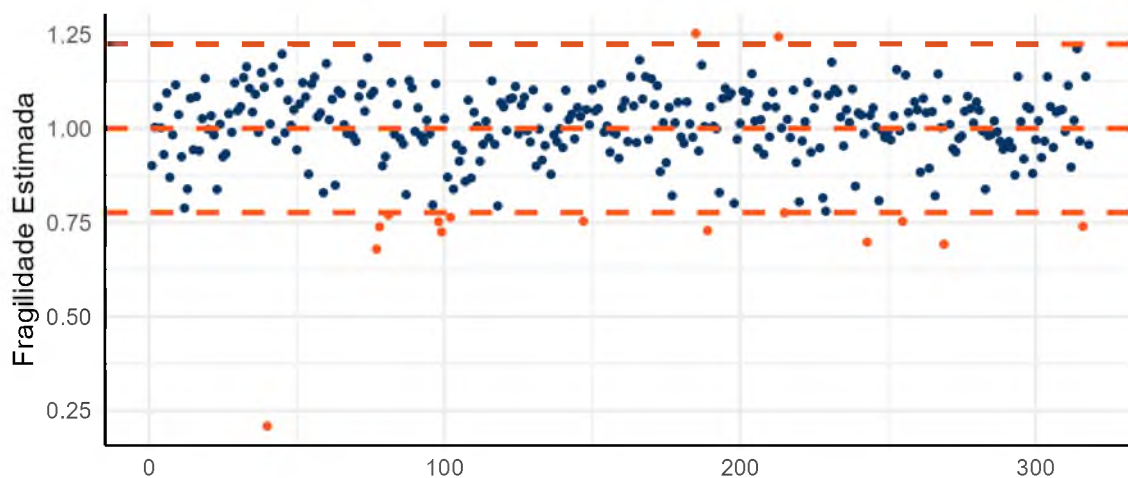


Figura 26: Fragilidade compartilhada por município.

Na Tabela 5, são apresentados os municípios identificados no gráfico da Figura 26 que possuem fragilidade estimada fora da faixa padrão ($1 \pm 2\sigma$).

Tabela 5: Municípios com maiores e menores fragilidades.

Município-UF	Fragilidade Estimada
Natal-RN	1,2523
Pelotas-RS	1,2433
Petrópolis-RJ	0,7758
Conselheiro Lafaiete-MG	0,7697
Fortaleza-CE	0,7637
Jaú-SP	0,7533
Santo Antônio de Jesus-BA	0,7529
Feira de Santana-BA	0,7522
Vitória de Santo Antão-PE	0,7395
Codó-MA	0,7383
Nova Friburgo-RJ	0,7285
Ferraz de Vasconcelos-SP	0,7247
Sabarã-MG	0,6979
São Lourenço da Mata-PE	0,6922
Chapecó-SC	0,6792
Belo Horizonte-MG	0,2091

Entre os municípios com maior fragilidade, destacam-se Natal (RN) e Pelotas

(RS), cujas estimativas indicam que estes têm um risco significativamente maior de adesão às políticas públicas de saúde em comparação com os demais municípios.

Por outro lado, os municípios com menores fragilidades, como Belo Horizonte (MG) e outros listados na tabela, apresentam um risco de adesão consideravelmente mais baixo, sugerindo que estes têm uma menor probabilidade de aderir a tais políticas públicas de saúde.

5 Conclusão

O modelo final desenvolvido para analisar a adesão às políticas públicas de saúde no Brasil revelou resultados consistentes com as hipóteses formuladas para a maioria das variáveis. Todas as quatro dimensões representadas pelas variáveis foram englobadas no modelo final, bem como 7 variáveis de controle geográfico e político. No entanto, também foram observados alguns resultados diferentes do esperado, que merecem destaque.

Primeiramente, as variáveis de Governabilidade apresentaram coeficientes alinhados com a hipótese inicial. A taxa de vetos apresentou um efeito negativo significativo, indicando que o aumento dessa taxa reduz o risco de adesão à política, enquanto a taxa de sucesso teve um efeito positivo, sugerindo que o sucesso nos projetos do Executivo está relacionado ao aumento do risco de adesão.

No que diz respeito às Capacidades Institucionais, o orçamento aprovado em TI teve o efeito esperado, aumentando o risco de falha na política pública à medida que o orçamento cresce. No entanto, o orçamento total autorizado apresentou um coeficiente negativo, contrariando a expectativa de que maiores orçamentos aumentariam o risco de falha. Esse resultado pode estar relacionado à maior burocracia e complexidade administrativa de municípios com mais recursos, o que pode dificultar a adesão ágil a novas políticas públicas.

A Inovação Ministerial, representada pelo índice ministerial, também apresentou um coeficiente negativo, sugerindo que um maior índice de inovação está associado a uma redução do risco de adesão à política, o que contradiz a hipótese inicial de que a inovação ministerial aumentaria esse risco. Uma possível explicação é que políticas mais inovadoras tendem a ser mais complexas ou desafiadoras de implementar, exigindo maior capacidade técnica local, o que pode dificultar a adesão por parte de municípios menos estruturados.

Em relação ao Desenho da Política, a variável número de dispositivos se comportou conforme o esperado, com um aumento nos dispositivos de controle elevando o risco de falha. A multissetorialidade, de acordo com a hipótese inicial, mostrou efeito positivo no risco e sua influência foi extremamente forte, aumentando o risco em 119 vezes.

Em contrapartida, a variável taxa de dispositivos de controle apresentou coeficiente positivo, quando se esperava que sua influência no risco fosse inversamente proporcional. Esse resultado pode indicar que uma maior supervisão federal é percebida pelos gestores locais como fator de segurança e coordenação, facilitando a implementação das políticas de saúde e reduzindo incertezas na execução local.

No que tange às variáveis de controle, o PIB do município teve um efeito negativo sobre o risco, indicando que municípios mais ricos tendem a apresentar menor risco de falha. O porte populacional teve um efeito positivo, com municípios com população superior a 500 mil habitantes apresentando um risco maior de falha.

Quanto às variáveis políticas, o ano eleitoral municipal, governadores eleitos no segundo turno e ideologia do governador apresentaram sinais diferentes do esperado. A redução do risco de falha no ano eleitoral pode ser explicada pela cautela política dos gestores locais, ao evitarem novos compromissos em tempos de incerteza política. Já a influência das variáveis governadores eleitos no segundo turno e ideologia do governador pode ser limitada, uma vez que a política pode não envolver diretamente o governo estadual no processo de adesão. As demais variáveis de controle político, prefeito reeleito e índice ideológico do prefeito reduzem o risco de falha, conforme o esperado.

Além disso, a análise da fragilidade compartilhada revelou que há uma dependência significativa dos tempos de um mesmo município, alguns deles apresentando fragilidade estimada fora da faixa padrão. Municípios como Natal (RN) e Pelotas (RS) apresentaram uma fragilidade significativamente maior, indicando que esses municípios têm um risco consideravelmente mais alto de falha na adesão às políticas públicas de saúde. Por outro lado, municípios como Belo Horizonte (MG) e outros mostraram uma fragilidade mais baixa, sugerindo uma menor probabilidade de falha.

A análise dos resíduos de Cox-Snell indicou um bom ajuste do modelo aos dados, com a curva empírica apresentando boa concordância com a curva teórica, o que fortalece a confiabilidade das estimativas. De maneira complementar, a comparação entre os sinais dos coeficientes dos modelos unitários de cada variável e o modelo final revelou que, das 15 variáveis, 10 mantiveram o mesmo sinal, enquanto 5 apresentaram sinais opostos no modelo final.

Em resumo, os resultados apontam para a complexidade do processo de adesão às políticas públicas de saúde, onde variáveis econômicas, geográficas, políticas e institucionais interagem de maneira significativa. Além disso, a fragilidade compartilhada entre os municípios é um fator relevante a ser considerado, com alguns municípios apresentando uma maior propensão ao risco de falha na adesão às políticas públicas de saúde.

Referências

- ALENCAR, L. N. F. de. *Estudo da adesão ao Programa Saúde da Família por meio da metodologia de Análise de Sobrevivência*. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- ARAÚJO, M. F. S. *Modelo de Regressão Kumaraswamy Log-Logística Discreta em Análise de Sobrevivência: Uma aplicação para dados de Ciências Políticas*. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- BERRY, F.; BERRY, W. D. State lottery. adoption as policy innovations: An event history analysis. *American Political Science Review*, v. 84(2), p. 395–415, 1990.
- BERRY, F.; BERRY, W. D. Innovation and diffusion models in policy research. In P.A. Sabatier, ed. *Theories of the Policy Process* Boulder: Westview Press, 2007.
- BRESLOW, N. Contribuição à discussão do artigo de d.r. cox. *Journal of the Royal Statistical Society, B*, v. 34, p. 216–217, 1972.
- BUCKLEY, J.; WESTERLAND, C. Duration dependence, functional form, and corrected standard errors: Improving eha models of state policy diffusion. *State Politics and Policy Quarterly*, v. 4(1), p. 94–113, 2004.
- CARVALHO, C. G. C. de. *Proposta de nova taxa de inovação de adoção de políticas públicas por meio do modelo de regressão de Cox*. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.
- COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. *Análise de Sobrevivência Aplicada*. [S.l.]: Editora Bluncher, 2006.
- COX, D. Regression models and life tables (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society, B*, v. 34, p. 187–220, 1972.
- COX, D. Partial likelihood. *Biometrika*, v. 62, p. 269–276, 1975.
- COX, D. R.; HINKLEY, D. V. *Theoretical Statistics*. [S.l.]: Chapman and Hall, London, 1974.
- COX, D. R.; OAKES, D. *Analysis of survival data*. [S.l.]: Chapman and Hall/CRC, 2018.
- COX, D. R.; SNELL, E. J. A general definition of residuals. *Journal of the Royal Statistical Society, B*, v. 30, p. 248–275, 1968.
- COELHO, D. B.; CAVALCANTE, P.; TURGEON, M. Mecanismos de difusão de políticas sociais no brasil: uma análise do programa saúde da família. *Revista de Sociologia e Política*, SciELO Brasil, v. 24, p. 145–165, 2016.
- HOUGAARD, P. *Analysis of Multivariate Survival Data*. [S.l.]: New York: Springer-Verlag, 2000.
- KAPLAN, E.; MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association*, v. 53, p. 457–481, 1958.

- KLEIN, J. Semiparametric estimation of random effects using cox model based on the em algorithm. *Biometrics*, v. 48, p. 795–806, 1992.
- LATHAM, G. Accelerating the em algorithm by smoothing - a special case. *Applied Mathematical Letters*, v. 9, p. 47–53, 1996.
- LAWLESS, J. F. *Statistical models and methods for lifetime data*. [S.l.]: 2nd ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2003.
- MILHOMEM, M. B. *Proposta de nova taxa de inovação de adoção de políticas públicas por meio de modelo de regressão paramétrico para dados censurados*. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.
- MINTROM, M. The state-local nexus in policy innovation diffusion: The case of school choice. *Publius*, v. 27(3), p. 41–59, 1997.
- MOONEY, C. Z. Modeling regional effects on state policy diffusion. *Political Research Quarterly*, v. 54(1), p. 103–124, 2001.
- PEREIRA, C. *Da política às políticas: o que faz com que os programas federais cheguem à ponta?* Tese (Doutorado) — Universidade de Brasília, 2025.
- PETO, R. Contribuição à discussão do artigo de d.r. cox. *Journal of the Royal Statistical Society, B*, v. 34, p. 205–207, 1972.
- ROGERS, E. M. Social structure and social change. *American Behavioral Scientist*, v. 14, p. 767–782, 1971.
- THERNEAU, T.; GRAMBSCH, P. *Modeling Survival Data: Extending the Cox Model*. [S.l.]: New Work: Springer-Verlag, 2000.
- VAUPEL, J. W.; MANTON, K.; STALLARD, E. The impact of heterogeneity in individual frailty on the dynamics of mortality. *Demography*, v. 16, p. 439–454, 1979.
- VOLDEN, C. States as policy laboratories: Emulating success in the children's health insurance program. *Publius*, v. 50(2), p. 294–312, 2006.