

**Eixo Temático: Estratégia e Internacionalização de Empresas**

**UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ACIDENTES DO TRABALHO REGISTRADOS  
NO RIO GRANDE DO SUL COMO SUBSÍDIO PARA O DESENVOLVIMENTO DE  
POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À SUSTENTABILIDADE**

**A STATISTICAL ANALYSIS OF THE LABOUR ACCIDENTS RECORDED IN RIO  
GRANDE DO SUL AS A SUBSIDY FOR THE PUBLIC POLICIES DEVELOPMENT  
AIMING THE SUSTAINABILITY**

William Jacobs e Roselaine Ruviano Zanini

**RESUMO**

Os acidentes do trabalho são classificados e quantificados conforme o seguinte: acidente típico; de trajeto; e, doença do trabalho. Este estudo teve como objetivo realizar uma análise dos dados, bem como modelar e prever as respectivas séries das variáveis supracitadas, com base em dados mensais de 1999 a 2010, demonstrando o panorama do Rio Grande do Sul quanto aos acidentes do trabalho ocorridos. O artigo é conduzido através de um estudo de modelagem quanto aos procedimentos, aplicado quanto à natureza, descritivo quanto aos objetivos e quantitativo quanto à abordagem. Os resultados mostraram a seguinte proporção, respectivamente: 83,4%, 11,3%, e, 5,3%; do número de acidentes do trabalho registrados no Estado. Foram comparados os índices *per capita* médio dos acidentes ocorridos no Estado em relação aos índices nacionais e, verificou-se que há diferença significativa nas variáveis típico e doenças. Verificou-se que, grande parte dos acidentes típicos e de trajeto estão relacionados à faixa etária dos 20 a 29 anos, gênero masculino. Quanto ao número de doenças do trabalho, verificou-se que a maior parte das ocorrências estão relacionadas a faixa etária de 35 a 39 anos. Por fim, destaca-se que os modelos desenvolvidos apresentaram adequada capacidade preditiva para todas as variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** Acidentes do trabalho, Análise de séries temporais, Modelagem de séries temporais do número de acidentes do trabalho.

**ABSTRACT**

The labour accidents are classified and quantified according to the following: typical accident; on-course; and, labour disease. This study aimed at analyzing the data, as well as modeling and forecasting the respective series of the above mentioned variable, based on monthly data from 1999 to 2010. The article is conducted through a study of modeling regarding to the procedures, applied regarding to the nature, descriptive regarding to the objectives and quantitative about its approach. The results showed the following proportion, respectively: 83,4%, 11,3%, and, 5,3%; of the labour accidents recorded in the State. There were compared the average indexes per capita of the accidents that occurred in the State in relation to the national indexes and, there was verified that there is a significant difference in the variable typical and diseases. There was verified that a great part of the typical and on-course accidents are related to the age group from 20 to 29 years old, male genre. Regarding to the number of labour diseases, there was verified that the most occurrences are related to the age group from 35 to 39 years old. Finally, there is highlighted that the developed models presented suitable predictive capacity for all analysed variables.

**Keywords:** Labour accidents, Analysis of time series, Modeling of time series of the number of labour accidents.

## 1. INTRODUÇÃO

Os números de acidentes do trabalho ocorridos são indicadores de saúde dos trabalhadores e permitem uma avaliação das relações entre o homem e o ambiente onde ele exerce o seu trabalho (CORREA; ASSUNÇÃO, 2003). O estudo sistemático e abrangente desses dados proporciona informações de suma importância para o desenvolvimento de políticas públicas, possibilitando o planejamento das ações de maior relevância para a redução do número de acidentados e das extensões dos danos.

A sustentabilidade é um conceito fundamental para o desenvolvimento das ações governamentais. Tal conceito está atrelado ao desenvolvimento de políticas e ações que considerem três dimensões: a econômica, a ambiental e a social (VAN BELLEN, 2004). A dimensão econômica está ligada às atividades que provêm renda para as pessoas, importantes para o seu mantimento e desenvolvimento como membros de uma sociedade. A dimensão ambiental estimula os governos, organizações e sociedade, a considerarem o impacto ambiental causado por suas atividades, promovendo ações para neutralizá-los e/ou reduzi-los. Já a dimensão social, onde principalmente enquadra-se esse estudo, consiste na necessidade que o ser humano possui para o desenvolvimento de atividades que agreguem valor para a sociedade em que se encontra, ou seja, o trabalho (ALMEIDA, 2002).

Um importante indicador para o desenvolvimento de ações e políticas públicas que vão de encontro ao conceito de sustentabilidade, é o número de acidentes do trabalho e os gastos para o tratamento desses. Nesse contexto, diante do atual cenário previdenciário do país, torna-se evidente a premência por políticas públicas voltadas à prevenção e proteção contra os riscos das atividades laborais. Segundo o Ministério da Previdência Social, o pagamento de benefícios devido a acidentes e doenças do trabalho, somado ao pagamento das aposentadorias especiais (decorrente das condições de trabalho), em 2009, pelo INSS, é da ordem de R\$ 14,2 bilhões/ano. Além disso, as despesas do INSS como custo operacional e despesas na área de saúde e afins, o valor atinge os R\$ 56,8 bilhões/ano (MPAS, 2013a).

Neste sentido, torna-se fundamental o desenvolvimento de estudos que analisem numericamente e estatisticamente a situação dos acidentes do trabalho no Brasil e em seus Estados. O presente trabalho é desenvolvido com base nos dados de acidentes do trabalho do Estado do Rio Grande do Sul (RS), que é um Estado que gera um PIB de US\$ 90 bilhões, sendo o maior produtor de grãos e o segundo maior polo comercial e industrial nacional (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2013).

O estudo teve como objetivo realizar uma análise dos números e índices de acidentes do trabalho no RS e prever valores futuros para cada tipo. Para tanto, foi dividido em duas etapas: a realização da análise descritiva e comparativa (Seção 5.1); e, a modelagem e previsão das séries temporais por meio dos modelos de Holt-Winters (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998) (Seção 5.2). A limitação do estudo é que a análise é composta somente por dados registrados no sistema de Comunicação de Acidente do Trabalho da Previdência Social. Uma das limitações deste sistema é que os dados restringem-se somente aos trabalhadores inseridos na força de trabalho formal, ainda, sendo excluídas as seguintes classes: funcionários públicos civis e militares, trabalhadores autônomos, domésticos, liberais, dirigentes de micro, pequenas, médias e grandes empresas (CORREA; ASSUNÇÃO, 2003).

## **2. ACIDENTE DO TRABALHO**

Acidente do trabalho é um tema regido pela Lei número 8.213/91, que dispõe sobre o Plano de Benefícios da Previdência Social. Conforme a Lei, “acidente do trabalho é aquele que ocorre no exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho”.

O Ministério da Previdência Social destaca que é considerado acidente do trabalho, a doença profissional e a doença do trabalho. Além de, equiparar-se também ao acidente do trabalho, “o acidente ligado ao trabalho que, embora não tenha sido a causa única, haja contribuído diretamente para a ocorrência da lesão” (LEI 8.213, 1991).

O instrumento oficial de registro de acidentes do trabalho no Brasil é denominado Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT). A CAT e os benefícios dela decorrentes são registrados no banco de dados da empresa de processamento de dados da Previdência Social, o Dataprev. Esses registros permitem a elaboração de relatórios dos registros compilados no Boletim Estatístico de Acidentes de Trabalho e no Anuário Estatístico da Previdência Social (CORREA; ASSUNÇÃO, 2003).

A CAT foi um documento legal previsto inicialmente na Lei número 5.316/67, com todas as alterações ocorridas posteriormente até a Lei número 9.032/95, regulamentada pelo Decreto número 2.172/97. As informações contidas no documento são a base para o desenvolvimento de políticas nas áreas previdenciária, estatística, epidemiológica, trabalhista e social (CAT, 2013).

Conforme a legislação, os acidentes do trabalho são eventos de notificação compulsória mediante a CAT. São notificados pela CAT os acidentes típicos, os acidentes de trajeto e as doenças do trabalho. A CAT é emitida pela empresa ao qual o trabalhador esteja vinculado, porém, caso seja necessário, poderá ser feito pelos serviços de saúde, sindicatos, ou pelo próprio trabalhador quando aquela se recusar a emitir (FILHO, 1999).

Por acidente típico, de trajeto e doença do trabalho, entende-se o seguinte: acidente típico é aquele que ocorre no desenvolvimento do trabalho no ambiente da empresa ou a serviço desta; acidente de trajeto é aquele que ocorre no percurso da residência para a empresa e vice-versa; e, doença do trabalho é aquela adquirida em função de condições especiais em que o trabalho é realizado (MPAS, 2013b). A doença profissional, por sua vez, é aquela produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada atividade e constante de relação elaborada pelo Ministério do Trabalho e da Previdência Social (LEI 8.213, 1991).

A Lei número 8.213/91, em seu artigo 20, parágrafo 1, ressalta que não são consideradas doença do trabalho as seguintes situações: a doença degenerativa; aquela inerente a grupo etário; aquela que não produza incapacidade laborativa; e, as doenças endêmicas adquirida por segurado habitante de determinada região ao qual esta se desenvolva.

Na Seção 3 são apresentados os modelos de suavização exponencial, originários da década de 40 em virtude dos estudos realizados por Brown, Holt e Winters (FELICIANO, 2009). São conhecidos por essa denominação em função de aplicarem um conjunto de pesos desiguais (que decaem exponencialmente) aos valores passados da série temporal (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Os modelos a seguir apresentados, são aqueles utilizados para a modelagem e previsão das séries temporais.

## **3. MODELOS DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL**

Os modelos de Holt e de Holt-Winters, ou modelos de suavização exponencial, são técnicas para a modelagem e previsão de séries temporais, que se baseiam na abordagem determinística, podendo ser tanto por combinação aditiva quanto por combinação

multiplicativa (FAVA, 2000; MORETTIN; TOLOI, 2006). Por combinação aditiva e combinação multiplicativa, entende-se a forma da combinação dos componentes da série temporal, que são: tendência, ciclo ou nível, sazonalidade (e o erro aleatório). Quando somados estes componentes, tem-se a combinação aditiva e, quando multiplicados, a combinação multiplicativa (FAVA, 2000).

Uma característica comum a todos os modelos da classe de suavização exponencial, é a presença de alguns coeficientes de suavização:  $\alpha$  e  $\beta$ , existentes nos modelos de Holt e de Holt-Winters; e  $\gamma$ , existente nos modelos de Holt-Winters. A obtenção do vetor mais apropriado pode ser dada por meio da minimização da soma dos erros quadráticos de ajustamento de um modelo de regressão linear (MORETTIN; TOLOI, 2006; ALLEMÃO, 2004). Na seção 3.1 e 3.2, são conceituados os modelos de Holt e de Holt-Winters (aditivo e multiplicativo), respectivamente, e apresentadas suas respectivas equações.

### 3.1 Modelos de suavização exponencial de Holt

São modelos utilizados satisfatoriamente em séries temporais que apresentam tendência de crescimento linear (ALLEMÃO, 2004). A Equação 1 apresenta o modelo para cálculo do componente nível; a Equação 2 apresenta o modelo para cálculo do componente tendência; e, a Equação 3 apresenta o modelo para a previsão pontual da série temporal (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$

$$\hat{y}_{t+k} = L_t + kT_t \quad (3)$$

A descrição dos símbolos apresentados nos modelos matemáticos encontra-se após a apresentação de todos os modelos utilizados no presente estudo.

### 3.2 Modelos de suavização exponencial de Holt-Winters

A diferença básica entre os modelos de Holt e os modelos de Holt-Winters, é que o segundo, além do nível e da tendência, decompõe e modela a série temporal também na sazonalidade (PELLEGRINI, 2000). Quanto à sazonalidade, a forma como essa varia ao longo do tempo é uma premissa importante que distingue o modelo de Holt-Winters aditivo, do modelo de Holt-Winters multiplicativo. Para a utilização do modelo aditivo, parte-se do pressuposto que a amplitude da variação sazonal permanece constante ao longo do tempo. Do contrário, para a utilização do modelo multiplicativo, parte-se do pressuposto que a amplitude da variação sazonal varie ao longo do tempo (ALLEMÃO, 2004; PELLEGRINI, 2000).

Os modelos de Holt-Winters são utilizados satisfatoriamente em séries temporais que apresentam tendência de crescimento linear e sazonalidade constante ao longo do tempo (ALLEMÃO, 2004). A Equação 4 apresenta o modelo para cálculo do componente nível; a Equação 5 apresenta o modelo para cálculo do componente tendência; a Equação 6 apresenta o modelo para cálculo do componente sazonalidade; e, a Equação 7 apresenta o modelo para a previsão da série temporal (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5)$$

$$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (6)$$

$$\hat{y}_{t+k} = L_t + kT_t + S_{t-s+k} \quad (7)$$

Já os modelos de Holt-Winters multiplicativo são modelos utilizados satisfatoriamente em séries temporais que apresentam tendência de crescimento linear e sazonalidade variando ao longo do tempo (ALLEMÃO, 2004), sendo essa última a diferença entre o primeiro e o

segundo. A Equação 8 apresenta o modelo para cálculo do componente nível; a Equação 9 apresenta o modelo para cálculo do componente tendência; a Equação 10 apresenta o modelo para cálculo do componente sazonalidade; e, a Equação 11 apresenta o modelo para a previsão pontual da série temporal (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$L_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (8)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (9)$$

$$S_t = \gamma \frac{y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (10)$$

$$\hat{y}_{t+k} = (L_t + kT_t)S_{t-s+k} \quad (11)$$

### 3.3 Critérios de escolha do modelo que melhor descreve a série temporal

São utilizados três critérios para a escolha do modelo mais adequado: o critério informacional de Akaike (AIC), o *Mean Absolute Error* (MAE) e o *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). O critério AIC é um parâmetro para a escolha do modelo que melhor descreve a série temporal e com maior parcimônia (modelo com menor número de parâmetros possível). O modelo a ser escolhido é aquele que minimize a função dada pela Equação 12 (ENDERS, 2004).

$$AIC = n \log \left[ \frac{SQR}{(n - p)} \right] + 2p \quad (12)$$

O MAE é um indicador utilizado para descrever a *performance* média do erro do modelo utilizado ou desenvolvido. O modelo matemático do MAE é apresentado na Equação 13 (WILLMOTT; MATSUURA, 2005). Semelhantemente ao MAE, o MAPE também é um indicador utilizado para descrever a *performance* média do erro do modelo utilizado ou desenvolvido. Porém, o resultado obtido de seu cálculo é uma medida percentual, passível, dessa forma, de ser comparada com os resultados obtidos com a modelagem das outras séries temporais. O modelo matemático do MAPE é apresentado na Equação 14 (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (13)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{y_t} \right| 100 \quad (14)$$

Apresentados os modelos e os critérios de avaliação e escolha, a seguir são apresentadas a descrição da simbologia adotada nos modelos de Holt, nos modelos de Holt-Winters e nos critérios de escolha do modelo mais adequado para a série temporal (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Onde:

$L_t$ : nível da série temporal no período  $t$ ;

$L_{t-1}$ : nível da série temporal no período  $t-1$ ;

$T_t$ : tendência da série temporal no período  $t$ ;

$T_{t-1}$ : tendência da série temporal no período  $t-1$ ;

$S_t$ : sazonalidade da série temporal no período  $t$ ;

$S_{t-s}$ : sazonalidade da série temporal no período  $t-s$ ;

$S_{t-s+k}$ : sazonalidade da série temporal no período  $t-s+k$ ;

$SQR$ : soma dos quadrados dos resíduos;  
 $\alpha$ : coeficiente de suavização do nível da série;  
 $\beta$ : coeficiente de suavização da tendência da série;  
 $\gamma$ : coeficiente de suavização da tendência;  
 $e_t$ : erro aleatório no período  $t$ ;  
 $y_t$ : valor da série temporal no período  $t$ ;  
 $\hat{y}_{t+k}$ : valor previsto pelo modelo no período  $t+k$ ;  
 $k$ : índice referente ao número do período previsto;  
 $n$ : número de elementos da série temporal;  
 $p$ : número de parâmetros do modelo.

As informações apresentadas nessa seção, basicamente, são o que compõem a análise de séries temporais a serem apresentadas na Seção 5. Na Seção 4, seguinte, verifica-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo.

#### 4. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado utilizando como base o número de acidentes do trabalho ocorridos e registrados no Estado do RS, compreendidos no período de 1999 até 2010, registrados na AET Infolog do Ministério da Previdência Social (AET, 2013). A primeira etapa do trabalho consistiu em analisar as características de cada variável considerada: acidente típico, acidente de trajeto e doença do trabalho. As estatísticas descritivas utilizadas para tal análise foram as seguintes: média, desvio-padrão, coeficiente de variabilidade (CV), mínimo e máximo.

Para maior entendimento da magnitude dos dados obtidos, foram comparados os índices *per capita* de acidentes do trabalho do Estado do RS, com os índices *per capita* de acidentes do trabalho do Brasil, considerando a população economicamente ativa, semelhante ao desenvolvido por Filho (1999). A equação para o cálculo do índice *per capita* de acidentes do trabalho é apresentada na Equação 15.

$$IAT_i = \frac{AT_i}{PEA_i * 1000} \quad (15)$$

Onde:

$IAT_i$ : índice *per capita* de acidentes do trabalho no período  $i$ ;

$AT_i$ : número de acidentes do trabalho no período  $i$ ;

$PEA_i$ : população economicamente ativa no período  $i$  (PEA, 2013).

Os índices *per capita* de acidentes do trabalho foram obtidos com base em dados anuais, tendo em vista que os dados referentes à população economicamente ativa encontram-se indexados dessa forma (PEA, 2013).

A normalidade das variáveis, pressuposto básico para a utilização do teste de comparação de médias t de Student, foi verificada por meio do teste de Komolgorov-Smirnov. Como a realização do teste t presume conhecimento sobre o comportamento da variância, antes, foi realizado um teste F para verificação da situação de equivalência ou não de variâncias (RIBEIRO JÚNIOR, 2011). Todos os testes foram considerados a um nível de 5% de significância e as análises estatísticas foram realizadas com o *software* Statística 9.1.

A etapa seguinte consistiu em realizar a modelagem dos dados obtidos, com o objetivo de obter os valores previstos para cada uma das variáveis. Os modelos utilizados foram: Holt, Holt-Winters aditivo e Holt-Winters multiplicativo, conforme anteriormente apresentados e

justificados. Os critérios de escolha dos modelos foram: o AIC, o MAE e o MAPE. Após a escolha do modelo mais adequado, o gráfico de ajustamento e previsão para cada uma das séries temporais é apresentado.

Esta seção abordou o processo de desenvolvimento do presente estudo. Na Seção 5, são apresentadas as análises descritivas dos dados de acidentes do trabalho obtidos na base de dados do Dataprev para o Estado do RS, além da modelagem e previsão (doze valores futuros) das séries consideradas.

## 5. RESULTADOS

A Seção 5 encontra-se subdividida em duas seções. A Seção 5.1 apresenta uma análise do número de acidentes ocorridos e registrados no Estado do RS, comparando-os com índices nacionais. A Seção 5.2 apresenta a modelagem dos dados históricos e a previsão dos valores futuros das séries temporais de cada uma das variáveis.

### 5.1 Análise dos acidentes do trabalho no RS

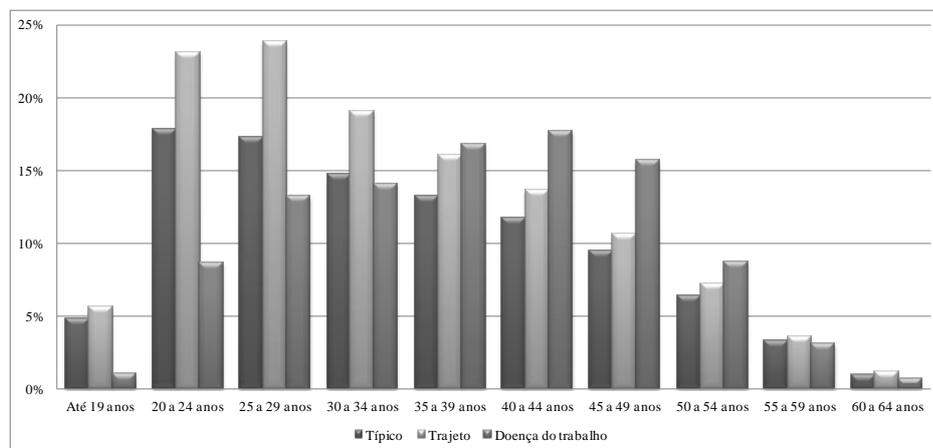
Esta seção tem como objetivo realizar a caracterização dos acidentes de trabalho ocorridos no Estado do RS. Para tanto, são apresentadas as estatísticas descritivas de cada uma das variáveis e um gráfico de colunas apresentando o percentual de ocorrência de cada tipo de acidente.

Todas as variáveis, acidente típico ( $p > 20$ ), acidente de trajeto ( $p > 20$ ) e doença do trabalho ( $p > 20$ ), foram consideradas normais. Na Tabela 1 podem ser observadas as estatísticas descritivas dos números de acidentes: típicos, de trajetos e doenças do trabalho.

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis em estudo

|               | Típico  | Trajeto | Doença |
|---------------|---------|---------|--------|
| Média         | 2.826,8 | 381,6   | 179,9  |
| Desvio-padrão | 303,7   | 103,8   | 49,5   |
| CV (%)        | 10,7    | 27,2    | 27,5   |
| Mínimo        | 1.859   | 178     | 76     |
| Máximo        | 3.649   | 580     | 315    |

Na Figura 1 observa-se a distribuição percentual de acidentes do trabalho registrados no Estado do RS, por faixa etária e tipo de acidente.



**Figura 1.** Gráfico dos tipos de acidentes estratificados por faixa etária.

Observa-se que entre os acidentes típicos mensais, 23,86% ocorreram com trabalhadores na faixa etária de 25 a 29 anos. Para os acidentes de trajeto, 17,89% ocorreram

entre trabalhadores de 20 a 24 anos. E, entre as doenças do trabalho registradas mensalmente, 17,74% ocorreram na faixa de 40 a 44 anos.

Observando a Figura 1, nota-se que o número relativo de acidentes de trajeto é maior entre trabalhadores de 20 a 29 anos de idade; sendo que, o número de acidentes de trajeto tende a reduzir à medida que a idade aumenta. Essa tendência também é observada entre os trabalhadores que sofreram acidente típico. Quanto às doenças do trabalho, como era esperado, o número de ocorrências aumenta a partir dos 40 anos, tendo em vista que nessa faixa etária, o contribuinte já esteve, possivelmente, exposto de forma demasiada a riscos ambientais.

Estratificando os dados quanto à faixa etária, tipo de acidente e gênero, observou-se como sendo as sete maiores ocorrências, em termos percentuais, para cada tipo e gênero, as seguintes: (i) 1,19% dos acidentes típicos ocorrem com pessoas do gênero masculino com 20 a 24 anos de idade; (ii) 1,12% dos acidentes de trajeto ocorrem com pessoas do gênero masculino com 20 a 24 anos de idade; (iii) 1,08% dos acidentes típicos ocorrem com pessoas do gênero masculino com 25 a 29 anos de idade; (iv) 1,07% dos acidentes de trajeto ocorrem com pessoas do gênero masculino com 25 a 29 anos de idade; (v) 0,90% dos acidentes típicos ocorrem com pessoas do gênero masculino com 30 a 34 anos de idade; (vi) 0,78% das doenças do trabalho ocorrem com pessoas do gênero feminino com 40 a 44 anos de idade; (vii) 0,69% das doenças do trabalho ocorrem com pessoas do gênero feminino com 40 a 44 anos de idade.

O fato é que as análises apresentadas não oferecem uma base para o conhecimento da dimensão do número de acidentes do trabalho no RS. Dessa forma, buscou-se um índice para a comparação da situação do RS com a situação do Brasil – o índice *per capita* de acidentes do trabalho (Equação 15), tendo em vista que o índice brasileiro representa a média do comportamento de todos os Estados.

Todos os índices foram considerados normais, tendo em vista que os p-valores para o teste Komolgorov-Smirnov foram superiores a 0,19, o que possibilitou a comparação dos valores médios de cada variável. Na Tabela 2 podem-se observar os resultados dos testes *F* (utilizado para testar a igualdade de variâncias, um dos pressupostos dos testes *t*), o p-valor do teste *t* e a média dos índices considerados para o RS e o Brasil.

Tabela 2 – Comparação de médias dos índices de acidentes do trabalho para RS e Brasil

|                    | Típico | Trajeto | Doença do trabalho |
|--------------------|--------|---------|--------------------|
| Média do Brasil    | 4,01   | 0,70    | 0,26               |
| Média do RS        | 5,72   | 0,78    | 0,37               |
| p-valor do teste F | p=0,41 | p=0,47  | p=0,21             |
| p-valor do teste t | p<0,01 | p=0,3*  | p<0,01             |

\* Não significativo a 5%

Com base nos resultados, verifica-se que há diferença significativa, ao nível de 5%, entre a média do índice do RS e do Brasil, tanto nos acidentes típicos quanto em doenças do trabalho. Nos acidentes do tipo trajeto, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre a média estadual e a nacional.

## 5.2 Modelagem e previsão das séries temporais dos acidentes do trabalho no RS

Esta seção apresentará a modelagem das séries temporais dos acidentes do trabalho ocorridos no RS. O objetivo da presente seção é o desenvolvimento de um modelo matemático com adequada capacidade preditiva dos valores futuros das séries temporais em estudo, permitindo a análise do comportamento futuro dos dados. Na Tabela 3 podem-se observar os principais resultados da modelagem do número de acidentes típicos, utilizando os modelos de suavização exponencial adotado.

Tabela 3 – Modelagem da série acidentes típicos

|                  | Holt  | Aditivo | Multiplicativo |
|------------------|-------|---------|----------------|
| A                | 0,243 | 0,243   | 0,411          |
| AIC              | 647,5 | 650,0   | 613,4          |
| MAE ajustamento  | 204,5 | 204,5   | 149,3          |
| MAE previsão     | 139,7 | 139,7   | 90,2           |
| MAPE ajustamento | 7,4   | 7,4     | 5,4            |
| MAPE previsão    | 5,0   | 5,0     | 3,4            |

O modelo que melhor descreveu a série temporal foi o de Holt-Winters multiplicativo. Tal modelo apresentou um MAPE de 5,4 para o conjunto de dados de ajustamento e um MAPE de 3,4 para o conjunto de dados de previsão, além de, apresentar o menor valor do critério de Akaike (AIC=613,4). Na Figura 2 observa-se o gráfico da modelagem e previsão da série temporal do número de acidentes típicos.

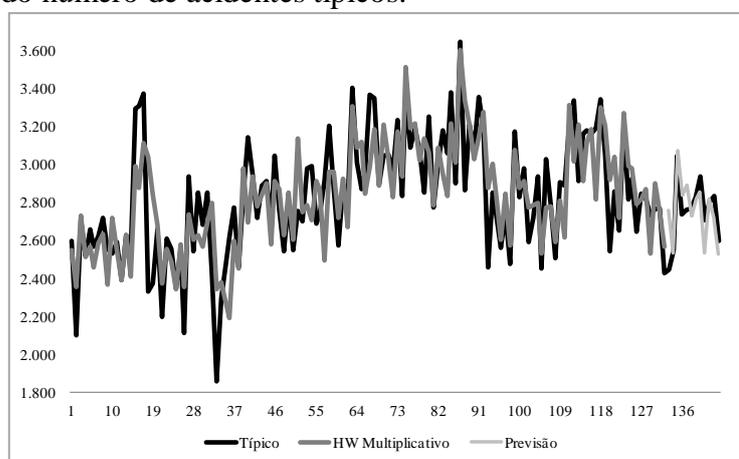


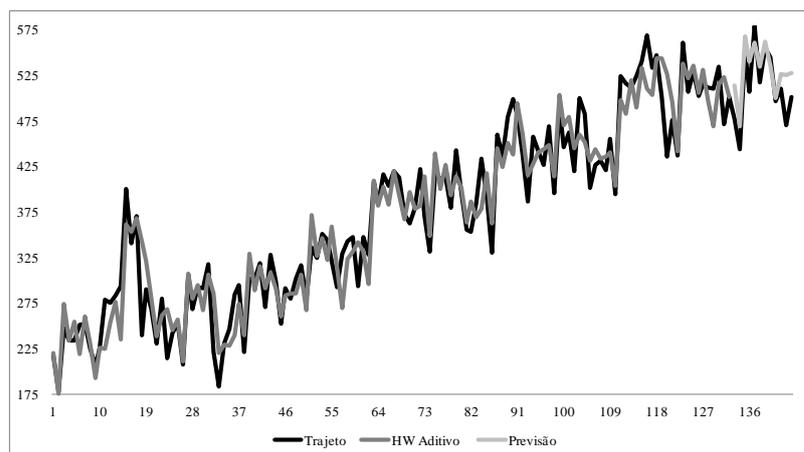
Figura 2. Modelagem do número de acidentes típicos no RS.

Na Tabela 4 pode-se observar o resultado da modelagem da série temporal do número de acidentes de trajeto, utilizando os modelos de suavização exponencial adotado.

Tabela 4 – Modelagem da série acidentes de trajeto

|                  | Holt  | Aditivo | Multiplicativo |
|------------------|-------|---------|----------------|
| $\alpha$         | 0,364 | 0,478   | 0,457          |
| AIC              | 428,8 | 388,4   | 392,4          |
| MAE ajustamento  | 32,0  | 21,1    | 21,6           |
| MAE previsão     | 33,2  | 22,0    | 24,8           |
| MAPE ajustamento | 9,4   | 6,1     | 6,2            |
| MAPE previsão    | 6,6   | 4,4     | 4,9            |

O modelo que melhor descreveu a série temporal foi o de Holt-Winters aditivo. Tal modelo apresentou um MAPE de 6,1 para o conjunto de dados de ajustamento e um MAPE de 4,4 para o conjunto de dados de previsão, além de, apresentar o menor valor do critério de Akaike (AIC=388,4). Na Figura 3 observa-se o gráfico da modelagem e previsão da série temporal do número de acidentes de trajeto.



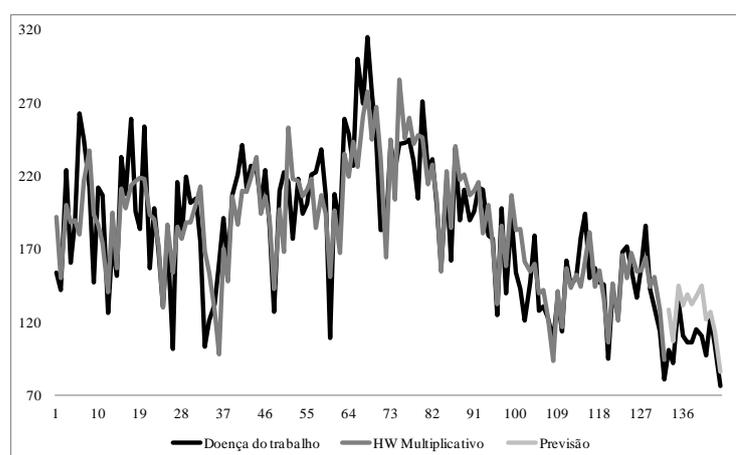
**Figura 3.** Modelagem do número de acidentes de trajeto no RS.

Na Tabela 5 verifica-se o resultado da modelagem da série temporal do número de doenças do trabalho, utilizando os modelos de suavização exponencial adotado.

**Tabela 5 – Modelagem da série doenças do trabalho**

|                  | Holt  | Aditivo | Multiplicativo |
|------------------|-------|---------|----------------|
| A                | 0,243 | 0,385   | 0,330          |
| AIC              | 420,0 | 420,0   | 379,1          |
| MAE ajustamento  | 28,9  | 28,9    | 19,7           |
| MAE previsão     | 20,8  | 20,8    | 19,9           |
| MAPE ajustamento | 17,1  | 17,1    | 11,1           |
| MAPE previsão    | 14,9  | 14,9    | 14,1           |

O modelo que melhor descreveu a série temporal foi o de Holt-Winters multiplicativo. Tal modelo apresentou um MAPE de 11,1 para o conjunto de dados de ajustamento e um MAPE de 14,1 para o conjunto de dados de previsão, além de, apresentar o menor valor do critério de Akaike (AIC=379,1). Na Figura 4 observa-se o gráfico da modelagem e previsão da série temporal do número de doenças do trabalho.



**Figura 4.** Modelagem do número de doenças do trabalho no RS.

Na Tabela 6, podem-se observar os resultados da previsão do número de acidentes típicos, de trajeto e de doenças do trabalho para os doze últimos valores das respectivas séries temporais, utilizando os modelos apresentados na Seção 5.2.

Tabela 6 – Previsão das séries temporais dos tipos de acidentes do trabalho

| Período | Típico | Trajetos | Doença |
|---------|--------|----------|--------|
| 1       | 2.845  | 521      | 134    |
| 2       | 2.550  | 451      | 109    |
| 3       | 3.076  | 585      | 146    |
| 4       | 2.830  | 544      | 130    |
| 5       | 2.857  | 568      | 133    |
| 6       | 2.680  | 535      | 126    |
| 7       | 2.761  | 565      | 127    |
| 8       | 2.788  | 524      | 132    |
| 9       | 2.503  | 478      | 107    |
| 10      | 2.767  | 514      | 106    |
| 11      | 2.673  | 503      | 96     |
| 12      | 2.467  | 505      | 72     |

Quanto à taxa de variação das séries temporais modeladas, observaram-se as situações a seguir descritas: (i) tendência de crescimento linear no número de acidentes típicos, ou,  $\beta=2,089$  ( $p<0,001$ ); (ii) tendência de crescimento linear no número de acidentes de trajeto, ou,  $\beta=2,276$  ( $p<0,001$ ); (iii) tendência de decrescimento linear no número de doenças do trabalho, ou,  $\beta=-0,546$  ( $p<0,001$ ).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo realizar uma análise descritiva e comparativa, além de realizar a modelagem das séries temporais do número de acidentes típicos, acidentes de trajeto e número de doenças ocupacionais, considerando esses como indicadores das dimensões social e econômica no contexto do desenvolvimento sustentável.

Constatou-se que do número total de acidentes ocorridos, 83,43% correspondem aos acidentes típicos, 11,26% correspondem aos acidentes de trajeto e, 5,31% correspondem às doenças do trabalho. Além disso, verificou-se que tanto no número de acidentes típicos quanto no número de acidentes de trajeto, há tendência de crescimento nas séries temporais. O contrário se verificou para o número de doenças do trabalho, que apresentou uma tendência de decrescimento linear para o Estado do Rio Grande do Sul.

Do número total de acidentes típicos e acidentes de trajeto, verificou-se que a maioria ocorreu com homens de 20 a 29 anos de idade. Quanto ao número de doenças devido ao trabalho, verificou-se que a maior parte das ocorrências estão relacionadas a faixa etária de 35 a 49 anos. Constatou-se também, que há diferenças significativas no índice *per capita* de acidentes típicos e de doenças do trabalho, em comparação aos índices nacionais. O índice *per capita* de acidentes típicos do RS é aproximadamente 42,7% maior que o respectivo nacional. Já o índice *per capita* de doenças do trabalho é 42,3% maior que o respectivo nacional. O índice *per capita* de acidentes de trajeto não apresentou diferença estatisticamente significativa.

Conclui-se também que os modelos de Holt e de Holt-Winters apresentaram adequada capacidade preditiva para as respectivas séries temporais, considerando os critérios utilizados. Porém, como sugestão de pesquisa futura, sugere-se a realização de um estudo comparativo entre as unidades da federação com a utilização de índices de acidentes e doenças do trabalho, comparando esses resultados com indicadores buscados em outras nações. Também, sugere-se a utilização de técnicas mais sofisticadas de análise de séries temporais, tais como os modelos Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) e/ou os de redes neurais artificiais (MADDALA, 2003; KHASHEI; BIJARI, 2010).

## REFERÊNCIAS

- AET INFOLOG. **Base de dados históricos de acidentes do trabalho**. Disponível em: <http://www3.dataprev.gov.br/AEAT/greg/reg02/reg02.PHP>. Acessado em: 18/06/2013.
- ALLEMÃO, M. A. F. **Redes Neurais Aplicadas à Previsão de Demanda de Numerário em Agências Bancárias**. 2004. 247 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. 1 ed. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 2002.
- CAT. **Comunicação de Acidente de Trabalho**. Disponível em: <http://www.mps.gov.br/conteudoDinamico.php?id=297>. Acessado em: 16/06/2013.
- CORREA, P. R. L., ASSUNÇÃO, A. A. A subnotificação de mortes por acidentes de trabalho: estudo de três bancos de dados. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**. Vol. 12, número 4, p. 203-212, 2003.
- ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. 2 ed. United States of America: Ed. Wiley Series In Probability And Statistics, 2004, 466 p.
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Portal do Governo do Estado**. Disponível em: <http://www.estado.rs.gov.br/o-estado>. Acessado em: 16/06/2013.
- FAVA, V. L. **Análise de Séries de Tempo**. In: VASCONCELLOS, M. A. S.; ALVES, D. **Manual de econometria: nível intermediário**. São Paulo: Ed. Atlas, 2000.
- FELICIANO, R. A. **Uma proposta de gerenciamento integrado da demanda e distribuição, utilizando sistemas de apoio à decisão (SAD) com business intelligence (BI)**. 2009. 179 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- FILHO, V. W. Reestruturação produtiva e acidentes do trabalho no Brasil: estrutura e tendências. **Caderno de Saúde Pública**. Vol. 15, p. 41-51, 1999.
- KASHEI, M.; BIJARI, M. An artificial neural network (p,d,q) model for time series forecasting. **Expert Systems with applications**. Vol. 37, p. 479-489, 2010.
- LEI NÚMERO 8.213/91. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8213cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm). Acessado em: 05/07/2013.
- MADDALA, G. S. Introdução à Econometria. 3 ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2003, 345 p.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: Methods and Applications**. 3 ed. United States of America: Ed. Wiley & Sons, 1998, 642 p.
- MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. **Saúde e Segurança Ocupacional**. Disponível em: <http://www.mps.gov.br/conteudoDinamico.php?id=39>. Acesso em: 07 de julho de 2013.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2 ed. São Paulo/SP: Ed. Edgar Blüncher, 2006, 531 p.
- PEA. **População Economicamente Ativa**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pme\\_nova/defaulttab\\_hist.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pme_nova/defaulttab_hist.shtm). Acessado em: 04/02/2013.
- PELLEGRINI, F. **Metodologia Para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda**. 2001. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: Guia prático**. 1 ed. Viçosa/MG: Ed. UFV, 2011.
- VAN BELLEN, H. M. Sustainable development: presenting the main measurement methods. **Ambiente e Sociedade**. Vol. 7, número 1, p. 67-87, 2004.

WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**. Vol. 30, p. 79-82, 2005.