

## **ANÁLISE DO RISCO DE ACIDENTES NO TRABALHO EM UMA COMPANHIA ELÉTRICA PARAIBANA**

### **RISK ANALYSIS OF WORK ACCIDENTS IN ELECTRIC COMPANY FROM PARAÍBA**

### **ANÁLISIS DE RIESGO DE ACCIDENTES DE TRABAJO EN UNA EMPRESA ELÉCTRICA DE PARAÍBA**

Brisleny Gomes da Silva<sup>1</sup>  
Luiz Carlos Santos Júnior<sup>2</sup>

Artigo recebido em setembro de 2020 (fast-track)

#### **RESUMO**

A corrente pesquisa analisa o risco de acidentes no trabalho em uma companhia elétrica paraibana. Trata-se de um estudo de caso quantitativo e aplicado que, a partir dos dados diários referentes a 2855 colaboradores acompanhados entre 2015 e 2018, utiliza-se de: a) técnicas descritivas (de contagem, tendência central e dispersão); b) do estimador não paramétrico de Kaplan-Meier para estimação da função de sobrevivência; c) da Regressão de Cox para estimação dos efeitos de algumas covariáveis sobre o risco de acidentar-se. A falha é definida como a ocorrência de acidente dentro do período de acompanhamento e a censura, neste caso, como a não ocorrência do acidente ao término deste período. Assim, a variável resposta corresponde ao tempo até a ocorrência do acidente de trabalho na companhia observada, sendo relacionada às seguintes covariáveis (informações sobre o colaborador): matrícula, sexo, função, data de admissão, data de acidente (quando cabível), data de nascimento, ocorrência do afastamento, tipo de acidente, origem do acidente e custo decorrente do acidente. Os resultados evidenciam que a maior parte dos acidentados é composta por colaboradores do sexo masculino, que exercem funções externas, que se acidentam no trânsito, necessitam de afastamento e geram custo menor ou igual ao custo médio. Ainda, que a covariável que melhor explica o comportamento do tempo até a ocorrência do acidente é a função do colaborador. Ademais, apresentam-se os efeitos das covariáveis para cada causa de acidente, o que caracteriza o uso dos modelos de riscos competitivos. Sugere-se para estudos futuros a utilização de modelos de longa duração, dadas às evidências de que função de sobrevivência em questão é imprópria.

**Palavras-chave:** Acidentes no trabalho. Setor elétrico. Análise de sobrevivência para dados censurados. Análise de riscos competitivos.

#### **ABSTRACT**

The current research analyzes the risk of accidents at work in a electric company from Paraíba. It is a quantitative and applied case study that, based on the daily data of 2855 employees followed between 2015 and 2018, uses: a) descriptive techniques (counting, central tendency and dispersion); b) the

<sup>1</sup> Graduada em Ciências Atuariais na Universidade Federal da Paraíba. E-mail: brisleny.atuaria@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor de Ciências Atuariais na Universidade Federal da Paraíba. E-mail: luiz.atuario@gmail.com.

Kaplan-Meier non-parametric estimator to estimate the survival function; c) Cox Regression to estimate the effects of some covariables on accident risk. Failure is defined as the occurrence of an accident within the monitoring period and censorship, in this case, as the non-occurrence of the accident at the end of this period. Thus, the response variable corresponds to the time until the occurrence of the work accident at the observed company, with the following covariables (information about the employee) being listed: registration, sex, function, date of admission, date of accident (when applicable), date of birth, occurrence of leave, type of accident, origin of the accident and cost resulting from the accident. The results show that the majority of the injured are composed of male employees, who perform external functions, who are injured in traffic, need leave and generate cost less than or equal to the average cost. Still, that the covariate that best explains the behavior from the time until the accident occurs is the employee's role. In addition, the effects of covariates for each cause of accident are presented, which characterizes the use of competitive risk models. It is suggested for future studies the use of long-term models, given the evidence that the survival function in question is inappropriate.

**Keywords:** Accidents at work. Electric sector. Survival analysis for censored data. Competitive risk analysis.

## RESUMEN

La presente investigación analiza el riesgo de accidentes laborales en una empresa eléctrica de Paraíba. Se trata de un caso de estudio cuantitativo y aplicado que, a partir de los datos diarios de 2855 empleados seguidos entre 2015 y 2018, utiliza: a) técnicas descriptivas (conteo, tendencia central y dispersión); b) el estimador no paramétrico de Kaplan-Meier para estimar la función de supervivencia; c) Regresión de Cox para estimar los efectos de algunas covariables sobre el riesgo de sufrir un accidente. La falla se define como la ocurrencia de un accidente dentro del período de monitoreo y la censura, en este caso, como la no ocurrencia del accidente al final de este período. Así, la variable respuesta corresponde al tiempo transcurrido hasta la ocurrencia del accidente de trabajo en la empresa observada, enumerándose las siguientes covariables (información sobre el trabajador): alta, sexo, función, fecha de ingreso, fecha del accidente (cuando aplique), fecha de nacimiento, ocurrencia de baja, tipo de accidente, origen del accidente y costo del accidente. Los resultados muestran que la mayoría de los lesionados están compuestos por empleados del sexo masculino, que realizan funciones externas, que se lesionan en el tránsito, necesitan baja y generan costos menores o iguales al costo promedio. Aún así, la covariable que mejor explica el comportamiento desde el momento en que ocurre el accidente es el rol del empleado. Además, se presentan los efectos de las covariables para cada causa de accidente, lo que caracteriza el uso de modelos de riesgo competitivo. Se sugiere para estudios futuros el uso de modelos a largo plazo, dada la evidencia de que la función de supervivencia en cuestión es inadecuada.

**Palabras clave:** Accidentes de trabajo. Sector eléctrico. Análisis de supervivencia para datos censurados. Análisis de riesgo competitivo.

## 1 INTRODUÇÃO

O termo *acidentes de trabalho* se refere às lesões decorrentes de causas externas, aos traumas e envenenamentos (ocorridos no ambiente do trabalho durante a execução de

atividades ocupacionais e/ou durante o trajeto de ida ou retorno para o trabalho) e às doenças ocupacionais (ALMEIDA, 2004).

No âmbito do setor elétrico existem vários riscos associados aos acidentes de trabalho. Dentre eles estão o risco de morte, as mutilações e a incapacidade física e psiquiátrica, que são características imersas em periculosidade, insalubridade e penosidade (ECHTERNACHT; CASTRO, 2019). Um dos grandes problemas enfrentados para evitar acidentes de trabalho se deve à falta de prevenção, bem como ao uso inadequado de equipamentos de proteção individual ao manusear fiações de grande tensão.

Dado o contexto de acidentes no trabalho e se considerando a importância de identificar e mapear os riscos para fins de segurança no trabalho se questiona: quais os principais fatores de risco relativos à ocorrência de acidentes no trabalho em uma companhia elétrica?

A fim de responder a esta pergunta, a presente pesquisa objetiva, a partir de dados diários de 2855 funcionários acompanhados entre 2015 e 2018 e vinculados a uma companhia elétrica paraibana, analisar o risco de acidentes no trabalho, por meio de modelos de sobrevivência na ausência e presença de riscos competitivos, considerando-se os efeitos de algumas covariáveis.

No Brasil, inúmeras pesquisas investigam o risco de acidentes no trabalho. De modo geral, tais pesquisas tratam de: analisar a gestão cognitiva do trabalho (ALMEIDA, 2004); avaliar como a segurança no trabalho é percebida pelos principais intervenientes na sua gestão em um canteiro de obras (SAURIN; RIBEIRO, 2000); identificar sistemas de informação que dispõem de dados sobre acidentes de trabalho fatais no Brasil (BATISTA; SANTANA; FERRITI, 2019); notificar acidentes do trabalho (BRASIL, 2006); apresentar um levantamento da incidência de acidentes do trabalho e doenças profissionais na atividade da construção civil (COSTELLA, 1999); administrar o risco de acidentes organizacionais (REASON, 1997); analisar as variáveis clínicas e pré-hospitalares associadas à sobrevivência de vítimas de acidente de trânsito (MALVESTIO; SOUSA, 2008); apresentar uma modelagem preditiva de riscos de acidentes no trabalho, aplicando a regressão de Poisson (NAPOLITANO, FERREIRA E SASSI, 2016).

Diferentemente dos trabalhos citados, o presente estudo pretende, além de apresentar um levantamento da incidência de acidentes, investigar os principais fatores do risco de acidentar-se no trabalho considerando, para isso, as diversas causas que competem para retirar o trabalhador do estado de “não acidentado” para o de “acidentado”.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial é composto por aspectos relativos ao setor elétrico, ao risco, aos riscos no setor elétrico, além de uma breve revisão.

### 2.1 Riscos relativos a construções e instalações elétricas

No Brasil, o setor elétrico é regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que possui as seguintes atribuições:

- a) Regular geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;

- b) Fiscalizar diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais;
- c) Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- d) Estabelecer tarifas;
- e) Promover concessões, autorizações e permissões de atividade.

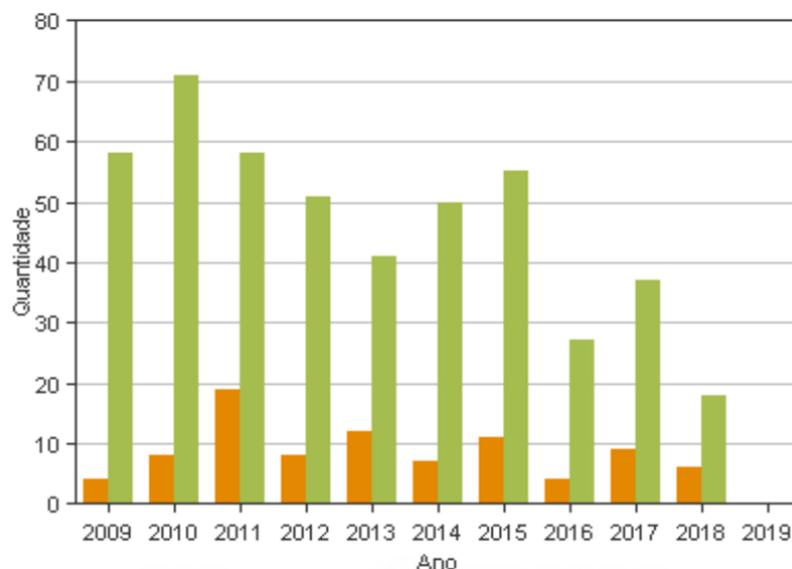
A Figura 1 apresenta, de acordo com estudos da ANEEL (2019), alguns indicadores de segurança do trabalho no Brasil entre 2009 e 2019, com suas variáveis de casualidade sobre os acidentes no setor elétrico.

Considerando os dados da Figura 1, o número de mortes decorrentes de acidentes de trabalho com funcionários próprios é consideravelmente menor que aqueles com funcionários terceirizados, o que pode indicar que as empresas que utilizam funcionários próprios investem mais na segurança no trabalho e proporcionam um ambiente mais estável para que se possa executar o trabalho de forma correta e segura. Assim, essas e outras hipóteses podem e devem ser investigadas para que haja a adequada mensuração e administração de riscos relativa ao setor.

O risco pode ser compreendido como a dimensão da exposição ao acaso que advém das incertezas; como uma estimativa do grau de incerteza com relação a possíveis resultados futuros; ou ainda, como a possibilidade de ocorrência de um evento adverso, podendo ser dimensionado tanto pela probabilidade de ocorrência, quanto pela severidade do evento. O papel do gerenciamento de risco é tratar os fatores de risco que podem ser identificados, e isso pressupõe a quantificação dos mesmos e o desenvolvimento de instrumentos para a sua mitigação, de acordo com Souza (2008).

Diante do exposto, as empresas deste ramo são obrigadas a gerenciar os riscos advindos do exercício do trabalho para que seus funcionários tenham a devida acessibilidade a equipamentos de proteção individual e que aconteça o mínimo possível de acidentes relacionados à falta de proteção.

Figura 1 - Número de acidentes e de mortes com funcionários envolvendo a rede elétrica, Brasil, 2009-2019



| Barras verdes   |      | NMOFUPR |      |      |      | Número de mortes decorrentes de acidentes do trabalho (funcionários próprios)      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|---------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|
| Barras laranjas |      | NMOFUTE |      |      |      | Número de mortes decorrentes de acidentes do trabalho (funcionários terceirizados) |      |      |      |      |      |
|                 | 2009 | 2010    | 2011 | 2012 | 2013 | 2014   | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| NMOFUPR         | 4    | 8       | 19   | 8    | 12   | 7  | 11   | 4    | 9    | 6    | 0    |
| NMOFUTE         | 58   | 71      | 58   | 51   | 41   | 50   | 55   | 27   | 37   | 18   | 0    |

Fonte: ANEEL (2019)

No que tange aos riscos na segurança em instalações e serviços em eletricidade, a Norma Reguladora (NR) nº 10 estipula as prevenções necessárias para a segurança dos trabalhadores, como, por exemplo: a segurança em instalações elétricas desenergizadas, que dentre as medidas está o seccionamento, impedimento de reenergização e constatação de ausência de tensão; a segurança em instalações elétricas energizadas, que tange intervenções em instalações elétricas com tensão igual ou superior a 50 Volts em corrente alternada ou superior a 120 Volts em corrente contínua. Neste caso, elas só podem ser realizadas por trabalhadores que atendam ao que estabelece o item 10.8 da referida NR.

De acordo com Pontes (2017) a população vai mudando os padrões de consumo, demandando cada vez mais a oferta de energia elétrica. Desde os primórdios, passando por todas as revoluções industrial e econômica, a energia é um recurso fundamental para a sobrevivência. Atenção deve ser dada, porém, a boa relação entre os consumidores, trabalhadores e as concessionárias de energia.

## 2.2 Revisão da Literatura

A revisão exhibe sob quais aspectos dos acidentes no trabalho, em particular (quando possível), no âmbito do setor elétrico, vem sendo investigado. Isso se faz necessário para a apresentação do recorte da presente pesquisa.

Echternacht e Castro (2019) objetivaram, a partir de uma abordagem ergológica, estabelecer relações entre os altos índices de acidentes de trabalho entre os trabalhadores do setor elétrico brasileiro e os elementos de precariedade associados ao trabalho terceirizado. Para isso, utilizaram: a) dados quantitativos de acidentes de trabalho neste setor, nas bases de dados nos sites do Ministério do Trabalho e do Emprego, Previdência Social e Fundação COGE (FUNCOGE); b) documentos do DIEESE (2010, 2013) e CUT (2014); c) boletins quinzenais do Sindicato Intermunicipal dos Trabalhadores na Indústria Energética de Minas Gerais (SINDIELETRO-MG), entre janeiro 2012 e março 2015 (edições 696 a 773); d) entrevistas com a médica do trabalho (atuante nesse sindicato entre 2006-2013), com o diretor geral e o assessor de formação do SINDIELETRO-MG em 2015. A análise desses dados aponta para o impacto da precariedade sobre a gestão real e situada dos riscos no trabalho, visto que o modelo organizacional que embasa a terceirização no setor elétrico tende a ser incompatível com as exigências mínimas relativas à saúde e segurança do trabalhador, à proteção social e, em alguns casos, até mesmo à dignidade humana.

Batista, Santana e Ferriti (2019) identificaram os sistemas de informação que dispõem de dados sobre Acidentes de Trabalho Fatais (ATF) no Brasil, descrevendo suas

características, fluxos e barreiras para a qualidade da informação. Empregando-se o método da pesquisa documental, foram encontrados: o Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) e o Sistema do Programa Vigilância de Violência e Acidentes (VIVA) do Ministério da Saúde; o Sistema de Informação de Comunicação de Acidentes do Trabalho (Siscat) da Previdência Social; e do Ministério do Trabalho e Emprego, a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). A falta de variáveis chave comuns limita a construção de uma base de dados única com todos os casos de ATF registrados. Dentre os vários filtros e barreiras identificados destaca-se o não reconhecimento da relação do acidente com o trabalho pelos profissionais registrantes.

Malvestio e Sousa (2008) analisaram as variáveis clínicas e pré-hospitalares associadas à sobrevivência de vítimas de acidente de trânsito, a partir de dados de 175 pacientes, entre 12 e 65 anos, vitimados por acidente de trânsito do município de São Paulo/SP entre 1999 a 2003. Para isso, utilizaram o estimador de Kaplan-Meier para a estimação da função de sobrevivência relativa a vítimas de com *Revised Trauma Score* menores ou iguais 11. As variáveis analisadas foram: sexo, idade, mecanismos do acidente, procedimentos de suporte básico e avançado realizados, parâmetros e flutuações do *Revised Trauma Score*, tempo consumido na fase pré-hospitalar e gravidade do trauma segundo o *Injury Severity Score* e a *Maximum Abbreviated Injury Scale*. Dentre os principais resultados, tem-se que as vítimas que tiveram menor probabilidade de sobrevivência durante todo período de internação hospitalar apresentaram: lesões graves no abdome, tórax ou membros inferiores, com flutuação negativa da frequência respiratória e do *Revised Trauma Score* na fase pré-hospitalar e necessitaram de intervenções avançadas ou compressões torácicas. As lesões encefálicas foram associadas ao óbito tardio.

Napolitano, Ferreira e Sassi (2016) analisaram – com o objetivo de apresentar uma modelagem preditiva dos riscos de acidentes no trabalho – uma base de dados de acidentes e características organizacionais de 46 empresas, prestadoras de serviços no setor de infraestrutura, no período de 2007 a 2015. Para isso, utilizaram a Regressão Linear e de Poisson aplicadas aos dados de contagem. Dentre os principais resultados, obtiveram um modelo probabilístico de risco que relaciona os processos e o desempenho de segurança para a quantificação do risco de acidentes.

Martinez e Latorre (2008) analisaram os fatores associadas à capacidade para o trabalho de eletricitários do Estado de São Paulo. Os resultados se apresentam a partir das características sócio demográficas, do estilo de vida, do trabalho e do estado de saúde da população de estudo. Em seu trabalho, verificaram que a maior parte dos trabalhadores do segmento elétrico é composta por homens (90,9%), adultos jovens (média de idade = 36,8 anos, DP = 8,0), casados ou vivendo com companheira (75,2%) e com Ensino Médio ou Superior completo (91,3%). O tempo médio de trabalho na empresa foi de 12,8 (DP = 7,5) anos. Os trabalhadores atuavam, principalmente, em turnos diurnos (94,3%), predominantemente no Setor de Distribuição de Energia (66,5%), ocupando cargos de Eletricista de Distribuição (50,5%), em unidades de trabalho operacionais (82,7%), desenvolvendo trabalhos envolvendo tarefas com conteúdo físico e mental (77,9%). A faixa de renda mensal predominantemente foi de 4,0 e 10,9 salários mínimos (76,0%). O nível de estresse médio foi de 2,3 (DP = 0,7) pontos em um escore de 1,0 a 7,0 pontos.

Pontes (2017) estimaram o tempo de contrato futuro para uma amostra de clientes residenciais de energia elétrica no Rio Grande do Norte, a partir de um modelo atuarial. A metodologia proposta utilizou o método ARIMA para previsão do consumo de energia tomando por base a estimação os conceitos de expectativa de vida de seus consumidores, a

partir das tábuas de mortalidade AT-2000 e IBGE 2010, segregadas por sexo. Dentre os resultados, tem-se que o faturamento (PVW) calculado com base no consumo projetado para a tábua AT-2000 foi o maior que R\$9 milhões e para a tábua IBGE 2010 foi de quase R\$ 8 milhões. Ao observar essa diferença no faturamento, identificou-se a importância na escolha das premissas atuariais.

Os trabalhos citados, de um modo geral, identificaram os sistemas de informação que dispõem de dados sobre Acidentes de Trabalho Fatais no Brasil (BATISTA; SANTANA; FERRITI, 2019); estimaram o tempo de contrato futuro para uma amostra de clientes residenciais de energia elétrica no Rio Grande do Norte, a partir de um modelo atuarial (PONTES, 2017); analisaram acidentes de trânsito por meio de análise de sobrevivência (MALVESTIO; SOUSA, 2008); estabeleceram relações entre os altos índices de acidentes de trabalho entre os trabalhadores do setor elétrico brasileiro e os elementos de precariedade associados ao trabalho terceirizado (ECHTERNACHT; CASTRO, 2019); analisaram os fatores associadas à capacidade para o trabalho de eletricitários do Estado de São Paulo (MARTINEZ; LATORRE, 2008); projetaram os riscos de acidentes no trabalho (NAPOLITANO; FERREIRA; SASSI, 2016).

Assim, o presente trabalho adiciona, em relação ao já investigado pelos trabalhos citados, a mensuração dos riscos relativos a acidentes no trabalho no setor elétrico por meio de modelos de sobrevivência para dados censurados na ausência e presença de riscos competitivos.

### 3 MÉTODO

A metodologia é constituída pela apresentação do tipo de pesquisa, do universo investigado, da coleta de dados, do tipo de dados, das variáveis analisadas, além de modelos, testes e softwares utilizados.

#### 3.1 Tipo de pesquisa, universo, coleta e variáveis analisadas

Trata-se de um estudo de caso quantitativo, aplicado e descritivo. Investigam-se 2855 colaboradores de uma companhia elétrica paraibana a partir de dados secundários disponibilizados pela referida companhia, que optou pelo anonimato. Os dados são diários e relativos ao período de 2015 a 2018 e se referem às seguintes informações sobre os colaboradores: matrícula, sexo, função, data de admissão, data de acidente (quando cabível), data de nascimento, duração do afastamento (quando cabível), tipo de acidente, origem do acidente e custo decorrente do acidente. O Quadro 1 especifica cada uma das variáveis.

Quadro 1 - Descrição e classificação das variáveis disponibilizadas para análise

| Nome da variável         | Tipo de variável | Nível                                  |
|--------------------------|------------------|--|
| Matrícula do colaborador | Categórica       | Números que identificam o colaborador. |
| Sexo do colaborador      | Categórica       | a) Feminino, b) Masculino.             |

|                                   |            |  |
|-----------------------------------|------------|--|
| Função do colaborador             | Catagórica | a) Externo (eletricista, eletromecânico, eletrotécnico, etc.), b) Interno (atendente, auxiliar administrativo, gerente, etc.). |
| Data de admissão do colaborador   | Numérica   | -  |
| Data de acidente do colaborador   | Numérica   | -  |
| Data de nascimento do colaborador | Numérica   | -  |
| Houve afastamento?                | Catagórica | a) Não, b) Sim.  |
| Tipo de acidente                  | Catagórica | a) Incidente, b) Trajeto, c) Típico, d) Sem acidente.  |
| Origem do acidente                | Catagórica | a) Agressão, b) Elétrico-eletromecânico, c) Outros, d) Queda, e) Trânsito, f) Sem acidente.                                    |
| Custo decorrente do acidente      | Catagórica | a) Abaixo ou igual à média (custos menores ou iguais a R\$ 3.190,13), b) Acima da média (custos superiores a R\$ 3.190,13).    |

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

A partir desses dados, define-se a falha como a ocorrência de acidente dentro do período de acompanhamento e a censura, neste caso, como a não ocorrência do acidente ao término deste período.

Assim, a variável resposta corresponde ao tempo até a ocorrência do acidente de trabalho na companhia observada. Ela é dada pela subtração entre a data de acidente (ou data do fim de acompanhamento) e a data de admissão na empresa.

Origem do acidente, aqui, indica as causas de acidentes no trabalho; noutros termos, são os múltiplos decrementos, isto é, as forças tendentes a retirar o colaborador de seu status inicial de “não acidentado”.

Tipos de acidentes seguem a seguinte classificação: a) incidente é uma ocorrência não planejada que pode levar a um acidente; b) acidentes típicos são os acidentes decorrentes da característica da atividade profissional desempenhada pelo acidentado; c) acidentes de trajeto são os acidentes ocorridos no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa. As demais informações sobre os colaboradores são covariáveis candidatas a fatores de risco significativos para a ocorrência da falha, isto é, do acidente no trabalho.

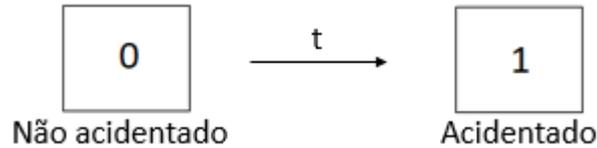
A análise é realizada em ambiente R (R CORE TEAM, 2016), versão 3.3.0, por meio do pacote *survival* (THERNEAU, 2015).

### 3.2 Análise de Sobrevivência

A análise de sobrevivência é um conjunto de técnicas e modelos estatísticos usados na análise de experimentos, cuja variável resposta  $T$  é o tempo até a ocorrência do evento de interesse (tempo de falha) ou o risco de ocorrência de um evento por unidade de tempo, na presença de censura (CARVALHO et al., 2011).

No tempo inicial  $t = 0$ , o indivíduo se encontra no estado inicial 0, ou seja, é “não acidentado”. Transcorrido algum tempo  $T$ , o indivíduo se move para o estado absorvente 1, ou seja, “se acidenta”, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Matriz de transição do status do colaborador na ausência de riscos competitivos



Fonte: Adaptado de Colosimo e Giolo (2006)

A variável  $\delta_i$  indica se colaborador se acidentou (1) ou não (0).

Na análise de sobrevivência, existem várias funções associadas à variável resposta  $T$ , sendo algumas delas apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Funções de sobrevivência e probabilidades associadas

| Função                        | Expressão                        | Definição   |
|-------------------------------|----------------------------------|---|
| Função de sobrevivência       | $S(t) = P(T \geq t)$             | A função de sobrevivência é definida como a probabilidade de uma observação não falhar até certo tempo $t$ , ou seja, a probabilidade de uma observação sobreviver ao tempo $t$ . |
| Função distribuição acumulada | $F(t) = 1 - S(t)$                | Função acumulada é definida como a probabilidade de uma observação não sobreviver ao tempo $t$ .  |
| Função de risco               | $\lambda(t) = \frac{f(t)}{S(t)}$ | Função de risco no intervalo $[t_1; t_2)$ é definida o risco de que a falha ocorra neste intervalo, dado que não ocorreu antes de $t_1$ , dividida pelo comprimento do intervalo. |

Fonte: Adaptado de Colosimo e Giolo (2006)

O estimador de Kaplan-Meier para a função de sobrevivência é definido conforme a Equação (1) (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

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

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

Em relação à abordagem semiparamétrica, tem-se que a regressão de Cox estima a função de risco proveniente de estudos de tempo de sobrevivência, realizando-se o ajuste na

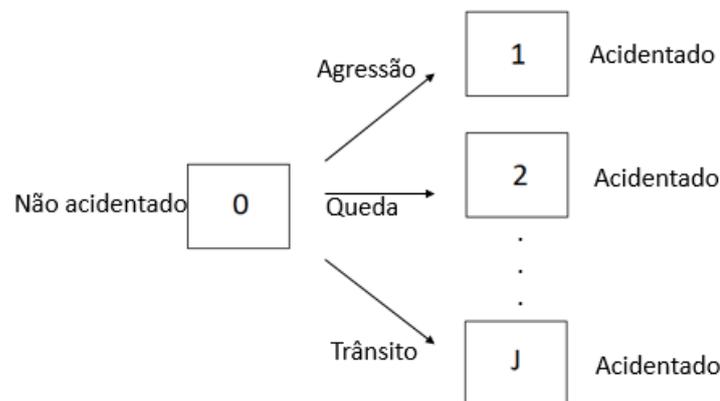
presença de covariáveis, conforme a Equação (2).

$$\lambda(t|\mathbf{x}) = \lambda_0(t)g(\mathbf{x}'\beta). \quad (2)$$

Em que  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_p)'$ ;  $\beta$  é o vetor de parâmetros associados às covariáveis;  $g(\mathbf{x}'\beta)$  é uma função não negativa que deve ser especificada;  $\lambda_0(t)$  é o risco basal.

Na presença de riscos competitivos, segundo Carvalho et al. (2011), cada indivíduo está simultaneamente em risco para  $k$  eventos, e a ocorrência de um elimina a chance de qualquer outro. O risco de sofrer o evento A é  $\lambda_A(t)$ , de sofrer o evento B é  $\lambda_B(t)$ , e assim por diante, conforme representação da Figura 3.

Figura 3 - Matriz de transição do status do colaborador na presença de riscos competitivos



Fonte: Adaptado de Colosimo e Giolo (2006)

A abordagem semiparamétrica de riscos competitivos é dada de três formas, todas utilizando os modelos de Cox: a) sobrevivência livre de eventos, que utiliza o primeiro evento; b) risco específico por causa, considerando um evento principal e os demais como censura; e c) subdistribuições dos riscos, utilizando a função de incidência acumulada. O presente trabalho utiliza o método b).

O risco específico por causa estima-se o efeito de covariáveis sobre um desfecho específico, sendo os demais desfechos considerados censuras não informativas. Isso implica que numa análise de riscos concorrentes sob a perspectiva dos riscos específicos por causa, os eventos concorrentes podem ser codificados como um evento de censura e isso deve ser feito para cada tipo de evento concorrente (BEYERSMANN; ALLIGNOL; SCHUMACHER, 2012).

Os modelos proporcionais de riscos específicos por causa assumem que cada risco específico por causa segue um modelo de Cox (1972), conforme (3).

$$\lambda_{0j,i}(t; Z_i) = \lambda_{0j,0}(t; Z_i) \times \exp(\beta_{0j} \times Z_i), j = 1,2, i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

Em que  $\beta_{0j}$  é um vetor  $1 \times p$  de coeficientes de regressão,  $Z_i$  é um vetor  $p \times 1$  de covariáveis para indivíduo  $i$  e  $\lambda_{0j;0}(t; Z_i)$  é uma função de risco de linha de base não especificada e não negativa.

### 3.3 Avaliação das estimações

Em relação à estimação da função de sobrevivência dada pelo estimador de Kaplan-Meier, é comum a comparação de suas curvas entre as categorias de uma variável qualitativa, a fim de investigar se há ou não diferença entre as funções estimadas. Sendo o teste logrank o mais comum para este fim, apresenta-se em (4) a sua estatística

$$T = \frac{[\sum_{j=1}^k (d_{2j} - w_{2j})]^2}{\sum_{j=1}^k (V_j)_2}, \quad (4)$$

Sendo  $d_{2j}$  o número de mortes do segundo grupo pela causa  $j$ , que segue distribuição hipergeométrica, numa tabela de contingência;  $w_{2j}$  é a média de  $d_{2j}$ ;  $(V_j)_2$  é a variância de  $d_{2j}$ ;  $T$ , sob a hipótese nula  $H_0: S_1(t) = S_2(t)$ , tem uma distribuição qui-quadrado com 1 grau de liberdade para grandes amostras. Para maiores detalhes, consultar Colosimo e Giolo (2006).

Em relação à estimação da função de risco dada pelo Modelo de Cox, pressupõe-se que os riscos sejam proporcionais (COLOSIMO; GIOLO, 2006), sendo tal verificação realizada por meio dos Resíduos de Schoenfeld (1982). Assim, se o  $i$ -ésimo indivíduo com vetor de covariáveis  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$  é observado falhar, tem-se para ele um vetor de resíduos de Schoenfeld  $r_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ip})$ . Cada componente  $r_{iq}$ , para  $q = 1, \dots, p$ , é definido conforme (5):

$$r_{iq} = \frac{\sum_{j \in R(t_i)} x_{jq} \exp\{x'_j \hat{\beta}\}}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp\{x'_j \hat{\beta}\}}, \quad (5)$$

Sendo  $\hat{\beta}$  o estimador do vetor de coeficientes;  $R(t_i)$  é o conjunto dos índices das observações sob risco no tempo  $t_i$ . Assim, os resíduos são definidos para cada falha, mas não são definidos para censuras. Para cada uma das  $p$  covariáveis consideradas, tem-se, para o indivíduo  $i$ , um correspondente resíduo de Schoenfeld.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados de acordo com a metodologia citada, segmentados: análise descritiva, análise de sobrevivência na ausência de riscos competitivos e análise de sobrevivência na presença de riscos competitivos.

#### 4.1 Análise Descritiva

Dos 2855 colaboradores investigados entre 2015 e 2018, 283 (9,91% do total) se acidentaram. A ocorrência de acidentes é disposta por nível de variável categórica na Tabela 1.

Tabela 1 - Frequência de acidentes por nível de variável categórica, 2015-2018, empresa anônima

| Status          | Sexo        |               |
|-----------------|-------------|---------------|
|                 | Feminino    | Masculino     |
| Não acidentados | 239 (8,37%) | 2333 (81,72%) |
| Acidentados     | 11 (0,39%)  | 272 (9,53%)   |

| Status          | Função        |              |
|-----------------|---------------|--------------|
|                 | Externo       | Interno      |
| Não acidentados | 2043 (71,56%) | 529 (18,53%) |
| Acidentados     | 270 (9,46%)   | 13 (0,46%)   |

| Status          | Afastamento |             |               |
|-----------------|-------------|-------------|---------------|
|                 | Não         | Sim         | Sem Acidente  |
| Não acidentados | 0 (0%)      | 0 (0%)      | 2572 (90,09%) |
| Acidentados     | 20 (0,70%)  | 109 (3,82%) | 0 (0%)        |

| Status          | Custo             |                        |
|-----------------|-------------------|------------------------|
|                 | Maior que a média | Menor ou igual a média |
| Não acidentados | 0 (0%)            | 2572 (90,09%)          |
| Acidentados     | 20 (0,70%)        | 263 (9,21%)            |

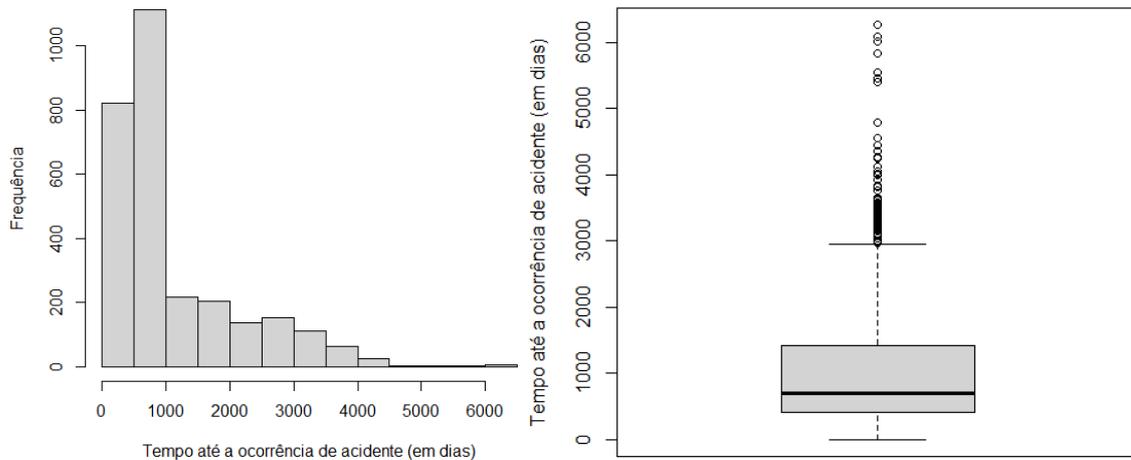
  

| Status          | Origem     |            |            |            |             |               |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|-------------|---------------|
|                 | Agressão   | Elétrico   | Outros     | Queda      | Trânsito    | Sem acidente  |
| Não acidentados | 0 (0%)     | 0 (0%)     | 0 (0%)     | 0 (0%)     | 0 (0%)      | 2572 (90,09%) |
| Acidentados     | 29 (1,02%) | 61 (2,14%) | 16 (0,56%) | 68 (2,38%) | 109 (3,82%) | 0 (0%)        |

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

Assim, constata-se a prevalência de colaboradores do sexo masculino (conforme (MARTINEZ; LATORRE, 2008), que exercem funções externas, acidentados no trânsito, necessitados de afastamento e que geram custo menor ou igual ao custo médio.

Figura 4 - Histograma e boxplot do tempo até a ocorrência do acidente (em dias)



Fonte: elaborado pelos autores (2020)

A Figura 4 exibe graficamente informações (em dias) relativas à tendência central e dispersão do tempo até a ocorrência do acidente (falha). Percebe-se que a distribuição do referido tempo é assimétrica e se concentra a esquerda, ou seja, a maior parte dos funcionários acidentados se acidenta em tempos de acompanhamentos menores.

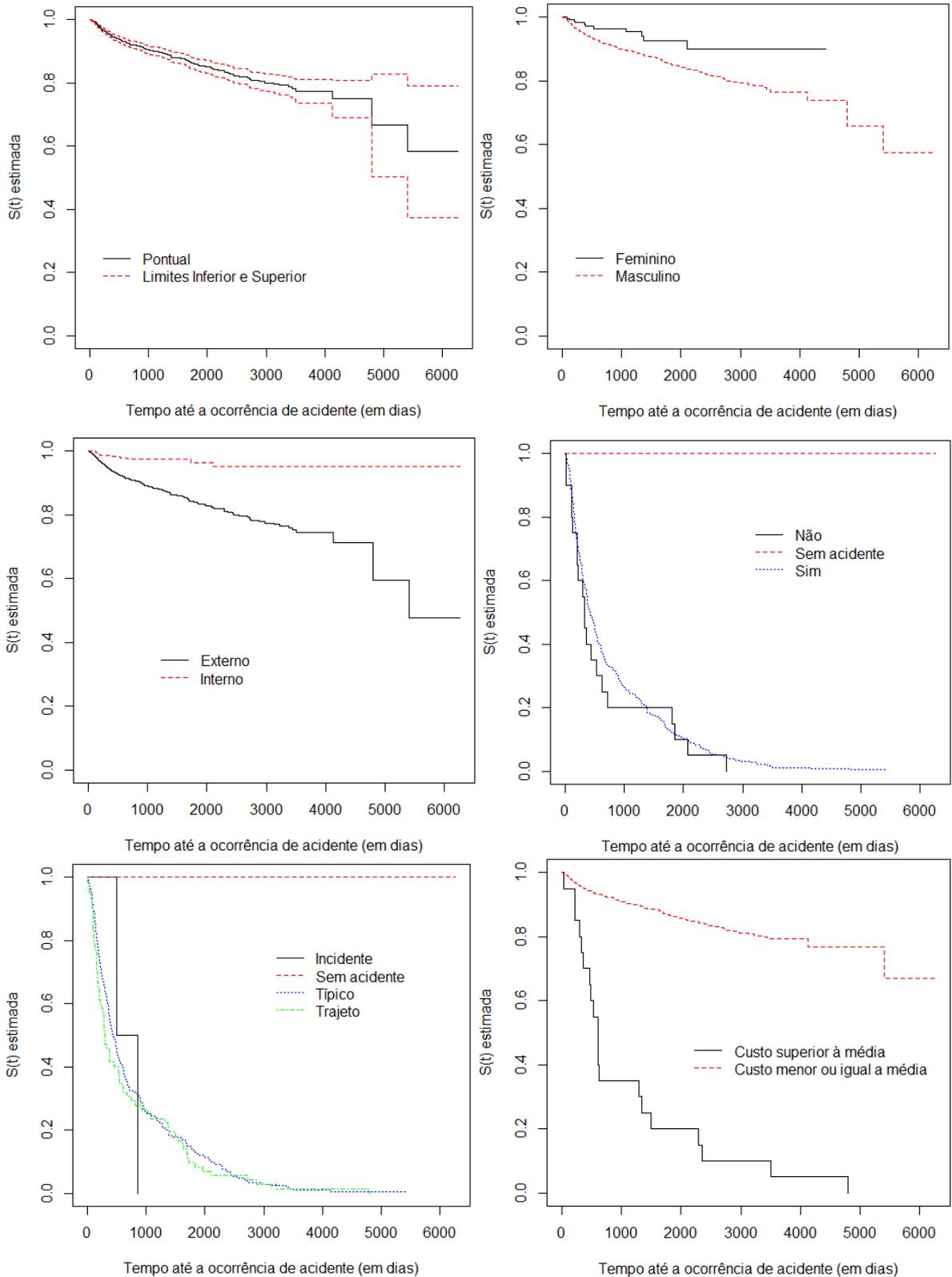
#### 4.2 Análise de sobrevivência na ausência de riscos competitivos

Inicialmente, apresentam-se na Figura 5 as estimativas, geral e por covariável, da função de sobrevivência conforme indicado pelo estimador não paramétrico de Kaplan Meier.

De acordo com a Figura 5, há indícios de que as funções de sobrevivência se difiram entre as categorias comparadas. Para confirmação de tais suspeitas, realiza-se, complementarmente, o teste de logrank, conforme Tabela 2.

Por meio do valor  $p$  é possível rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) de que não há diferença entre as curvas de sobrevivência comparadas, ou seja, as curvas são estatisticamente diferentes para as cinco variáveis estudadas. Isso significa que as sobrevivências estimadas para os sexos feminino e masculino são diferentes; que as sobrevivências estimadas para as funções externa e interna são diferentes; que existe alguma diferença entre as sobrevivências estimadas para os níveis de afastamento, provavelmente “sem acidente”; que existe alguma diferença entre as sobrevivências estimadas para os níveis de tipo de acidente, provavelmente “sem acidente”; que as sobrevivências estimadas para os custos acima e abaixo da média são diferentes.

Figura 5 - Funções de sobrevivência estimadas e referentes à ocorrência de acidente no trabalho, da esquerda para a direita, de cima para baixo: geral, por sexo, função, afastamento, tipo de acidente e custo



Fonte: elaborado pelos autores (2020)

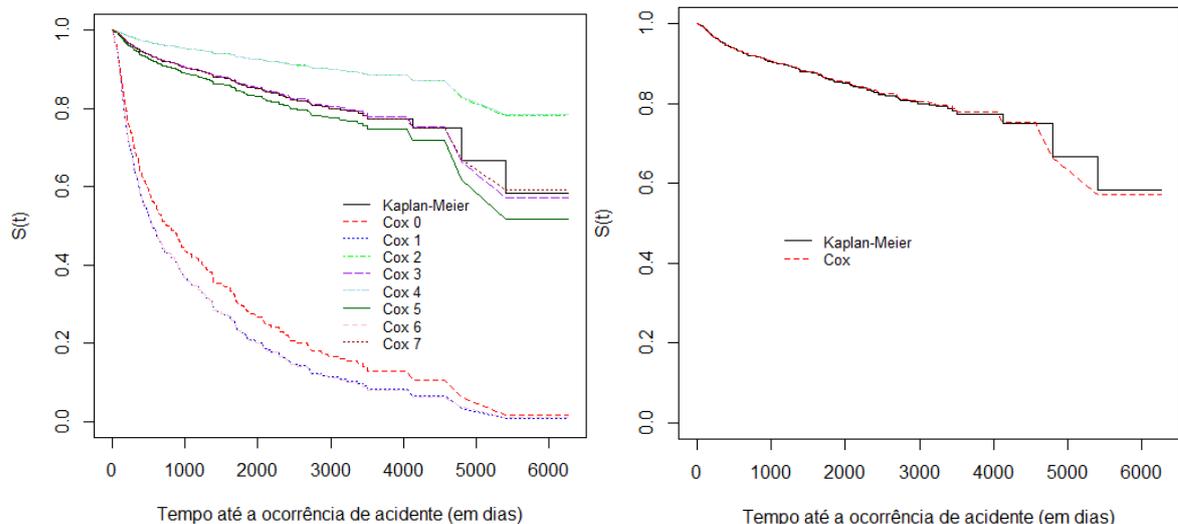
Tabela 2 - Resultados do teste logrank

| Covariáveis      | Valor p |
|------------------|---------|
| Sexo             | 0,009   |
| Função           | <0,0001 |
| Afastamento      | <0,0001 |
| Tipo de acidente | <0,0001 |
| Custo            | <0,0001 |

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

Em seguida, apresentam-se os resultados referentes ao ajuste semiparamétrico de Cox, com o intuito de estimar, levando-se em conta o efeito de seis covariáveis (sexo, função, afastamento, tipo de acidente e custo), a função de risco associada à ocorrência do acidente no trabalho. Realizaram-se diversos ajustes de Cox por meio da combinação dessas covariáveis e a Figura 6 apresenta as curvas de sobrevivência estimadas por cada um desses modelos, confrontados pela curva de sobrevivência estimada pelo estimador de Kaplan-Meier.

Figura 6 - Curvas de sobrevivência estimada Cox versus Curva de sobrevivência estimada por Kaplan-Meier



Fonte: elaborado pelos autores (2020)

O modelo de Cox selecionado é aquele que mais se aproxima das estimativas dadas por Kaplan-Meier. Neste caso, tem-se que a função do colaborador é a variável que melhor explica o tempo até a ocorrência do acidente. Aqueles que exercem funções internas apresentam riscos significativos (ao nível de significância de 5%) menores em 76,21% de se acidentarem quando comparados aos que exercem funções externas. Além disso, os homens apresentam riscos não significativos maiores em 17,75% de se acidentarem quando comparados às mulheres. O teste de Schoenfeld para o modelo (global), bem como para cada covariável, não rejeitou a hipótese nula de proporcionalidade de riscos exigida, dado que os valores p foram todos superiores a 5%.

### 4.3 Análise de sobrevivência na presença de riscos competitivos

Quando existem riscos competitivos, observa-se o tempo até a ocorrência do evento de interesse por uma causa específica, ou seja, diferentemente da análise anterior, em que se observou o tempo até a ocorrência do acidente no trabalho, aqui se observam cinco tempos: a) o tempo até ocorrência de acidente no trabalho provocado por queda; b) o tempo até ocorrência de acidente no trabalho provocado por trânsito; c) o tempo até ocorrência de acidente no trabalho provocado por causa elétrico-eletromecânica; d) o tempo até ocorrência de acidente no trabalho provocado por ataque de animal; e) o tempo até ocorrência de acidente no trabalho provocado por outras causas.

A fim de analisar o efeito de quatro covariáveis (sexo, função, custo e afastamento) sobre os referidos riscos, apresenta-se a Tabelas 3.

Tabela 3 - Efeito do sexo, da função, do custo e do afastamento sobre as causas específicas de acidentes

| Causa do acidente       | Sexo Masculino | Função Interna | Custo $\leq$ Média | Afastamento Sim       | Afastamento Sem acidente |
|-------------------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| Queda                   | 1,4306         | 0,0701*        | 0,0926*            | $7,72 \times 10^{-1}$ | $1,64 \times 10^{-10}$   |
| Trânsito                | -              | -              | -                  | -                     | -                        |
| Elétrico-Eletromecânico | -              | -              | -                  | -                     | -                        |
| Agressão                | -              | -              | -                  | -                     | -                        |
| Outras causas           | 1,3579         | 0,3157         | $3,3 \times 10^6$  | $5,01 \times 10^{-1}$ | $3,49 \times 10^{-10}$   |

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

Da visualização referente à Tabela 3, observa-se que se estimaram efeitos das covariáveis apenas para as causas queda e outras causas.

Em relação à queda, apenas os efeitos redutores em 92,99% da função interna em relação à função externa, bem como os efeitos redutores dos custos iguais ou inferiores à média em relação aos custos superiores à média, são significativos, dado que seus valores p são menores que 5%. Noutros termos, sexo e tipo de afastamento não geram efeitos significativos sobre o risco de acidente provocado por queda.

Em relação a outras causas, nenhuma das covariáveis apresentou efeito significativo sobre o risco de acidentar-se por outras coisas, já que os valores p foram todas maiores que 5%.

Não foram estimados efeitos das covariáveis sobre os riscos específicos por causa trânsito, elétrico-eletromecânico e agressão por causa da baixa frequência do sexo feminino, da função interna, do custo superior à média e do nível não houve afastamento.

Assim, encerra-se a seção de resultados destacando-se que foram os riscos estimados por causa específica obedeceram à premissa de proporcionalidade dos riscos, dado que seus valores p, global e por covariável, foram maiores que 5%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou o tempo até a ocorrência de acidente no trabalho por meio de modelos de sobrevivência aplicados aos dados de colaboradores vinculados a uma companhia elétrica paraibana.

Assim, foi possível observar que o tempo até a ocorrência de acidente no trabalho possui distribuição assimétrica e ocorre em maior parte em tempos de acompanhamentos menores.

Identificou-se que a maior parte dos acidentados é composta por colaboradores do sexo masculino, que exercem funções externas, que se acidentam no trânsito, necessitam de afastamento e geram custo menor ou igual ao custo médio.

Ainda, que a covariável que melhor explica o comportamento do tempo até a ocorrência do acidente é a função do colaborador. Ademais, constata-se a existência de efeitos significativos da função do colaborador e do custo decorrente do acidente sobre o risco de acidentar-se por queda e por outras causas.

Sugere-se para estudos futuros a utilização de modelos de longa duração, dadas evidências de que função de sobrevivência em questão é imprópria.

Conforme Martinez e Latorre (2008), o trabalho no setor elétrico é caracterizado pela existência de demandas físicas e mentais, coexistindo riscos à saúde e segurança dos trabalhadores que são de origem elétrica, mecânica, biológica, física, biomecânica e psicossocial. Para a diminuição de exposição ao risco, as empresas necessitam investir em programas de prevenção sob a perspectiva da diminuição dos riscos. Nesse ínterim, espera-se que, apesar das limitações, a presente pesquisa tenha contribuído para o aprimoramento de estudos relacionados à mensuração de riscos e minimização de acidentes no trabalho, gerando subsídios para que o ambiente de trabalho se torne mais seguro, produtivo e harmonioso.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ildeberto Muniz de. A Gestão Cognitiva da Atividade e a Análise de Acidentes do Trabalho. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, Belo Horizonte, v. 2, n. 4, p. 275-282, jan. 2004. Trimestral.

BATISTA, Adriana Galdino; SANTANA, Vilma Sousa; FERRITE, Silvia. Registro de dados sobre acidentes de trabalho fatais em sistemas de informação no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 24, n. 3, p. 693-704, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO).

BEYERSMANN, J.; ALLIGNOL, A.; SCHUMACHER, M. **Competing Risks and Multistate Models with R**. New York: Springer, 2012. 245p.

BRASIL. **Notificações de Acidentes do Trabalho fatais, graves e com crianças e adolescentes**. 2006. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/06\\_0442\\_M.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/06_0442_M.pdf). Acesso em: 10 set. 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Bem-vindo à ANEEL!**. 2019. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/a-aneel>. Acesso em: 11 ago. 2019.

CARVALHO, Marília Sá. **Análise de sobrevivência: teoria e aplicações em saúde**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2011. 432p.

COLOSIMO, Enrico Antônio; GIOLO, Suelly Ruiz. **Análise de sobrevivência aplicada**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006. 176p.

COSTELLA, Marcelo Fabiano. **Análise dos acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade de construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997**. 1999. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ECHTERNACHT, Eliza H. O.; CASTRO, Marcelle La Guardia Lara de. **Precariedade e gestão dos riscos de acidentes no trabalho: a terceirização no setor elétrico**. *Revista Brasileira de Ergonomia*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p.91-98, 09 ago. 2019.

MALVESTIO, Marisa Aparecida Amaro; SOUSA, Regina Marcia Cardoso de. **Sobrevivência após acidentes de trânsito: impacto das variáveis clínicas e pré-hospitalares**. *Rev. Saúde Pública* [online]. 2008, vol. 42, n. 4, pp. 639-647. ISSN 0034-8910.

MARTINEZ, Maria Carmen; LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira. **Fatores associados à capacidade para o trabalho de trabalhadores do Setor Elétrico**. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 25, p.761-772, abr. 2009. Disponível em: [https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0102-311X2009000400007&script=sci\\_abstract#back](https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0102-311X2009000400007&script=sci_abstract#back). Acesso em: 06 set. 2019.

NAPOLITANO, Domingos; FERREIRA, Ricardo Pinto; SASSI, Andréa Martiniano da Silva; Renato José. **Modelagem preditiva de riscos de acidentes no trabalho: uma aplicação da regressão de Poisson**. *Postal Brasil: Revista Técnico-científica dos Correios, Brasil*, v. 1, n. 1, p.1-9, jan. 2016. Trimestral.

PONTES, Juliana Araújo Silva. **Estimativa do Tempo de Contrato Futuro Para Clientes Residenciais de Energia Elétrica do Rio Grande**. 2017. 156 f. Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Atuariais, Departamento de Demografia e Ciências Atuariais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. 2016. Disponível: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 01 ago. 2019.

REASON, James. **Managing the risks of organizational accidents**. London: Routledge, 1997. 272p.

SAURIN, Tarcísio Abreu; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Segurança no trabalho em um canteiro de obras: percepções dos operários e da gerência**. *Production*, [s.l.], v. 10, n. 1, p.05-17, jun. 2000. FapUNIFESP (SciELO).

THERNEAU, T. **A package for survival analysis in S**. n. 38, p. 1-5, 2015.