

# Processo de Poisson aplicado à incidência de temperaturas extremas prejudiciais à cultura de café no município de Machado-MG

Eleanderson Campos Eugênio Filho <sup>1</sup>

Deive Ciro de Oliveira <sup>2</sup>

## 1 Introdução

O Brasil, em termos de produção de café, ocupa posição privilegiada no cenário mundial, sendo o maior produtor. Em 2012 produziu cerca de 50,83 milhões de sacas, representando aproximadamente 35% da produção mundial de café (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2013). A importância do café para o Brasil pode ser explicada não somente pelos dados de produção, mas também pelas informações de consumo. Segundo Scholer (2013), os brasileiros consumiram, em 2006 e 2007, aproximadamente 14% do café produzido no mundo, menor quantidade apenas do que os americanos (17%), cenário este que tem se mantido constante.

Dentre todos os estados brasileiros produtores, o de Minas Gerais se destaca. Este estado ocupa o primeiro lugar no ranking nacional de produção de café e foi responsável, em 2012, por quase 70% da produção do país. Pode ainda se ressaltar a mesorregião do sul de Minas, pois sozinha, produziu em 2012, 673806 toneladas de café (22,18% da produção nacional). No plano regional, o município de Machado ocupa a sexta colocação no ranking de produção de café do sul de Minas, justificando desta forma, seu papel fundamental na produção e economia sul mineira. Juntamente à importância de Machado no cenário sul mineiro, deve ser considerado o papel da cultura para este município. O café se constitui como o principal produto na economia de Machado e é responsável por grande parte da geração de renda e emprego. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013)

O café é um produto chave para a economia brasileira, e é crucial que o seu cultivo se dê em condições ideais para garantir a qualidade final do produto, exigida pelos países compradores. Variáveis como temperatura do ar, precipitação e umidade relativa possuem participação decisiva na cafeicultura. A temperatura do ar pode acarretar danos ao café se não estiver em uma faixa ideal. Segundo Instituto Brasileiro do Café (1977 apud SANTOS, 1999, p. 5), a faixa de temperatura do ar ideal para o cultivo do café arábica se situa entre 19 e 21 °C. E ainda, quando esta variável atinge valores próximos a 0 °C, pode resultar em um evento extremamente danoso ao cafeeiro, a geada.

---

<sup>1</sup>discente ICSA - UNIFAL-MG, e-mail: [eleandersoncampos@gmail.com](mailto:eleandersoncampos@gmail.com)

<sup>2</sup>docente ICSA - UNIFAL-MG

Considerando a importância que o fator clima representa à cafeicultura, e a posição estratégica do município de Machado no cenário sul mineiro de produção de café, este trabalho objetiva o estudo da ocorrência de valores extremos de temperatura no município de Machado-MG, especificamente o evento geada. Para tal, propôs-se a aplicação do Processo de Poisson para modelagem deste evento, tendo como intento, a estimação de uma função intensidade. Desta forma, espera-se contribuir para a área de avaliação de riscos, auxiliando tanto o produtor, quanto programas de seguro rural.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Material

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMET), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O INMET possui, dentre inúmeras funções, a de realizar a previsão diária do tempo, fornecer demais informações meteorológicas e fomentar estudos e pesquisas relacionadas à agrometeorologia e à meteorologia de uma forma geral (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013). No Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), figuram dados de séries históricas, com medições disponíveis a partir do ano de 1961, referentes a 291 estações meteorológicas distribuídas pelo Brasil. Os dados possuem três resoluções: horária, diária e mensal. Dentre todas as variáveis disponíveis no BDMEP, foi escolhida para o presente estudo a de temperatura mínima, a qual representa a menor temperatura observada, em graus celsius, durante todo o dia. A janela temporal utilizada para análise foi de 01/01/1991 até 31/12/2013, onde estão presentes 8085 medições da variável em questão.

### 2.2 Métodos

Neste trabalho, o evento extremo analisado foi a geada, o qual foi definido por temperaturas mínimas menores que 5 °C, uma vez que, de acordo com Pinto e Zullo Jr (2013), este limiar de temperatura, classificado como geada fraca, já representa danos ao cafeeiro. Para a modelagem do evento em questão, foi adotado o processo de contagem de Poisson. Em um modelo de Poisson, a variável aleatória  $Y$  assume  $Y \in \mathbb{N}$ , onde  $Y$  representa o número de ocorrências de um evento qualquer por alguma unidade de medida, tal como tempo, distância ou área. Uma distribuição de probabilidade de Poisson apresenta um único parâmetro,  $\lambda$ , o qual representa a taxa média de ocorrência do evento ( $E[Y] = \lambda$ ). Um processo de Poisson é uma generalização da distribuição de Poisson, onde  $E[Y_t] = m(t) = \int_0^t \lambda(s) ds$  é uma função do tempo. A função  $\lambda(t)$  é chamada de intensidade. Funções intensidades constantes ( $\lambda(t) = \lambda$ ) determinam Processos de Poisson Homogêneos e funções não constantes determinam Processos de Poisson Não

Homogêneos. A função de probabilidade é dada por:

$$P(Y_t = y_t) = \frac{e^{-m(t)} m(t)^{y_t}}{y_t!}, \text{ em que} \quad (1)$$

$$m(t) = \int_0^t \lambda(s) ds \quad (2)$$

Na equação 1,  $Y_t$  determina o número de ocorrências de um evento no intervalo  $(0, t]$  (MÜLLER, 2007). Para fins de análise neste trabalho, a função de contagem  $Y(t)$  representa o número de ocorrências de temperaturas mínimas menores que  $5^\circ\text{C}$ , durante os dias do ano ( $t \in [0, 365]$ ).

A modelagem foi feita utilizando o software estatístico R, onde a estimação da função intensidade do processo se deu através de funções da biblioteca *NHPoisson*. Um prévio conhecimento dos dados sustentava a hipótese de comportamento modal da função intensidade, portanto, foi adotado o seguinte modelo:

$$\lambda(t) = e^{X\beta^T}, \text{ em que} \quad (3)$$

$$X = [t^2, t, 1], \quad (4)$$

$$\beta = [\beta_0, \beta_1, \beta_2] \text{ é um vetor paramétrico} \quad (5)$$

Embasado na hipótese inicial, a exponencial quadrática (equação 3), com comportamento unimodal, representa adequadamente a variação da intensidade de temperaturas mínimas ao longo do ano. Admite-se a hipótese de que no inverno (meio do ano) a ocorrência de geadas é mais intensa. Foi obtida a estimação do vetor paramétrico  $\beta$  através do método de máxima verossimilhança.

### 3 Resultados e discussões

A dispersão dos eventos de temperatura mínima extrema ao longo do ano (figura 1) valida a hipótese de comportamento modal da função intensidade.

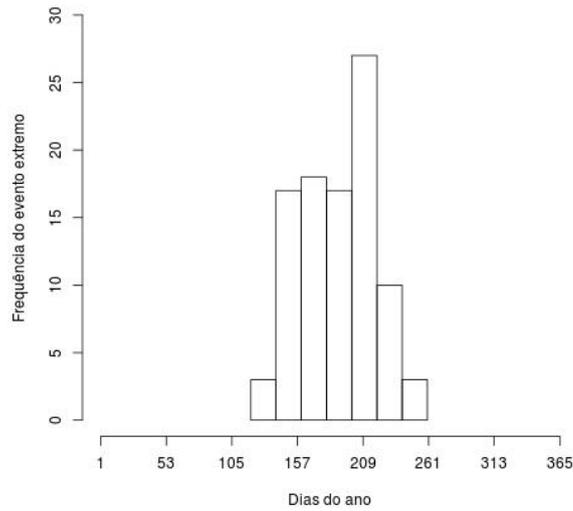


Figura 1: Histograma dos valores extremos de temperatura mínima.

As estimativas de máxima verossimilhança apontaram:

$$\hat{\beta} = [-0,0005193121; 0,1944701; -21,58001] \quad (6)$$

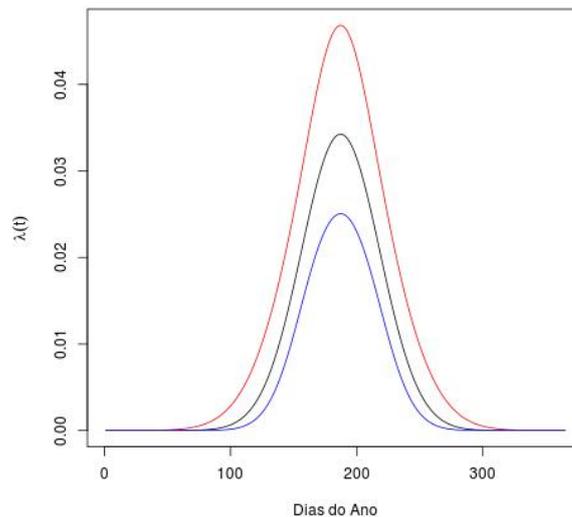


Figura 2: Gráfico de  $\hat{\lambda}(t) = e^{-0,0005193121 \times t^2 + 0,1944701 \times t - 21,58001}$  estimado (preto), limite inferior (azul) e superior em (vermelho), considerando intervalo de 95% de confiança.

Os resultados da análise se adequaram à hipótese inicial de que a intensidade de ocorrência do evento extremo é maior em uma faixa de meses situada no meio do ano, compreendendo o

fim da estação do outono, todo o inverno e o início da primavera. Isto confirma o inverno como a estação de maior intensidade de ocorrência do evento, uma vez que o ponto de máximo da função  $\hat{\lambda}(t)$  estimada é o dia 6 de julho, 187 do ano, compreendido na estação do inverno.

## 4 Conclusões

Com a estimação da função intensidade é possível prever e adequadamente avaliar o risco de ocorrência de geadas no município de Machado-MG. Desta forma, os resultados deste estudo podem contribuir para o ramo da cafeicultura, auxiliando produtores e programas de seguro rural na prevenção e avaliação de risco de eventos danosos à cultura.

Como trabalhos futuros há a intenção de realizar novas análises utilizando funções intensidade com mais variáveis explicativas e de diferentes formas. Um outro ponto de interesse é o de comparar funções de intensidade de janelas temporais distintas, investigando se houve alguma mudança na intensidade de ocorrência do evento extremo ao longo do tempo.

## Referências

- [1] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA)**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 de dezembro de 2013.
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Sobre o INMET**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 22 de dezembro de 2013.
- [3] INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION (ICO). **All exporting countries total production crop years 2010/11 to 2012/13**. Disponível em: <http://www.ico.org>. Acesso em: 22 de dezembro de 2013.
- [4] MÜLLER, D. **Processos estocásticos e aplicações**. Edições Almedina, SA. 2007.
- [5] PINTO, H. S.; ZULLO JR, J. **Geadas: condições de ocorrência e cuidados**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/artigos-especiais/geadas.html>. Acesso em: 23 de dezembro de 2013.
- [6] SANTOS, A. R. **Zoneamento agroclimatológico para a cultura do café conilon (Coffea canephora L.) e arábica (Coffea arabica L.), na bacia do rio Itapemirim, ES. Viçosa**. 1999. Tese (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- [7] SCHOLER, M. **Coffee consumption**. Disponível em: <http://www.worldmapper.org>. Acesso em: 22 de dezembro de 2013.