

# SME0810 - Métodos Não Paramétricos

## Trabalho Prático 2

Ada Maris Pereira Mário 12725432  
Emanuel Victor da Silva Favorato 12558151  
Gabriela dos Santos Amaral 13749681  
Gabriela Scaranello Teixeira de Barros 9284334  
Tayane Leandro Guerrero 11838203

### 1 Introdução

Este trabalho tem como objetivo investigar se diferentes ingredientes utilizados no preparo de pipoca – margarina, manteiga e óleo de cozinha – influenciam significativamente o número de grãos que não estouram durante o processo de cozimento. Para isso, seguimos as instruções do **Experimento 4** descritas no documento de orientação para a realização do trabalho prático da disciplina de Métodos Não Paramétricos (SME0810) do segundo semestre de 2024 e aplicamos os conceitos aprendidos em sala para responder nosso problema de pesquisa.

O experimento utilizou 15 amostras de milho da mesma marca, cada uma contendo exatamente 100 grãos. As amostras foram divididas aleatoriamente em três grupos, com cinco amostras atribuídas a cada ingrediente. Para cada preparo, uma colher de sopa de gordura (isto é, do ingrediente) foi aquecida por um minuto antes da adição dos grãos, que foram rapidamente misturados para garantir uma cobertura uniforme. Em seguida, os grãos foram deixados fora do fogo por 30 segundos e, posteriormente, retornados ao fogão por 3 minutos e 50 segundos. Ao final de cada preparo, contabilizamos o número de grãos que não estouraram. Por fim, organizamos os resultados em uma tabela para análise. A limpeza cuidadosa da panela entre as amostras foi realizada para evitar contaminações cruzadas e garantir a independência das observações.

As hipóteses de pesquisa a serem testadas são:

- **Hipótese Nula ( $H_0$ ):** Todas as populações têm funções de distribuição idênticas.
- **Hipótese Alternativa ( $H_1$ ):** Pelo menos duas das populações diferem quanto à localização.

A hipótese nula indica que o tipo de ingrediente não influencia significativamente o número médio de grãos que não estouram. Já a hipótese alternativa indica que o ingrediente afeta o número médio de grãos que não estouram. Com o auxílio do *software R*, utilizamos o Teste de Kruskal-Wallis - teste método estatístico não-paramétrico adequado para comparar três ou mais grupos independentes - para testar essas hipóteses.

Na seções seguintes será descrito em mais detalhes a teoria que embasou o experimento e procedimentos estatísticos utilizados, bem como a exposição e discussão dos resultados obtidos.

## 2 Metodologia

### 2.1 Detalhamento do Experimento

Como introduzido, foi realizado o Experimento 4 com o objetivo de analisar a influência da utilização de diferentes ingredientes no número de grãos de milho que não estouraram durante o preparo da pipoca. Para isso, foram utilizados 15 amostras de 100 grãos de uma determinada marca de milho de pipoca. As amostras foram enumeradas de 1 a 15 e divididas aleatoriamente em três grupos, contendo 5 amostras de 100 grãos cada. Para cada grupo foi considerado uma colher de sopa de um dos três ingredientes: margarina (grupo 1), manteiga (grupo 2) e óleo de cozinha (grupo 3). Um sorteio aleatório foi realizado para determinar a ordem do cozimento de cada amostra.

O processo experimental seguiu um padrão/rigor para o cozimento de cada uma das amostras, que é descrito a seguir:

1. Inicialmente, uma colher de sopa do ingrediente foi colocada em uma panela aquecida em fogo baixo por um minuto.
2. Após esse tempo, a panela foi retirada do fogo, e os grãos de milho foram adicionados, sendo rapidamente misturados para que todos ficassem cobertos pelo ingrediente. O processo de mistura foi realizado por 30 segundos.
3. Então, a panela, contendo os milhos engordurados pelo ingrediente, foi levada novamente ao fogo. O tempo fixo considerado para o cozimento foi de 3 minutos e 50 segundos.
4. Ao término do tempo fixado, foi contado o número de grãos de milho que não estouraram de maneira satisfatória.
5. Por fim, a panela foi lavada com água fria, garantindo que nenhum resquício do ingrediente utilizado permanecesse, além de garantir que a temperatura da panela voltasse a temperatura ambiente. Então, o experimento é realizado para a próxima amostra sorteada, voltando ao passo 1.

O tempo de 3 minutos e 50 segundos fixado no passo 3, utilizado para as amostras de todos os grupos, foi determinado com base em um teste realizado na primeira amostra cozida. Nesse teste, o tempo foi cronometrado até que os grãos de milho passassem a estourar com menor frequência. Esse procedimento possibilitou determinar um tempo que garantisse o maior número de grãos estourados.

### 2.2 Teste de Kruskal-Wallis

Para realização do teste são calculados os *ranks* ( $R(X_{ij})$ ) de cada observação independente dos grupos e, então, calcula-se a estatística de teste dada por (1). Computacionalmente, a implementação do teste de Kruskal-Wallis se deu por meio da linguagem de programação R, com uso da função `kruskal.test` e ao nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

$$\begin{aligned}
T &= \frac{1}{S^2} \left( \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{n(n+1)^2}{4} \right); \\
\text{em que } R_i &= \sum_{j=1}^{n_i} R(X_{ij}), \quad i = 1, \dots, k; \\
\text{e } S^2 &= \frac{1}{n-1} \left( \sum_{\forall i,j} R(X_{ij})^2 - \frac{n(n+1)^2}{4} \right); \\
\text{com } k &= 3, n_1 = n_2 = n_3 = 5, n = 15.
\end{aligned} \tag{1}$$

Em seguida, foram realizadas comparações múltiplas para detectar quais pares podem ser considerados diferentes, por meio da inequação dada em (2). Aqui,  $R_i$  e  $R_j$  são a soma dos *rank*s das duas amostras;  $t_{1-\alpha/2}$  é o quantil  $(1 - \alpha/2)$  da distribuição *t-Student* com  $(n - k)$  graus de liberdade. As populações  $i$  e  $j$  são consideradas diferentes se a inequação é satisfeita.

$$\left| \frac{R_i}{n_i} - \frac{R_j}{n_j} \right| > t_{1-\alpha/2} \left( \frac{S^2(n-1-T)}{n-k} \right)^{1/2} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)^{1/2} \tag{2}$$

### 3 Resultados e Discussões

A tabela 1 apresenta os resultados da contagem de grãos não estourados em cada amostra, separando os dados por ingrediente (margarina, manteiga e óleo).

	Margarina	Manteiga	Óleo
<b>Amostra 1</b>	18	19	11
<b>Amostra 2</b>	16	10	11
<b>Amostra 3</b>	24	50	9
<b>Amostra 4</b>	27	11	12
<b>Amostra 5</b>	24	15	11

Tabela 1: Número de grãos de milho que não estouraram para cada ingrediente.

Durante a realização do experimento, foram tiradas algumas fotos do procedimento e dos ingredientes, que podem ser vistas nas figuras 1 a 4.



Figura 1: Integrantes do grupo posando para a foto



Figura 2: Integrantes do grupo realizando o experimento



Figura 3: Panela utilizada no experimento



Figura 4: Amostras e ingredientes utilizados no experimento

A análise das figuras 5 e 6 nos traz algumas sugestões das diferenças existentes entre os grupos, com especial atenção à baixa variabilidade dos dados amostrais provenientes do óleo e do outlier observado para a manteiga.

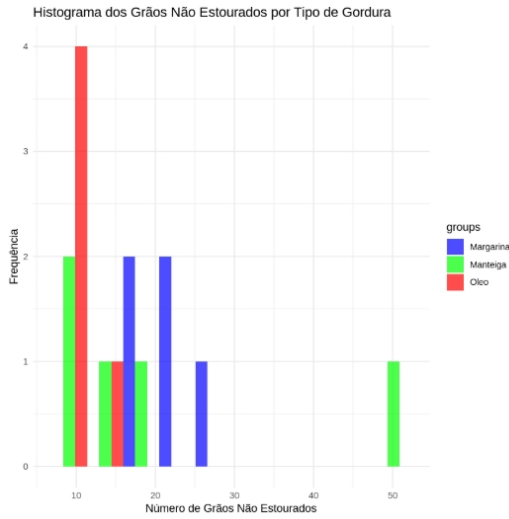


Figura 5: Histograma para a distribuição dos dados

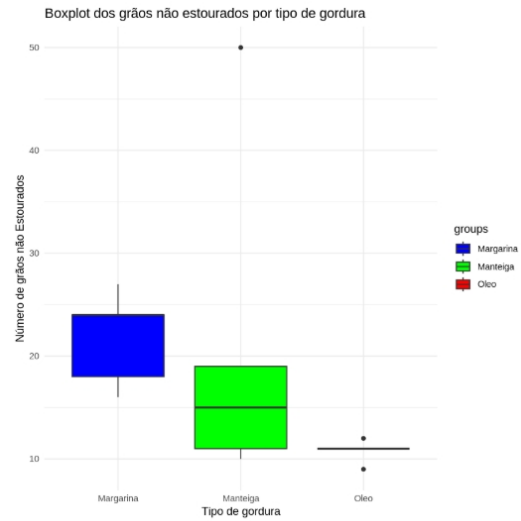


Figura 6: Boxplot para a dispersão dos dados

Já a análise dos gráficos de violino e do coeficiente de variação CV, como apresentado nas figuras 7 e 8, nos traz informações acerca da consistência e da variabilidade desses dados, mais uma vez destacando a boa distribuição dos dados para o óleo e a instabilidade daqueles provenientes da manteiga.

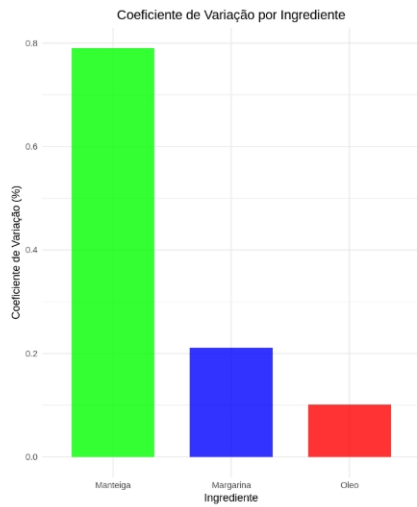


Figura 7: Visualização dos coeficientes de variação

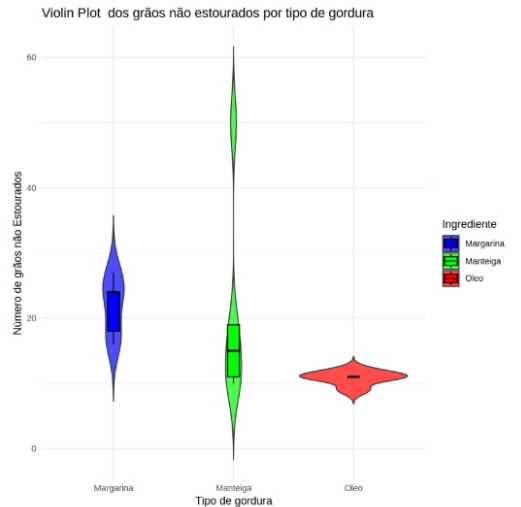


Figura 8: Gráfico de violino para a variabilidade

Com o cálculo dos *ranks*, foram encontrados os valores observados na Tabela 2. A partir deles, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, sendo a estatística encontrada  $t = 6.7985$ , o que resultou em um nível descritivo  $P(T \geq t) = 0.0334 < \alpha = 0.05$  e, assim, rejeitou-se  $H_0$ .

	Margarina	Manteiga	Óleo
<b>Amostra 1</b>	10	11	4.5
<b>Amostra 2</b>	9	2	4.5
<b>Amostra 3</b>	12.5	15	1
<b>Amostra 4</b>	14	4.5	7
<b>Amostra 5</b>	12.5	8	4.5

Tabela 2: *Ranks* das observações

Logo, ao nível de 5% de significância, os dados forneceram evidências de que pelo menos um dos grupos difere dos demais, no que tange ao número de grãos que não estouraram.

Para as comparações múltiplas, o par que diferiu foi o grupo da Margarina contra o grupo do Óleo, com os demais pares resultando em não diferentes, algo que pode ser observado na figura 9.

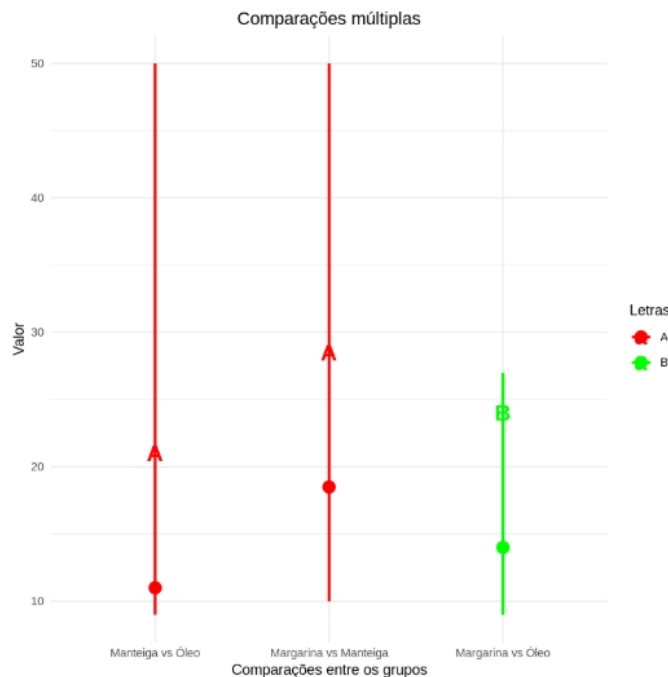


Figura 9: Gráfico de comparações múltiplas

## 4 Conclusões

Os resultados obtidos no estudo indicam que o tipo de ingrediente utilizado no preparo da pipoca influencia significativamente o número de grãos que não estouraram, conforme evidenciado pela rejeição da hipótese nula no Teste de Kruskal-Wallis. A análise dos *ranks* e as comparações múltiplas apontaram diferenças significativas entre o grupo que utilizou margarina e o grupo que utilizou óleo, com o último apresentando menor número de grãos não estourados. Esse resultado sugere que o óleo pode ser o

ingrediente mais eficiente para o preparo de pipoca no contexto experimental considerado.

É importante destacar que, embora a manteiga não tenha apresentado diferença significativa em relação aos demais ingredientes nas comparações múltiplas, observou-se uma maior variabilidade nos dados provenientes deste grupo, o que pode ter impactado na análise. Além disso, a presença de um *outlier* no grupo da manteiga pode indicar que fatores externos, como temperatura ou homogeneidade na cobertura dos grãos, podem ter influenciado os resultados.

De forma geral, o experimento demonstrou a aplicabilidade de métodos estatísticos não paramétricos para a análise de problemas práticos, como a escolha de ingredientes para otimizar o preparo de alimentos. No entanto, recomenda-se a realização de novos estudos com maior número de amostras para validar as conclusões e explorar outros fatores que possam afetar o desempenho dos ingredientes, como as condições de cozimento.

Por fim, o presente trabalho ressalta a importância da rigorosa padronização experimental e do uso de ferramentas estatísticas adequadas, como o Teste de Kruskal-Wallis, para responder questões de pesquisa em cenários onde as premissas dos testes paramétricos não são atendidas.