

ESTUDO E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM PARA ESTIMAR O TAMANHO DE UMA POPULAÇÃO

Gustavo Rogerio Garcia, (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Walkiria Maria de Oliveira Macerau (Coorientadora, email: wmomacerau@uem.br), George Lucas Moraes Pezzott (Orientador, email: glmpezzott@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Probabilidade e Estatística, Probabilidade e Estatística Aplicadas.

Palavras-Chave: Modelo de Captura-Recaptura; Amostragem; Tamanho populacional; Frota de Veículos.

RESUMO

Diversas aplicações buscam estimar o número de elementos em uma determinada população. Em geral, não é possível observar/contar todos os elementos da população devido à dificuldade operacional e, desta forma, procedimentos estatísticos inferenciais são necessários para obter estimativas para os parâmetros populacionais. Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo estudar técnicas de amostragem via captura-marcação-recaptura para estimação do número de elementos em uma população. Aplicamos os estimadores clássicos de Petersen, Bailey e Chapman para recapturas em duas ocasiões em dados de frota de veículos que frequentam um estacionamento na Universidade Estadual de Maringá. Foi possível analisar quais dias e horários possuem maior rotatividade de veículos, bem como estimar o total de veículos que frequentam o estacionamento.

INTRODUÇÃO

Estimar o tamanho de uma população é uma tarefa fundamental para diversas áreas do conhecimento. Na ecologia, por exemplo, essa estimativa permite inferências espacialmente explícitas de parâmetros populacionais, como abundância, sobrevivência e recrutamento (TOURANI, 2021). Já na área da saúde, é possível fornecer dados mais precisos sobre o número real de infectados de COVID-19, por exemplo.

A técnica de captura-recaptura também pode ser aplicada para estimar o número de veículos que frequentam uma determinada localização (SILVA; PAULA; CÁCERES, 2024). A justificativa para a realização deste tipo de estudo é que tais estimativas impactam diretamente nas decisões sobre a infraestrutura do local estudado. Neste trabalho, temos como objetivo aplicar o método de captura-recaptura para estimar a quantidade de veículos presentes no estacionamento do restaurante universitário e dos blocos D34, C34 e C23 da Universidade Estadual de Maringá.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material

O banco de dados foi obtido por meio de registros das placas dos veículos estacionados no estacionamento do restaurante universitário e dos blocos D34, C34 e C23. Os dados foram diariamente entre os dias 21/06/25 e 25/06/25, e em dois momentos, de manhã e tarde. Cada observação corresponde a um veículo identificado em um dos momentos da coleta, em que se pode identificar a ocorrência de recapturas, ou seja, placas repetidas em diferentes períodos.

Métodos

Para melhor entendimento do método de captura-recaptura, considere duas ocasiões em amostragem de veículos. Na primeira ocasião, observam-se n_1 veículos. Todos têm sua placa anotada. Na segunda ocasião, observam-se n_2 veículos, dos quais pode-se observar que m deles estavam presentes na primeira amostra (recapturas). O método de Petersen constitui a forma clássica de estimação por captura-recaptura para o número de veículos $\hat{N}$ enquanto os estimadores de Bailey e Chapman surgem como alternativas que reduzem o viés em situações de baixo número de recapturas (SEBER, 1982). A Tabela 1 a seguir exhibe as fórmulas dos estimadores e suas respectivas variâncias.

Tabela 1: Estimadores pontuais e suas respectivas variâncias

Estimador	Estimador pontual e sua variância
Petersen	$\hat{N} = \frac{n_1 \cdot n_2}{m}$ $Var(\hat{N}) = \frac{n_1^2 n_2 (n_2 - m)}{m^3}$
Bailey	$\hat{N} = \frac{n_1(n_2+1)}{m+1}$ $Var(\hat{N}) = \frac{n_1(n_2+1)(n_1-m)(n_2-m)}{(m+1)^2(m+2)}$
Chapman	$\hat{N} = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{m + 1} - 1$ $Var(\hat{N}) = \frac{(n_1+1)(n_2+1)(n_1-m)(n_2-m)}{(m+1)^2(m+2)}$

Estes estimadores partem de pressupostos fundamentais, como a suposição de que a população é fechada, ou seja, sem ocorrência de imigração, emigração, nascimentos ou mortes entre as duas amostragens; que todos os elementos têm a mesma e constante probabilidade de serem capturados; e que as capturas são independentes entre si.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 abaixo é possível observar a frequência de veículos registrados nos períodos da manhã e da tarde durante a semana de coleta, o número de recapturas, as estimativas populacionais pelo método de Petersen, Bailey e Chapman e seus respectivos intervalos de confiança para cada dia.

Tabela 2: Estimativas diárias e respectivos intervalos de confiança da frota de veículo que frequentam o estacionamento.

Amostra	Manhã	Tarde	Recapturas	Petersen	Bailey	Chapman
Segunda	40	50	12	167 [104,230]	157 [87, 227]	160 [100, 220]
Terça	59	53	12	260 [162,358]	245 [134,356]	249 [148, 349]
Quarta	100	60	15	400 [277,523]	381 [227, 536]	384 [240, 528]
Quinta	33	25	2	412 [222,602]	286 [28, 544]	294 [34, 553]
Sexta	32	40	10	128 [92,164]	119 [62, 176]	122 [73, 171]

CONCLUSÕES

O estudo aplicou o método de amostragem via captura-recaptura para analisar a rotatividade de veículos em um estacionamento universitário. A técnica mostrou-se eficaz para estimar o tamanho da população e entender os padrões de circulação. Do ponto de vista de modelagem estatística, foi possível observar que o número de capturas e recapturas influencia diretamente a precisão das estimativas populacionais. Os maiores fluxos de veículos foram observados na quarta-feira e quinta-feira, e o menor na sexta-feira. O número médio diário estimado de veículos foi de 273, 237 e 241 para os estimadores de Petersen, Bailey e Chapman, respectivamente, aproximadamente 3 vezes o número médio de veículos observados na amostra. Por fim, concluiu-se que a técnica é uma ferramenta valiosa para o planejamento e organização do espaço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa PIBIC/CNPq/FA/UEM pelo projeto financiado e incentivo à pesquisa científica, que foram fundamentais para a realização deste trabalho. Estendo também meus agradecimentos ao professor George Lucas Moraes Pezzott pela orientação, dedicação e pela oportunidade de aprendizado, que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

TOURANI, Mahdiah. A review of spatial capture–recapture: Ecological insights, limitations, and prospects. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 1, p. e8468, 2022.

SEBER, George Arthur Frederick. **The estimation of animal abundance and related parameters**. 1982.

DA SILVA, Danilo Kauã Santana; DE PAULA, Marcelo; DE SOUZA CACERES, Marília Conceição. Sensibilidade a posteriori de um modelo de Captura-recaptura aplicado a estimação da frota de veículos. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, p. e024026-e024026, 2024.