

# ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA NA ASSOCIAÇÃO DE FATORES CLIMÁTICOS E ACIDENTES DE TRÂNSITO NA CIDADE DE BOTUCATU-SP

Sergio Augusto Rodrigues (DBB/UNESP) E-mail: [sergio.rodrigues@unesp.br](mailto:sergio.rodrigues@unesp.br)

Paola Gabriela Fernandes (FATEC) E-mail: [paah-fernandes@live.com](mailto:paah-fernandes@live.com)

Paulo André de Oliveira (FATEC) E-mail: [paulo.oliveira108@fatec.sp.gov.br](mailto:paulo.oliveira108@fatec.sp.gov.br)

Carlos Roberto Padovani (IBB/UNESP) E-mail: [bioestatistica@ibb.unesp.br](mailto:bioestatistica@ibb.unesp.br)

**Resumo:** Questões relacionadas à mobilidade urbana são pautas frequentes de pesquisadores e gestores de diversos municípios brasileiros. A falta de políticas públicas adequadas o crescimento desordenado de municípios e o aumento do número de veículos em circulação podem propiciar deficiências na mobilidade urbana e prejuízos ao meio ambiente, com aumento dos níveis de poluição. Entre os diversos fatores que afetam a mobilidade na área urbana, o aumento do número de acidentes de trânsito merece atenção. Considerando que os fatores climáticos podem agravar a ocorrência de acidentes, é importante considerar esta problemática na elaboração de políticas públicas para melhoria do trânsito e do atendimento dos acidentados no sistema público de saúde. Neste contexto, propõe-se avaliar a associação entre características dos acidentes de trânsito com as condições climáticas do município de Botucatu-SP. Para isto, foram utilizados dados referentes aos acidentes de trânsito registrados pelos órgãos responsáveis, bem como dados de diversas características climáticas do município. Com o intuito de considerar toda estrutura de variabilidade existente nestes dois conjuntos de dados foi utilizado um procedimento de estatística multivariada conhecido como análise de correlação canônica. Observou-se a existência de uma associação linear positiva entre dois diferentes indicadores climáticos e dois indicadores sobre os acidentes de trânsito, possibilitando uma melhor compreensão do relacionamento simultâneo destas variáveis, fornecendo informações que podem contribuir com políticas visando à minimização do número de acidentes.

**Palavras-chave:** Correlação Canônica, Características climáticas, Acidentes de trânsito.

## CANONIC CORRELATION ANALYSIS OF THE ASSOCIATION BETWEEN CLIMATIC FACTORS AND TRANSIT ACCIDENTS IN BOTUCATU-SP CITY

**Abstract:** Issues related to urban mobility are a frequent agenda of researchers and public managers from several Brazilian municipalities. A lack of adequate public politics, the disorderly growth of municipalities and the increasing number of vehicles in circulation can cause deficiencies in urban mobility and damage of the environment such as the increased pollution levels. Among the various factors affecting mobility in urban areas, the increasing number of transit accidents deserves attention. Considering that the climatic factors can be aggravating the accidents occurrence, is important to relevate them in the elaboration of public politics in order to improve transit and the care assistance to injured people in the public healthcare system. In this context, it was proposed to evaluate the association between characteristics of the transit accidents and the climatic conditions in Botucatu city in São Paulo state. For this reason, it was used datasets of transit accidents recorded by the responsible agencies, as well as datasets of various climatic characteristics of the mentioned city. In order to consider all structure of variability of the two datasets, it was used a multivariate statistical procedure known as Canonical Correlation Analysis. There was a positive linear association between two different climate indicators and two indicators on traffic accidents, allowing a better understanding of the simultaneous relationship of these variables, providing information that may contribute to politics aimed at minimizing the number of accidents.

**Keywords:** Multivariate Statistical. Characteristics climatic. Transit accidents.

### 1. Introdução

A mobilidade urbana e os impactos ambientais causados pela falta de planejamento em relação à infraestrutura viária e os meios de locomoção da população de muitos municípios são desafios

que merecem atenção dos gestores públicos e pesquisadores.

Destaca-se a Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2015) que introduz o conceito de mobilidade sustentável, o qual pode ser entendido como resultado de políticas públicas destinadas à circulação e meio de transporte dos indivíduos, com o objetivo de possibilitar o acesso democrático a todo espaço urbano priorizando os transportes não motorizados (bicicleta, transportes públicos coletivos, compartilhamento de veículos e veículos híbridos ou a hidrogênio).

Entre as diversas variáveis que podem interferir na mobilidade urbana, pode-se destacar o transporte público ineficiente, a ocupação e uso desordenado do solo, os acidentes de trânsito, as políticas de transportes inadequadas, as condições ambientais e situação socioeconômica da população (KNEIB, 2012). Já o aumento do número de automóveis, o crescimento urbano desordenado, a falta de educação e desrespeito às leis de trânsito, a impunidade, as más condições das vias de circulação, a falta de manutenção dos veículos, a ingestão de bebidas alcoólicas e as condições climáticas são fatores que podem estar associados aos acidentes de trânsito (MORAIS NETO et al., 2010).

Segundo estudo realizado pelo Instituto de pesquisa econômica aplicada (IPEA, 2015), o custo dos acidentes de trânsito nos aglomerados urbanos brasileiros é estimado na faixa de 9,9 a 12,9 bilhões de reais no ano de 2014, no qual os acidentes com automóveis e utilitários leves foram responsáveis por aproximadamente 57% deste valor (IPEA e ANTP, 2003).

Assim, os acidentes de trânsito podem ser vistos como um problema de saúde pública, pois uma grande parte das mortes e atendimentos no sistema público de saúde são consequências destes (urbano ou rodoviário). Para Caixeta et al. (2010), o número de acidentes de trânsito é um desafio para o sistema público de saúde, destacando que são necessárias pesquisas mais aprofundadas a respeito deste tema para uma melhor compreensão do problema e elaboração de políticas públicas mais apropriadas.

Na literatura há diversos estudos buscando fatores que possam estar associados com a ocorrência de acidentes de trânsito e, neste contexto, configura-se na presente pesquisa a hipótese de que no município em estudo existe associação entre as condições climáticas e as características dos acidentes de trânsito.

Sabe-se, por exemplo, que a precipitação é uma condição climática com grande influência na vida humana, tanto pela sua falta como excesso, e seu conhecimento espacial e temporal pode contribuir no planejamento urbano, em especial na busca por alternativas que visem minimizar possíveis congestionamentos e a ocorrência de acidentes de trânsito em situações climáticas adversas.

Estudos desta natureza são relevantes, pois há necessidade de uma melhor organização do trânsito de veículos e pedestres, minimizando os efeitos negativos e estressantes gerados por uma mobilidade urbana deficitária. Vários fatores devem ser considerados nesse processo, em particular, os acidentes de trânsito, pois, além de ser uma preocupação de caráter assistencial e de saúde da população, podem comprometer a mobilidade em determinados momentos.

Desta forma, o monitoramento e estudo das características dos acidentes de trânsito, entendendo suas possíveis associações com condições climáticas tornam-se necessários a fim de contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas no sentido de minimizá-los, e propiciar instrumentos pedagógicos para conscientização da população.

Neste cenário, objetivo deste estudo é utilizar uma metodologia multivariada para identificar características dos acidentes de trânsito registrados na área urbana do município de Botucatu-SP associando-as com indicadores das condições climáticas. Pretende-se, assim, contribuir com

informações e subsídios relevantes para auxiliar na elaboração de políticas públicas para conscientização da população em relação a seu comportamento no trânsito em diversas situações climáticas.

## 2. Material e Métodos

Para realização deste estudo, de caráter exploratório, foram utilizados dados secundários de fontes oficiais. Os dados diários das condições climáticas foram obtidos junto à Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu, localizada nas coordenadas de 22°50'47,45 de latitude sul, 48°25'54,14 de longitude em uma altitude de 786 metros. Já os dados diários referentes aos acidentes de trânsito foram levantados junto ao comando municipal da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

Uma planilha eletrônica foi utilizada para organização de um conjunto de dados compatível com os objetivos propostos, considerando o período mais atual disponibilizado para este estudo, ou seja, o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2013.

A descrição das variáveis relacionadas com os acidentes de trânsito pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição das variáveis de acidentes de trânsito do município de Botucatu

Variável	Descrição
ACRU_V	Média mensal de acidentes/ dia com vítimas em cruzamentos (acidentes/dia)
ARET_V	Média mensal de acidentes/dia com vítimas nas retas (acidentes / dia)
ACRU_SV	Média mensal de acidentes/dia sem vítimas em cruzamentos (acidentes / dia)
ARET_SV	Média mensal de acidentes/dia sem vítimas nas retas (acidentes / dia)
COLISAO	Nº médio mensal de colisões com vítimas por dia (colisões / dia)
ATROPEL	Nº médio mensal de atropelamentos por dia (atropelamentos / dia)
CHOQUE	Nº médio mensal de choques com objetos fixos por dia (choques / dia)
OUTROS_A	Nº médio mensal de outros tipos de acidentes com vítimas por dia (outros acidentes / dia)
MOTOS_BIC	Nº médio mensal de motos ou bicicletas envolvidas em acidentes com vítimas por dia (veículo acidentado/dia)
AUTO_O	Nº médio mensal de automóveis ou outros veículos envolvidos em acidentes vítimas por dia (veículo acidentado/dia)
COND_JOV	Nº médio mensal de condutores com menos de 30 anos por acidentes com vítimas (condutores / acidentes)
COND_30M	Nº médio mensal de condutores com 30 anos ou mais por acidentes com vítimas (condutores / acidentes)

Fonte: autores

Já as variáveis climáticas, considerando a média mensal de dados diários do mesmo período, estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Descrição das variáveis climáticas observadas para o município de Botucatu

Variável	Descrição
DIASC	Frequência de dias chuvosos no mês (em dias)
PP	Precipitação pluviométrica média em cada mês, dada em milímetros (mm).
TMIN	Média das temperaturas mínimas diárias no mês, em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ).
TMAX	Média das temperaturas máximas diárias no mês, em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ).
TMED	Média das temperaturas médias diárias do mês, em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ).
UR	Umidade relativa do ar média no mês (em %).
VV	Velocidade média do vento, em quilômetros por hora (km/h).
EV	Evaporação média, em milímetros (mm).
ISOL	Insolação é nº de horas de brilho solar entre o nascimento e ocaso do Sol (horas).
RAD	Radiação solar global média no mês ( $cal. cm^{-2}. dia^{-1}$ )

Fonte: autores

Para avaliar a associação entre os conjuntos de variáveis foi utilizado um procedimento estatístico de análise multivariada, o qual considera simultaneamente todas as variáveis e toda a estrutura de variação existente nos dados, mais precisamente a técnica de correlação canônica (MINGOTI, 2005; JOHNSON, WICHERN, 2007).

A análise de correlação canônica tem como objetivo avaliar a intensidade da associação entre dois conjuntos de variáveis, com respectivamente  $p$  e  $q$  variáveis, por meio de novas variáveis (chamadas de canônicas), as quais resumem as informações contidas em seu respectivo conjunto. Estas novas variáveis, aqui representadas por  $u_t$  e  $v_t$ , são obtidas por meio de combinações lineares das variáveis originais, sendo  $t = 1, \dots, \min(p, q)$ , buscando maximizar a correlação entre as variáveis canônicas e com todos os pares  $(u_t, v_t)$  e  $(u_{t'}, v_{t'})$ , não correlacionados para  $t \neq t'$  (MINGOTI, 2005; JOHNSON, WICHERN, 2007).

O coeficiente de correlação canônico é uma medida de associação linear entre as variáveis canônicas do primeiro conjunto com as do segundo, em valor absoluto, e expresso por  $r_{u_t, v_t}$ . A interpretação das variáveis canônicas pode ser realizada observando os valores das correlações entre as variáveis canônicas e as respectivas variáveis originais, as quais são chamadas de cargas canônicas. Já as correlações entre as variáveis originais com a variável canônica obtida a partir do outro conjunto de variáveis são chamadas de cargas canônicas cruzadas (MINGOTI, 2005; JOHNSON, WICHERN, 2007).

Para verificar se as correlações canônicas encontradas são significativas, utilizou-se o procedimento estatístico, baseado no teste da razão de verossimilhança com a correção proposta por Bartlett. A adequação à distribuição normal multivariada foi avaliada por meio do gráfico QQ-Plot Multivariado (JOHNSON, WICHERN, 2007).

No presente estudo o conjunto de 22 variáveis envolvendo as características climáticas e de acidentes de trânsito foi dividido em dois subconjuntos: um conjunto de  $p = 10$  variáveis climáticas e outro com  $q = 12$  variáveis relacionadas com os acidentes de trânsito, sendo possível determinar 10 (mínimo entre os valores  $p$  e  $q$ ) pares de combinações lineares das variáveis originais  $(u_t$  e  $v_t)$ , com  $t = 1, \dots, 10$ . Desta forma, as variáveis canônicas  $u_t$  resumem informações a respeito do conjunto de variáveis climáticas e  $v_t$  resume informações do conjunto de variáveis sobre acidentes de trânsito.

Para a análise de correlação canônica, todas as variáveis foram padronizadas e os resultados analíticos discutidos no nível de 5% de significância, com os cálculos obtidos pelo uso do ambiente livre R-Gui (R CORE TEAM...,2015).

### 3. Resultados

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

No município de Botucatu, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e considerando o período de dados disponíveis (de 2010 a 2013), observou-se que a população residente saltou de 127.328 habitantes em 2010 para 137.899 em 2014, representando um crescimento de 8,3%. Já a frota de veículos (Tabela 3) apresentou um crescimento bem significativo, passando de 68.494 veículos em 2010 para 83.121 em 2013 representando um crescimento 21,4% (IBGE, 2014).

Observa-se ainda, pela Tabela 3, que o crescimento dos automóveis, motocicletas e outros veículos em 2013 ao comparar com 2010 foi de 19,4%, 16,6% e 32,9% respectivamente.

Tabela 3: Quantidade de veículos no município de Botucatu

Tipo de Veículo	2010		2011		2012		2013	
	Qte	%	Qte	%	Qte	%	Qte	%
Automóveis	44.275	64,6	47.347	64,1	50.155	63,7	52.856	63,6
Motocicletas	11.784	17,2	12.695	17,2	13.361	17,0	13.742	16,5
Outros*	12.435	18,2	13.769	18,7	15.187	19,0	16.523	19,9
<b>Total</b>	<b>68.494</b>	<b>100,0</b>	<b>73.811</b>	<b>100,0</b>	<b>78.703</b>	<b>100,0</b>	<b>83.121</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Adaptado de IBGE (2014)

\* *caminhão, caminhonete, camioneta, micro-ônibus, motoneta, ônibus, trator e utilitário.*

Quanto às características climáticas, Rodrigues e Fernandes (2015) caracterizam o município de Botucatu no período considerado neste estudo e destacam que a frequência de dias chuvosos aumentou, de uma média de 8,5 em 2010 para uma média 9,1 dias em 2013. No entanto, foi observada uma queda muito acentuada no índice de precipitação pluviométrica média mensal, passando de uma média de 113 mm em 2010 para 4,2 mm em 2013. No mesmo período, percebeu-se uma redução no número de acidentes de trânsito em cruzamentos e em retas, tanto para acidentes com vítimas quanto para sem vítimas. No entanto, a redução relativa do número de acidentes com vítimas foi inferior ao dos acidentes sem vítimas entre 2010 e 2013, enquanto os acidentes médios diários nas retas apresentou um aumento. Quanto ao tipo de acidente com vítima, a colisão ou abaloamento foram os que apresentaram as maiores frequências de registros neste período.

#### 3.2 Associação entre as características dos acidentes de trânsito e as climáticas

Avaliando as correlações lineares simples de Person entre as variáveis de acidentes de trânsito e climáticas, observou-se uma associação linear positiva entre o número de choques de veículos em objetos fixos com a precipitação, o número de dias chuvosos no mês, a evaporação, a temperatura máxima e com a radiação solar. Já as colisões frontais envolvendo vítimas apresentou correlação negativamente com a precipitação e a temperatura mínima.

No estudo de Alves e Raia Junior (2011), observou-se que a ocorrência de acidentes possui

correlação significativa com o tipo de ocupação (comércio, serviços ou templos), bem como com os polos geradores de viagens (escolas, unidades de saúde, entre outros).

A partir da matriz de correlação linear simples do conjunto de dados formado pelas variáveis climáticas e de acidentes de trânsito, a análise de correlação canônica foi realizada, obtendo-se as variáveis canônicas:  $u_t$  definidas pela combinação linear das variáveis de climáticas e  $v_t$  pela combinação linear das variáveis de acidentes de trânsito. A Tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação canônica e os respectivos testes de significância.

Tabela 4: Coeficientes de correlação canônica e resultado do teste estatístico

Pares de variáveis	Correlação	Estatística de	gl	Valor p
$(u_1, v_1)$	<b>0,885</b>	<b>184,7</b>	<b>120</b>	<b>&lt;0,001</b>
$(u_2, v_2)$	<b>0,810</b>	<b>134,1</b>	<b>99</b>	<b>0,011</b>
$(u_3, v_3)$	0,787	97,8	80	0,086
$(u_4, v_4)$	0,663	63,2	63	0,468
$(u_5, v_5)$	0,561	42,0	48	0,715
$(u_6, v_6)$	0,505	27,8	35	0,802
$(u_7, v_7)$	0,404	16,3	24	0,879
$(u_8, v_8)$	0,373	9,1	15	0,874
$(u_9, v_9)$	0,221	2,8	8	0,947
$(u_{10}, v_{10})$	0,118	0,6	3	0,892

Fonte: Dados da Pesquisa

Com base na Tabela 4, pode-se dizer que apenas as correlações dos dois primeiros pares de variáveis canônicas se mostraram significativas ( $p < 0,05$ ), ou seja, correlações que podem ser consideradas estatisticamente diferentes de zero. Os coeficientes de correlações destes dois pares são respectivamente iguais a 0,885 e 0,810.

Assim, pode-se concluir que existem duas variáveis canônicas que expressam características relacionadas com a condição climática do município de Botucatu e duas variáveis canônicas expressando situações de acidentes de trânsito apresentando associações significativas ( $p < 0,05$ ), ou seja, os acidentes de trânsito estão associados de alguma forma com a condição climática.

Em um estudo para avaliar o perfil dos acidentes de trânsito registrados em uma rodovia, Rosa, Santos Neto e Orrico Filho (2013) também observaram, utilizam a correlação canônica, uma correlação positiva entre os tipos de acidente e as condições meteorológicas.

O gráfico de dispersão do primeiro par de variáveis canônicas ( $u_1$  e  $v_1$ ) pode ser visualizado na Figura 1 (o qual apresenta os valores padronizados), enquanto que a Figura 2 apresenta o gráfico de dispersão do segundo par ( $u_2$  e  $v_2$ ).

Com base nestas figuras, a variável canônica  $v_1$  (resumindo os dados das variáveis de acidentes de trânsito) apresenta valores altos associados a valores altos da variável  $u_1$  (resumindo os dados das variáveis climáticas), assim como, valores baixos  $v_1$  estão associados a valores baixos de  $u_1$ . O mesmo pode-se destacar para as variáveis canônicas  $u_2$  e  $v_2$ . Com isso, pode-se inferir que existe uma correlação linear positiva entre os pares de variáveis canônicas, ou seja, uma associação direta entre os valores padronizados dos eixos canônicos.

Nota-se, pela Figura 1, que os meses de dezembro de 2010 e janeiro de 2011 apresentaram os menores valores, tanto para  $v_1$  quanto para  $u_1$ , enquanto, os meses de maio e abril de 2013, apresentaram os valores mais altos para as duas variáveis canônicas.

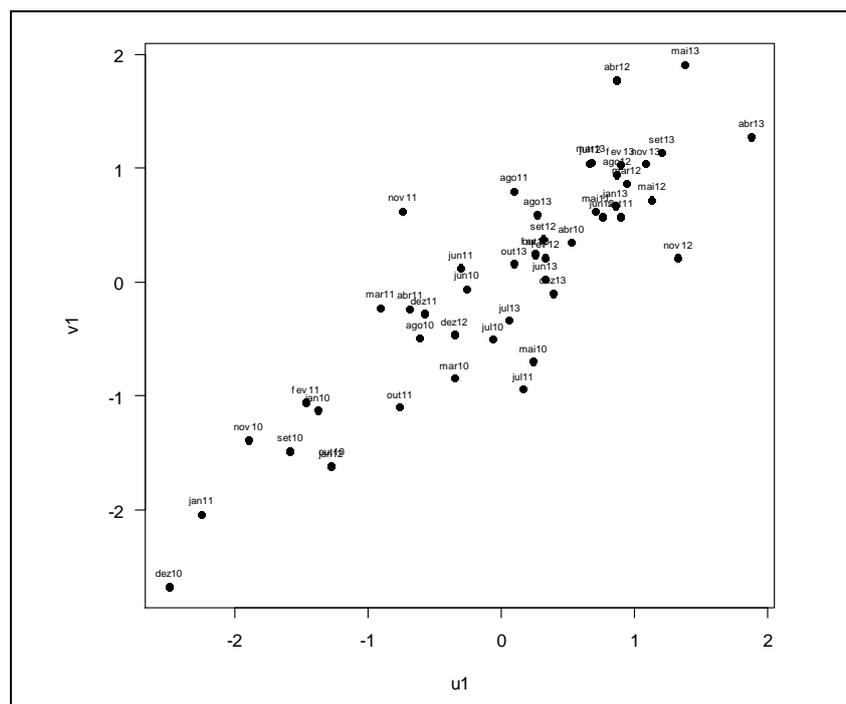


Figura 1: Gráfico de dispersão primeiro par de variáveis canônicas padronizadas ( $u_1$  e  $v_1$ )

Já, observando a Figura 2, destaca-se o mês de setembro de 2013 assumindo valores baixos para  $v_2$  e  $u_2$ , enquanto os meses de abril de 2013, fevereiro de 2010 e janeiro de 2011 apresentaram valores altos para as duas variáveis canônicas.

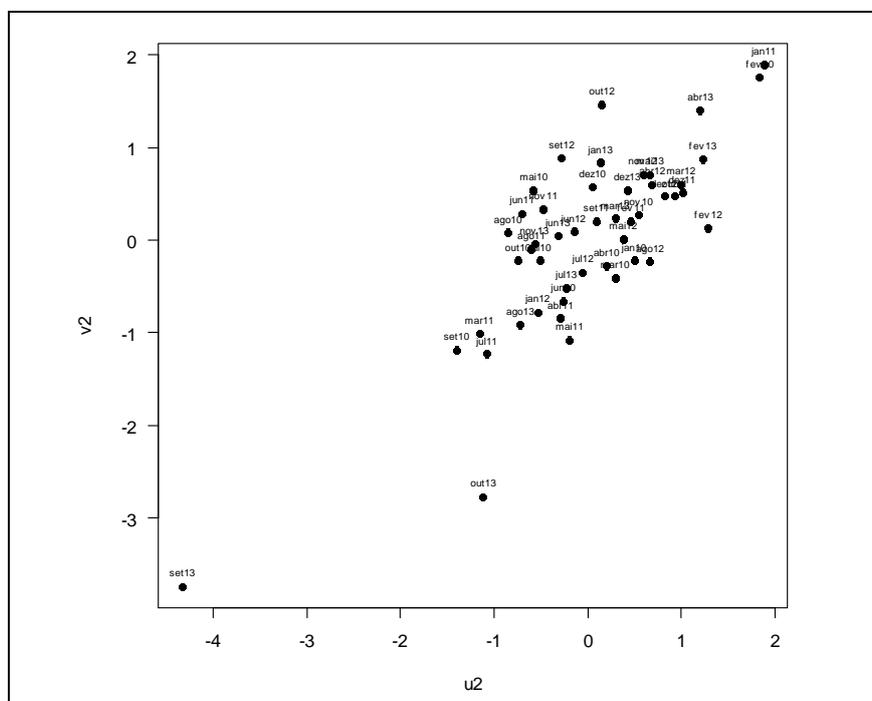


Figura 2: Gráfico de dispersão segundo par de variáveis canônicas padronizadas ( $u_2$  e  $v_2$ )

Para ajudar a compreender o significado das variáveis canônicas, ou seja, as duas variáveis canônicas representando as características climáticas e as duas representando alguma situação a respeito dos acidentes de trânsito, é necessário observar as correlações entre as variáveis originais de cada conjunto com o seu respectivo par de variáveis canônicas (chamadas de cargas canônicas e cargas canônicas cruzadas). Estas correlações estão destacadas na Figura 3. Para isso, quanto mais longa for a barra apresentada no gráfico, maior é o valor absoluto de uma carga canônica e, conseqüentemente, maior a associação entre a variável original e o respectivo componente canônico.

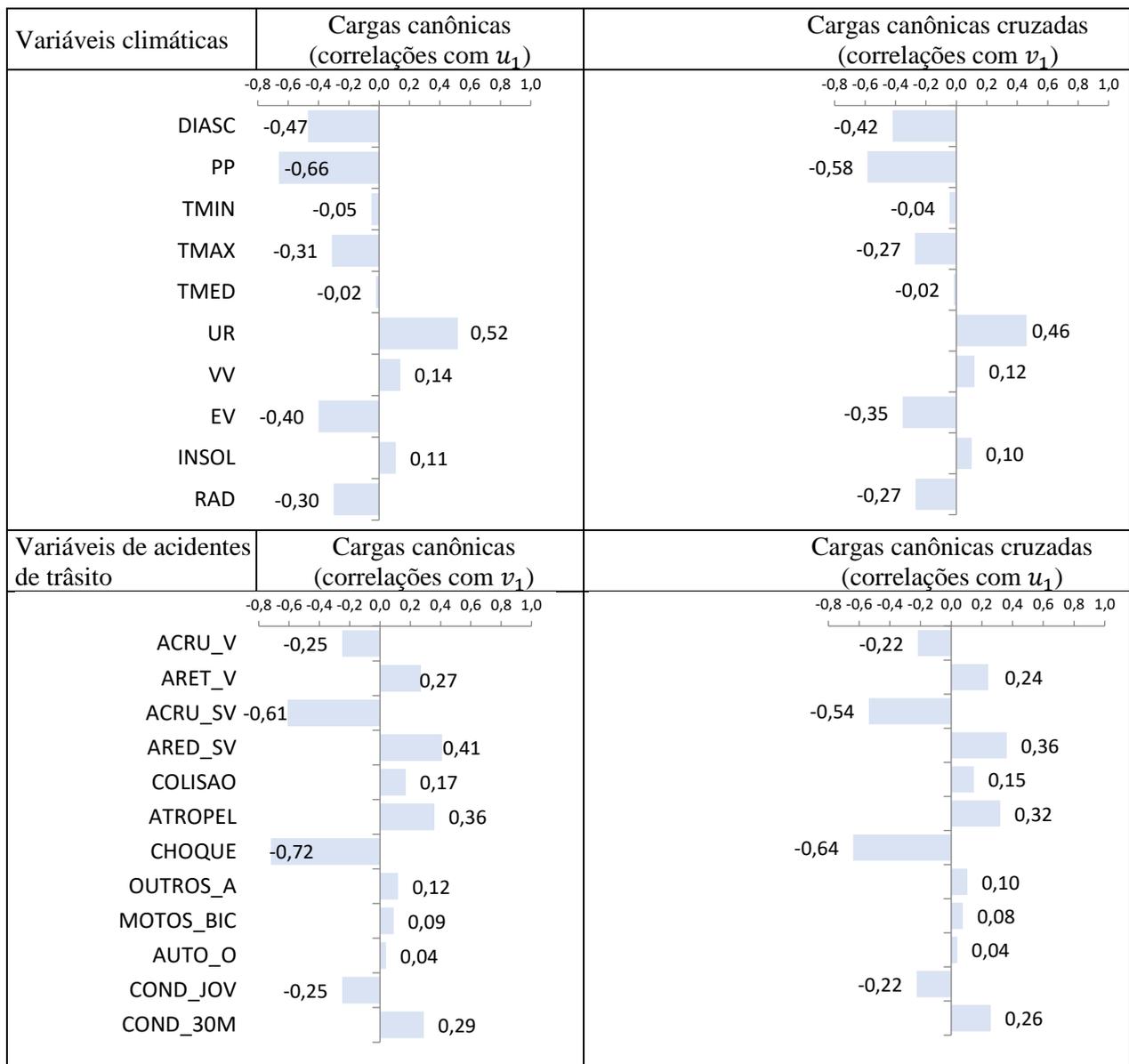


Figura 3: Gráfico das Correlações de cada variável original com as variáveis canônicas ( $u_1$  e  $v_1$ )

De acordo com os resultados apresentados na Figura 3, as cargas canônicas de  $u_1$  que apresentaram os maiores valores foram: precipitação pluviométrica (-0,66), umidade relativa (0,52), frequência de dias chuvosos (-0,47) e evaporação (-0,40).

Como estas informações,  $u_1$  pode ser interpretado como um antagonismo entre a soma de precipitação, frequência de dias chuvosos e evaporação com a umidade relativa. Desta forma,

a variável canônica  $u_1$  assume valores altos em situações onde a precipitação, a frequência de dias chuvosos e a evaporação assumirem valores baixos e a umidade relativa for alta.

Analisando as cargas canônicas de  $v_1$  (Figura 3), as variáveis que apresentam maiores valores são: número médio diário de choques com objetos fixos (-0,72), número médio diário de acidentes sem vítimas em cruzamentos (-0,61), número médio diário de acidentes sem vítimas em linha reta (0,41) e número médio diário de atropelamentos (0,36).

Estes resultados indicam que este componente  $v_1$ , pode ser interpretado como um antagonismo entre os acidentes sem vítimas em cruzamentos e o número médio diário de choques com objetos fixos com os acidentes sem vítimas em linha reta e o número de atropelamentos. Desta forma, esta variável canônica assume valores altos quando o número de acidentes sem vítimas em cruzamentos e o número de choques com objetos fixos no mês foram baixos, enquanto que se apresentam elevados o número de acidentes sem vítimas em linha reta e o número de atropelamentos.

Portanto, os meses que apresentaram valores baixos para as duas variáveis canônicas do primeiro par, apresentaram alta precipitação e frequência de dias chuvosos, além de baixa umidade relativa associados com meses em que foi alto o número de acidentes sem vítimas em cruzamentos e os choques com objetos fixos, bem como foi baixo o número médio de acidentes sem vítimas em linha reta e o número de atropelamentos.

Da mesma forma, os meses com menos acidentes sem vítimas em cruzamentos, menos choques com objetos, com mais acidentes sem vítimas em retas, mais atropelamentos apresentaram também índices menores de precipitação, temperaturas mais baixas, além de uma maior umidade relativa do ar, indicando maiores ocorrências de acidentes mais graves, como o atropelamento, em situações meteorológicas mais favoráveis, possivelmente devido as elevação da velocidade.

Destaca-se também, no estudo descritivo das ocorrências do período deste estudo, que entre os meses de outubro a março (período com, normalmente, maiores temperaturas e altos índices de precipitação) a média diária de acidentes sem vítimas em cruzamentos foi 16% maior do que o período entre os meses de abril e setembro. Concomitantemente, o número médio de choques foi 55% maior, e o número de acidentes sem vítimas em retas e de atropelamentos apresentaram, ambos, uma redução de 8%.

Avaliando a associação entre os tipos de acidentes registrados em um trecho de rodovia com as características dos mesmos, Bogo et al. (2010) observou a correlação dos capotamentos, colisões com objetos fixos e saída de pista com velocidade elevada, pista molhada, precipitação, trecho com curva e ocorrência durante o dia. Este resultado corrobora com o resultado da associação da precipitação e os choques com objetos fixos. Já para Eisenberg (2004), a condição climática adversa se mostrou associada com acidentes de trânsito com menor dano aos motoristas, possivelmente pela redução da velocidade.

As interpretações das cargas canônicas cruzadas são análogas às observadas anteriormente, destacando-se os percentuais de explicação da variabilidade das variáveis choques com objetos fixos (CHOQUE) e acidentes sem vítimas em cruzamentos (ACRU\_SV) pela variável canônica caracterizando as condições climáticas ( $u_1$ ). Pode-se dizer que as condições climáticas explicam, respectivamente, 41% e 29% (obtidos pelas respectivas cargas canônicas cruzadas elevadas ao quadrado) da variabilidade do número médio mensal de choques com objetos fixos e dos acidentes sem vítimas em cruzamentos.

A partir das cargas canônicas de  $u_2$  pode-se interpretar esse componente, principalmente, como um antagonismo entre a soma da precipitação (com menos importância) e temperaturas ambiente (mínima, máxima e média) com a velocidade dos ventos, ou seja, este componente

assume valores altos com altas temperaturas, velocidade dos ventos baixa e altos índices de precipitação. Uma situação inversa se observa para este componente assumir valores baixos (Figura 4).

Ainda pela Figura 4, as cargas canônicas de  $v_2$  indicam que esse componente pode ser interpretado como uma soma entre os acidentes com vítimas em linha reta, choques em objetos fixos, outros tipos de acidentes (além das colisões, atropelamentos e choques em objetos) e número médio de condutores com menos de 30 anos envolvidos nos acidentes com vítimas. Com isso, observa-se que este componente assume valores altos quando o número de acidentes sem vítimas em linha reta, os choques com objetos fixos, os outros acidentes e o número de médio de condutores com menos de 30 anos apresentam-se elevados.

Estas informações indicam que os meses altas temperaturas, baixa velocidade de ventos a dois metros e com alto índice precipitação estão associados com os meses que apresentaram uma quantidade elevada de acidentes com vítimas em linha reta, de choques com objetos fixos, de outros acidentes e com um elevado número de médio de condutores com menos de 30 anos.

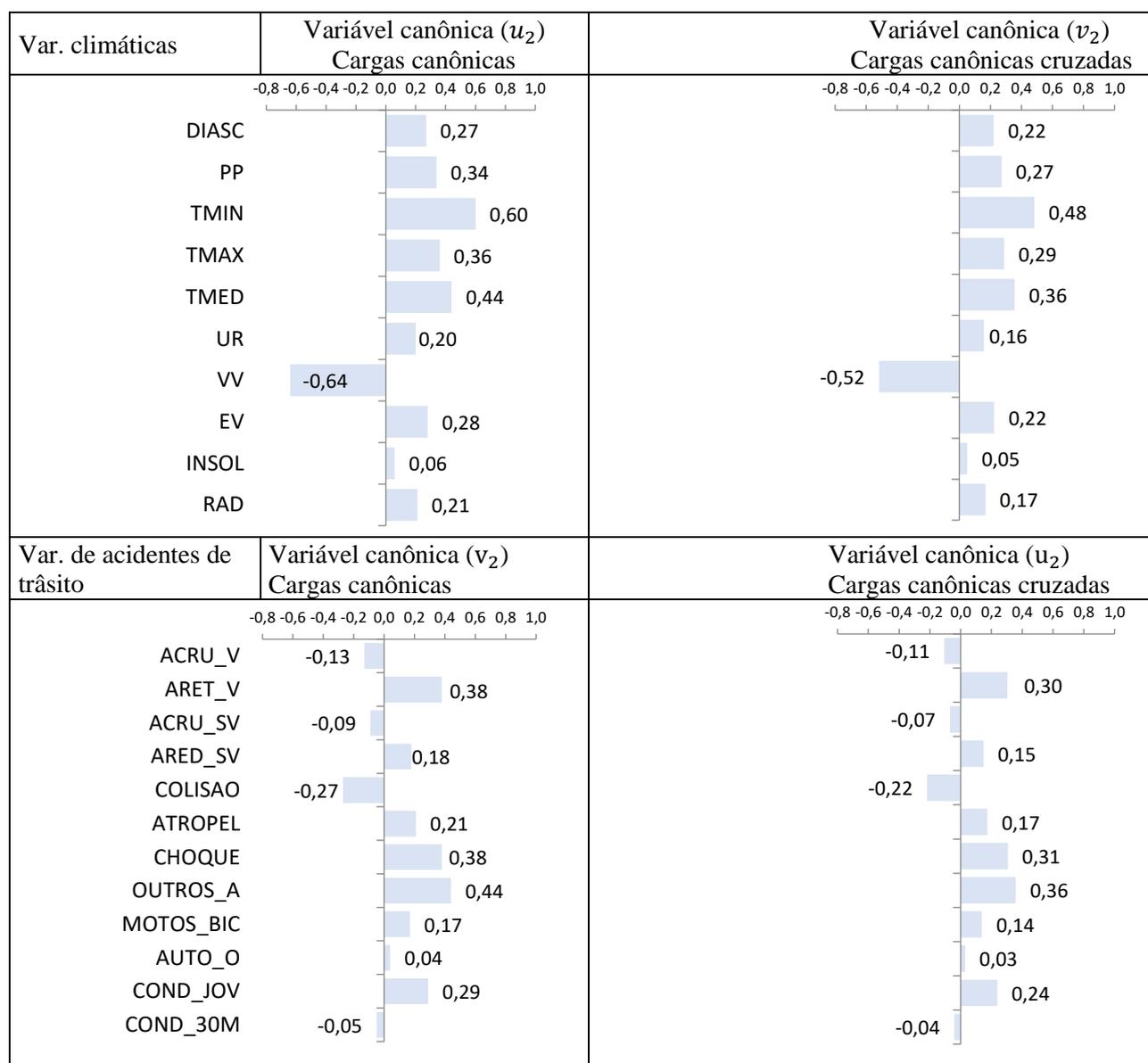


Figura 4: Gráfico das Correlações de cada variável original com as variáveis canônicas ( $u_2$  e  $v_2$ )

No estudo de Antoniou, Yannis e Katsochis (2013), realizado em Atenas (Grécia), relacionando o número de acidentes de trânsito e algumas condições climáticas, é possível observar a redução do número de acidentes nos períodos em que a temperatura se apresentou mais baixa e nos períodos em que a precipitação foi mais elevada.

Assim, de uma forma geral, a associação entre os tipos de acidentes de trânsito com as características climáticas indica a importância de estratégias distintas de conscientização dos usuários do trânsito para diferentes situações meteorológicas. Uma melhor compreensão do relacionamento simultâneo de variáveis envolvidas com o trânsito, em especial, com os acidentes de trânsito, pode contribuir com políticas de mobilidade urbana visando à minimização do número de acidentes.

#### 4. Conclusões

Estudos sobre acidentes de trânsito são bastante comuns, no entanto, poucos procuram associar os acidentes com características climáticas, em especial, quando se utiliza técnicas de análises estatísticas multivariadas.

Desta forma, conclui-se que:

Existe associação linear positiva significativa entre o conjunto de variáveis relacionadas com os acidentes de trânsito e características climáticas do município de Botucatu, as quais são resumidas em dois indicadores.

Apresentaram valores baixos para o indicador de acidentes de trânsito e climáticos (primeiro par de variáveis canônicas), nos meses de dezembro de 2010 e janeiro de 2011, podem ser caracterizados como meses com alta precipitação e frequência de dias chuvosos, além de baixa umidade relativa associados com meses em que foi alto o número de acidentes sem vítimas em cruzamentos, os choques com objetos fixos e baixos o número de acidentes sem vítimas em linha reta e os atropelamentos.

Os meses de fevereiro de 2010, janeiro de 2011 e abril de 2013 apresentaram valores altos para o segundo indicador sobre os acidentes de trânsito e as informações a respeito das características climáticas (segundo par de variáveis canônicas). Desta forma, pode-se dizer que são meses com alta precipitação, altas temperaturas e baixa velocidade de ventos a dois metros e que também apresentaram uma quantidade elevada de acidentes com vítimas em linha reta, um alto índice de choques com objetos fixos e outros acidentes, bem como um elevado número de médio de condutores com menos de 30 anos.

O estudo da associação das características dos acidentes de trânsito e das condições climáticas possibilita se planejar medidas de preventivas para redução de velocidade como utilização de radares e semáforos, de fiscalização em vias com características específicas para determinadas situações climáticas que ocorrem com maior frequência em determinados meses do ano para aquela região.

#### Referências

ALVES, P., RAIJA JUNIOR, A. A. *Análise de correlação entre acidentes de trânsito, uso e ocupação do solo, polos geradores de viagens e população em Uberlândia-MG*. Revista dos Transportes Públicos – ANTP, ano 34. 1º quadrimestre. 2012.

ANTONIOU, C; YANNIS, G; KATSOHIS, D. *Impact of meteorological factors on the number of injury accidents*. In: 13TH WORLD CONFERENCE ON TRANSPORTATION RESEARCH, 13., 2013, Rio de Janeiro.

Proceedings of the 13th World Conference on Transportation Research. Rio de Janeiro: Coppe—Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. v.13, p. 1-16. Disponível em: <<http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/rio/selected/3293.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

**BRASIL.** Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades. *Política Nacional de Mobilidade Urbana*. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/politica-nacional-de-mobilidade-urbana.html>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

**BOGO, R. L., GRAMANI, L. M., NETO, A. C., BALBO, F. A. N.** *Análise de correlação canônica aplicada ao fluxo de tráfego veicular - estudo de caso da rodovia federal BR-116*. Mecânica Computacional, v. XXIX, p. 2071–2081, 2010.

**CAIXETA, C. R., MINAMISAVA, R., OLIVEIRA, L. M. A. C., BRASIL, V. V.** *Morbidade por acidente de transporte entre jovens de Goiânia-Goiás*. Ciência & Saúde Coletiva. Goiânia. v.15, n.4, 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232010000400021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232010000400021)> Acesso em: 13 jul. 2016.

**EISENBERG, D.** *The Mixed Effects of Precipitation on Traffic Crashes*. Accident Analysis and Prevention, Vol. 36, pp. 637-647, 2004.

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades@*. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350750&search=sao-paulo|botucatu|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 18. Jan. 2015.

**IPEA** - Instituto de pesquisa econômica aplicada. *Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do IPEA*. Brasília, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP\\_Estimativa\\_2015.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf)>. Acesso em: 20 de nov. 2017.

**IPEA** - Instituto de pesquisa econômica aplicada. ANTP. Associação nacional de transportes públicos. *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas*. Brasília, 2003.

**JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W.** *Applied multivariate statistical analysis*, 6.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2007, 800 p.

**KNEIB, E. C.** *Mobilidade Urbana e qualidade de vida: do panorama geral ao caso de Goiânia*. Revista UFG, Goiânia, ano XIII, n 2, p. 71-78, 2012. Disponível em: <[http://www.proec.ufg.br/revista\\_ufg/julho2012/arquivos\\_pdf/09.pdf](http://www.proec.ufg.br/revista_ufg/julho2012/arquivos_pdf/09.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2014.

**MORAIS NETO, O. L., MALTA, D. C., MASCARENHAS, M. D. M., DUARTE, E. C., SILVA, M. M. A., OLIVEIRA, K. B.** et al. *Fatores de risco para acidentes de transporte terrestre entre adolescentes no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE)*. Ciência & Saúde Coletiva, 12 (Supl. 2), p. 3043-3052. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/csc/v15s2/a09v15s2.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

**MINGOTI, S. A.** *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2005. 297 p.

**R CORE TEAM R:** *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

**RODRIGUES, S. A.; FERNANDES, P. G.** *Avaliação das características dos acidentes de trânsito do município de Botucatu e suas associações com as condições climáticas*. Tekhne e Logos, v. 6, p. 70-84, 2015.

**ROSA, B. R., SANTOS NETO, N. F., ORRICO FILHO, R. D.** *Canonical correlation applied to the flow of vehicular traffic*. In: 13TH WORLD CONFERENCE ON TRANSPORTATION RESEARCH, 13., 2013, Rio de Janeiro. Proceedings of the 13th World Conference on Transportation Research. Rio de Janeiro: Coppe—Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. v.13, p. 1-16. Disponível em: <<http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/rio/selected/2175.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2017.