

CARACTERIZAÇÃO DOS ACIDENTES COM TRATORES AGRÍCOLAS EM RODOVIAS BRASILEIRAS: UMA ABORDAGEM MULTIVARIADA

**JOÃO GUILHERME LEAL DINIZ¹, LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO²,
LUCAS FERNANDO ARAUJO SANTOS³, DANILO ROBERTO LOUREIRO⁴.**

¹ Mestrando, UFC, (85) 3366-9128, jlealdiniz@gmail.com

² Prof. Dr., UFC, (85) 3366-9128, aiveca@ufc.br

³ Mestrando, UFC, (85) 3366-9128, santos@alu.ufc.br

⁴ Prof. Dr., UFC, (85) 3366-9128, loudanilo@yahoo.com.br

RESUMO: Neste estudo foram avaliados acidentes com tratores agrícolas em rodovias brasileiras, através de dados fornecidos pela Polícia Rodoviária Federal. Buscou-se caracterizar os acidentes com aplicações de métodos multivariados. Foram analisados 15 tipos de acidentes e 19 causas, essas informações foram cruzadas gerando uma matriz de frequência que serviu como base para utilização dos métodos. Por meio da análise de componentes principais, as 15 variáveis foram reduzidas a 3 componentes, mostrando que a falta de atenção do condutor foi a causa que mais influenciou para maioria dos tipos de acidentes e que alguns tipos de acidentes possuem causas específicas. Outro método aplicado foi análise de agrupamento, que possibilitou o agrupamento das causas em 2 grupos principais. A análise mostrou que a falta de atenção do condutor, desobediência as normas de trânsito e danos mecânico caracterizam um grupo com causas de maiores ocorrências.

PALAVRAS-CHAVE: sinistros, máquinas agrícolas, análise de dados

CHARACTERIZATION OF TRACTOR ACCIDENTS ON BRAZILIAN HIGHWAYS: A MULTIVARIATE APPROACH

ABSTRACT: In this research, accidents with agricultural tractors on Brazilian roads were assessed using data provided by the Federal Highway Police. The aim was to characterize accidents due to multivariate methods. Fifteen types of accidents and 19 causes were analyzed, this information was crossed generating a frequency matrix that served as a basis for using the methods. Through the analysis of main components, the 15 variables were reduced to 3 components, showing that the lack of driver attention was the cause that most influenced most types of accidents and that some types of accidents have specific causes. Another method applied was cluster analysis, which managed to group the types and causes into 2 groups. The analysis showed that lack of driver attention, rear-end collision and non-compliance with traffic regulations and mechanical damage characterize a group with causes of greater occurrences.

KEYWORDS: road casualty, agricultural machines, data analysis

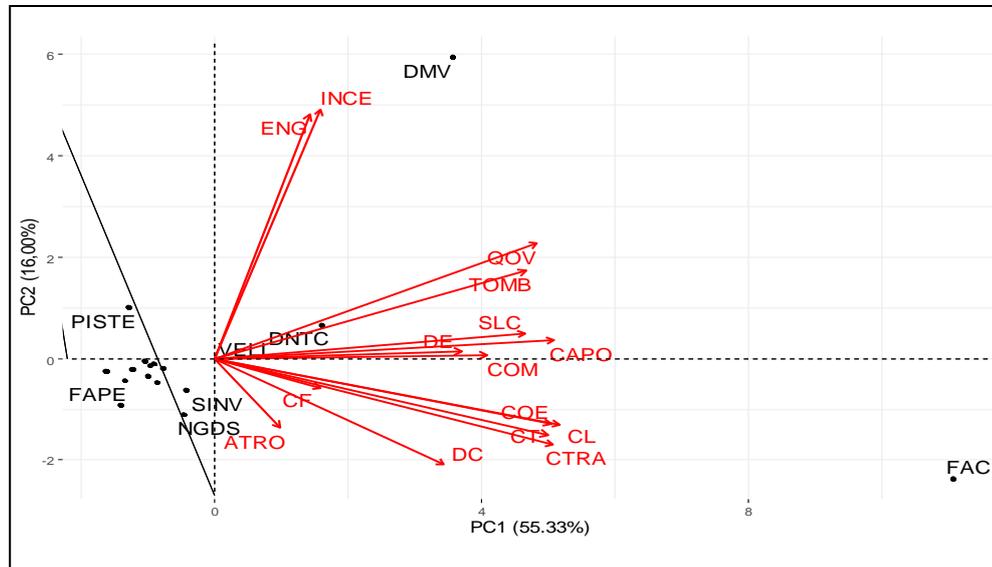
INTRODUÇÃO: Atualmente o uso de máquinas agrícolas não se restringe a atividades no interior das propriedades rurais, se tornou comum o trânsito desse tipo de maquinário em vias públicas, o que proporciona um aumento no risco de acidentes de trânsito (MONTEIRO e ALBIERO, 2013). O trator agrícola é o maquinário mais envolvido nesse tipo de acidente em vias públicas, não só no Brasil, mas a nível mundial como mostram diversas pesquisas (Karbeyaz *et al.*, 2019). Estudos envolvendo acidentes com tratores em vias públicas no Brasil

ainda são escassos, quando comparados aos de outros países como Portugal, Áustria, Itália, Austrália, Suécia e EUA (Macedo, 2020). Para Chang *et al.* (2012) caracterizar os acidentes de trânsito quanto a seus tipos, causas, gravidade, dentre outras variáveis, é de suma importância para que as autoridades possam tomar decisões preventivas de curto e longo prazo. O presente trabalho realizou uma análise dos acidentes com tratores agrícolas nas rodovias federais do Brasil com o intuito de categorizá-los quanto suas causas e tipos, utilizando métodos de estatística multivariada para tal fim.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado no Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), na Universidade Federal do Ceará-UFC. O banco de dados para realização deste estudo foi obtido no site da Polícia Rodoviária Federal com acesso à informação de forma livre. O conjunto de dados selecionado é do período entre janeiro de 2017 e março de 2020, totalizando 251 ocorrências de acidentes com tratores agrícolas em rodovias brasileiras. O banco de dados possui diversas variáveis, no entanto, apenas as causas e tipos foram consideradas para a análise. Para identificar possíveis correlações dos acidentes quanto tipos, foi construída a matriz de correlação de Pearson, que serve como base para análise de componentes principais (ACP). Na ACP foram gerados os componentes com seus autovetores e autovalores, a fim de caracterizar as causas de acidentes (observações), sendo representadas juntamente com as variáveis no gráfico *biplot* (GABRIEL, 1971). Foi realizado análise de agrupamento das causas de acidentes, com objetivo de caracterizar os grupos. Essa análise hierárquica foi originária de uma matriz de distância euclidiana e representada em dendrogramas baseado no método de Ward (1963). Os dados foram processados usando o programa R (R Core Team 2020) com o auxílio dos pacotes *factoextra*, *FactoMineR* e *stats*.

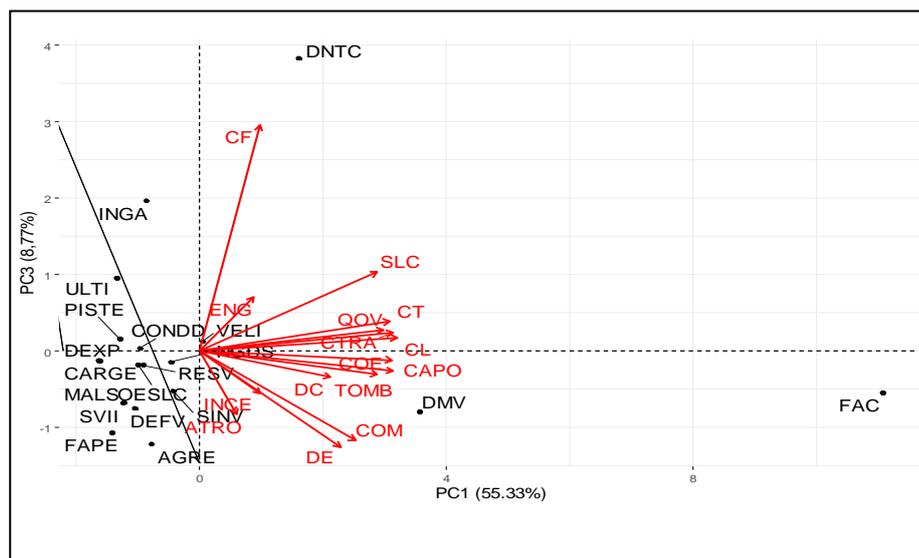
RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os 3 primeiros componentes principais (CP) explicam 53,33 %, 16,00 % e 8,17 % da variância total dos tipos de acidentes, respectivamente, totalizando 80,1%. Podemos observar nos gráfico *biplot* a seguir (Figura 1 e Figura 2), que a causa DMV apresenta alta frequência para os tipos de acidentes INCE e ENG e estes possuem alta correlação entre si e influenciam fortemente no CP2. Podemos levantar a hipótese de que esses tipos de acidentes são geralmente causados por falta de manutenção preventiva nos sistemas mecânicos do veículo como nos freios (engavetamento) e nos sistemas elétricos (incêndios). Macedo *et al.* (2020) observaram que acidentes relacionados a falha mecânica do veículo podem estar associados a falta de manutenção, que podem ocorrer por falta de conhecimento do operador, e trazem como solução a participação dos operadores em cursos e treinamentos. A causa falta de atenção do condutor (FAC) é a principal causa da maioria dos acidentes que ocorre em rodovias brasileiras, apresentando maior frequência para maioria dos tipos de acidentes. Pode estar atrelada a fadiga e cansaço, devido a grandes horas de trabalho, muitas vezes operando tratores que carecem de conforto, em condições de vibração, temperaturas altas e exposições a ruídos. O gráfico *biplot* com eixo x (CP1) e eixo y (CP3), apresenta DNTC com alta frequência para o tipo de acidente CF, com correlações baixas ou nulas com os tipos COE, CAPO, TOMB e outras variáveis.

FIGURA 1. Gráfico *biplot* dos componentes principais 1 e 2.



CT: Colisão traseira; TOMB: Tombamento; COM: Colisão com objeto em movimento; CTRA: Colisão transversal; SLC: Saída de carroçável; DC: Derramamento de carga; CL: Colisão Lateral; DE: Danos eventuais; COE: Colisão com objeto estático; QOV: Queda de ocupante de veículo; CF: Colisão frontal; Incêndio: INCE; ENG: Engavetamento; CAPO: Capotamento; ATRO: Atropelamento de Pedestre. FAC: Falta de Atenção à Condução; VELI: Velocidade Incompatível; OESLC: Objeto estático sobre o leito carroçável; DMV: Defeito Mecânico no Veículo; NGDS: Não guardar distância de segurança; DNTC: Desobediência às normas de trânsito pelo condutor; SINV: Sinalização do Veículo; CARGE: Carga excessiva; ULTI: Ultrapassagem indevida; INGA: Ingestão de Álcool; RESV: Restrição de Visibilidade; SVII: Sinalização da via insuficiente ou inadequada; CONDD: Condutor dormindo; FAPE: Falta de atenção do pedestre; DEFV: Defeito na via; MALS: Mal súbito; PISTE: Pista escorregadia; DEXP: Desgaste excessivo no pneu; AGRE: Agressão externa.

FIGURA 2. Gráfico *biplot* dos componentes principais 1 e 3.

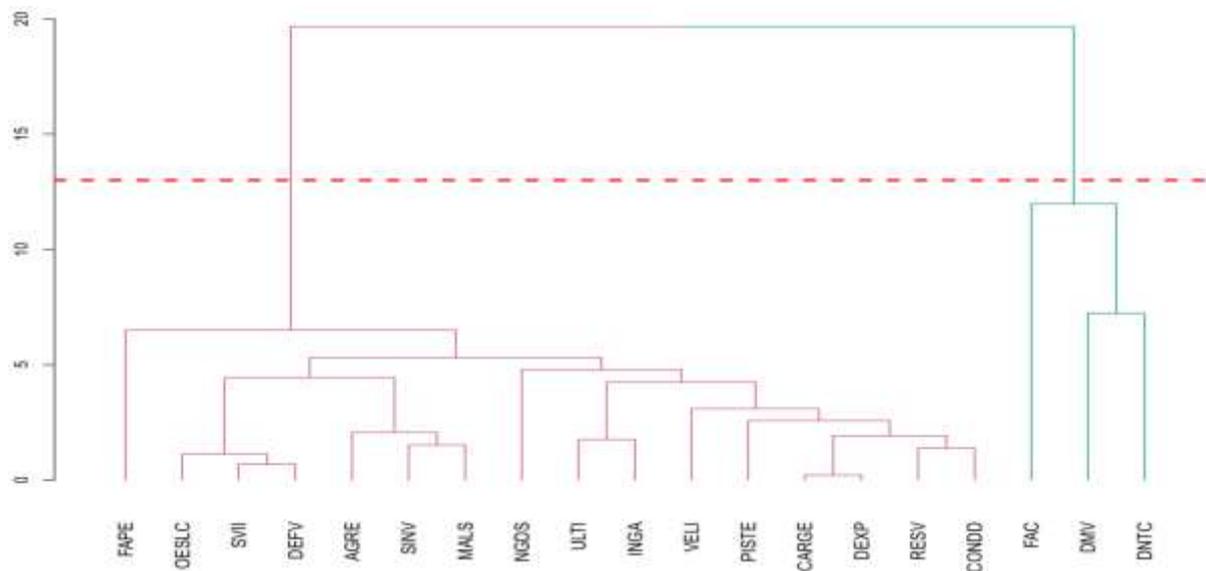


CT: Colisão traseira; TOMB: Tombamento; COM: Colisão com objeto em movimento; CTRA: Colisão transversal; SLC: Saída de carroçável; DC: Derramamento de carga; CL: Colisão Lateral; DE: Danos eventuais; COE: Colisão com objeto estático; QOV: Queda de ocupante de veículo; CF: Colisão frontal; Incêndio: INCE; ENG: Engavetamento; CAPO: Capotamento; ATRO: Atropelamento de Pedestre. FAC: Falta de Atenção à Condução; VELI: Velocidade Incompatível; OESLC: Objeto

estático sobre o leito carroçável; DMV: Defeito Mecânico no Veículo; NGDS: Não guardar distância de segurança; DNTC: Desobediência às normas de trânsito pelo condutor; SINV: Sinalização do Veículo; CARGE: Carga excessiva; ULTI: Ultrapassagem indevida; INGA: Ingestão de Álcool; RESV: Restrição de Visibilidade; SVII: Sinalização da via insuficiente ou inadequada; CONDD: Condutor dormindo; FAPE: Falta de atenção do pedestre; DEFV: Defeito na via; MALS: Mal súbito; PISTE: Pista escorregadia; DEXP: Desgaste excessivo no pneu; AGRE: Agressão externa.

Com base na análise de agrupamento aplicada as 19 causas de acidentes (Figura 3), foi possível identificar um ponto de corte na distância 13. De acordo com esse ponto de corte, 2 grupos ficaram bem distintos. Schlosser *et al.* (2002), separam as causas em dois grupos: atos inseguros e condições inseguras. O primeiro grupo refere-se a falha humana e o segundo as limitações das máquinas, baseado nisso, chegou-se à conclusão que a maioria dos acidentes com tratores agrícolas ocorrem por atos inseguros.

FIGURA 3. Gráfico do dendograma da análise de agrupamento das causas dos acidentes.



FAC: Falta de Atenção à Condução; VELI: Velocidade Incompatível; OESLC: Objeto estático sobre o leito carroçável; DMV: Defeito Mecânico no Veículo; NGDS: Não guardar distância de segurança; DNTC: Desobediência às normas de trânsito pelo condutor; SINV: Sinalização do Veículo; CARGE: Carga excessiva; ULTI: Ultrapassagem indevida; INGA: Ingestão de Álcool; RESV: Restrição de Visibilidade; SVII: Sinalização da via insuficiente ou inadequada; CONDD: Condutor dormindo; FAPE: Falta de atenção do pedestre; DEFV: Defeito na via; MALS: Mal súbito; PISTE: Pista escorregadia; DEXP: Desgaste excessivo no pneu; AGRE: Agressão externa.

CONCLUSÕES: A análise de componentes principais possibilitou a caracterização de FAC, DMV e DNTC como as causas de acidentes mais propícias a ocorrerem nas rodovias brasileiras, assim como a identificação dos tipos de acidentes relacionados a elas. A análise de agrupamento possibilitou a distinção de dois grupos de causas relacionadas a acidentes com tratores agrícolas em rodovias brasileiras. Um grupo com causas de maior relevância, geralmente atribuídas a falha humana, e o outro com causas com menores ocorrências.

REFERÊNCIAS:

- CHANG, L. et al. Analysis of Freeway Accident Frequency using Multivariate Adaptive Regression Splines. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 45, p. 824-829, 2012
- GABRIEL, Karl Ruben. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 453-467, 1971.
- KARBEYAZ, K. et al. Deaths Related to Tractor Accidents in Eskisehir, Turkey: A 25-Year Analysis. **Journal of Forensic Sciences**, Usa, v. 6, n. 64, p. 1731-1734, nov. 2019.
- MACEDO, Deivielison Ximenes Siqueira et al. AGRICULTURAL MACHINERY ACCIDENTS IN FEDERAL HIGHWAYS IN THE NORTHERN REGION OF BRAZIL. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 1, p. 9-17, 20 mar. 2020.
- MONTEIRO, L. A.; Albiero, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2013. 126 p.
- SCHLOSSER, José Fernando et al. Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 977-981, 2002.
- WARD JR, Joe H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American statistical association**, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.