



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA

Efeitos do Tratamento e Variedade de Temperatura na Quantidade de Suco Extraído de Limões

Bruna Morgado Semprini Rodrigues - 204227

Luis Pasquali Bahamondes - 236213

Malcolm dos Reis Alves Pereira - 187642

Paulo Massao Asakura de Oliveira - 236265

Campinas

Maio de 2024

Sumário

1	Introdução	2
2	Materiais e métodos	2
2.1	Dados	2
2.2	Análise Descritiva	3
2.3	Modelo	4
3	Resultados	4
3.1	Análise da Variância (ANOVA)	4
3.2	Análise dos Resíduos	4
4	Conclusão	5
5	Referências	6

1 Introdução

No mundo da culinária doméstica, muitos mitos surgem sobre a melhor forma de aproveitar certos alimentos, sendo um desses mitos referente à extração de suco de limão. Este estudo tem como objetivo testar a veracidade de alguns desses mitos, focando na influência da temperatura do limão no momento da extração e se o amaciamento prévio do fruto impacta na quantidade de suco obtido. A motivação para este experimento surge da necessidade de validar ou desmistificar práticas comuns na cozinha, fornecendo uma base científica para essas técnicas.

Dessa forma, este experimento proporciona uma compreensão mais clara sobre os métodos de extração de suco de limão, oferecendo evidências que podem ajudar a otimizar essa prática comum na culinária, ao mesmo tempo que desmistifica crenças sem fundamento científico.

Para isso, será feito um experimento fatorial com dois fatores, onde um fator é a temperatura do limão e o outro é o rolamento prévio ou não da fruta. Para analisar os resultados, serão utilizados recursos gráficos e a análise de variância adequada. O objetivo é determinar a influência individual e combinada desses fatores na quantidade de suco extraído, assegurando a precisão dos dados coletados.

2 Materiais e métodos

2.1 Dados

Para o estudo em questão, os dados foram de coleta própria. Tal coleta foi feita a partir da aleatorização de 30 limões da espécie thaiti, todos com uma semelhança de tamanho, entre 6 grupos, eram estes:

- Limões mantidos a 10^o C e que foram rolados no balcão
- Limões mantidos a 10^o C e que não foram rolados no balcão
- Limões mantidos a 25^o C e que foram rolados no balcão
- Limões mantidos a 25^o C e que não foram rolados no balcão
- Limões mantidos a 60^o C e que foram rolados no balcão
- Limões mantidos a 60^o C e que não foram rolados no balcão

Depois que os grupos foram separados e que os limões foram submetidos à mudanças de temperatura até que estes se encontrassem na temperatura desejada, o rolamento no balcão foi executado para os grupos que sofreriam esse tratamento. A fim de minimizar ao máximo a variabilidade nos resultados por um fator externo, em todos os casos o rolamento foi executado por uma mesma pessoa durante um mesmo período de tempo, 10 segundos. Além disso, com o mesmo intuito, o suco foi extraído através de um espremedor de frutas manual onde, para todas as 30 replicações do estudo, este foi manuseado por uma única pessoa. A quantidade de suco que foi extraído de cada suco foi medido em mililitros por meio de um copo que apresentava marcas a cada 0.1 mL. A seguir, é apresentada uma tabela com as médias encontradas para cada um dos grupos de temperatura e do tratamento de rolamento realizado:

Tabela 1: Tabela com as médias obtidas nos diferentes tratamentos

Rolou	Temperatura (°C)			Total
	10	25	60	
Sim	52.6	50.6	49.8	765
Não	50.5	49.3	50	749
Total	516	500	499	1514

2.2 Análise Descritiva

A partir dos dados coletados obteve-se os seguintes resultados:

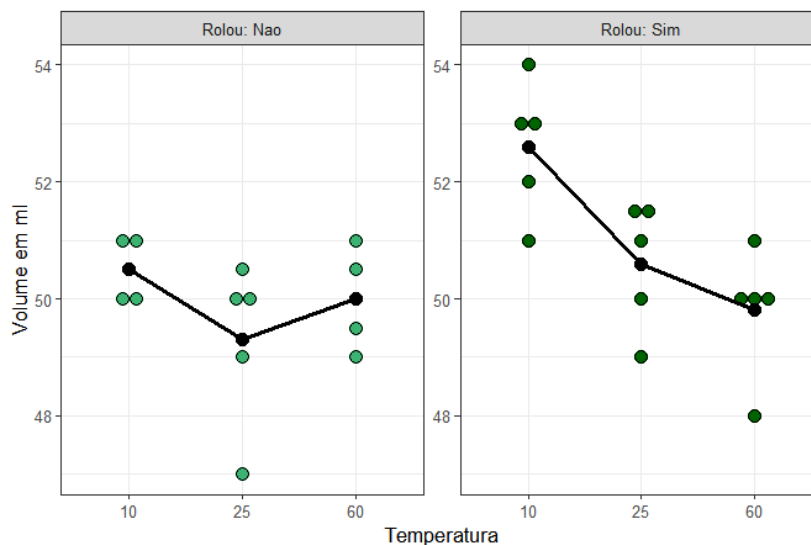


Figura 1: Dotplot dos resultados em função do tratamento rolamento

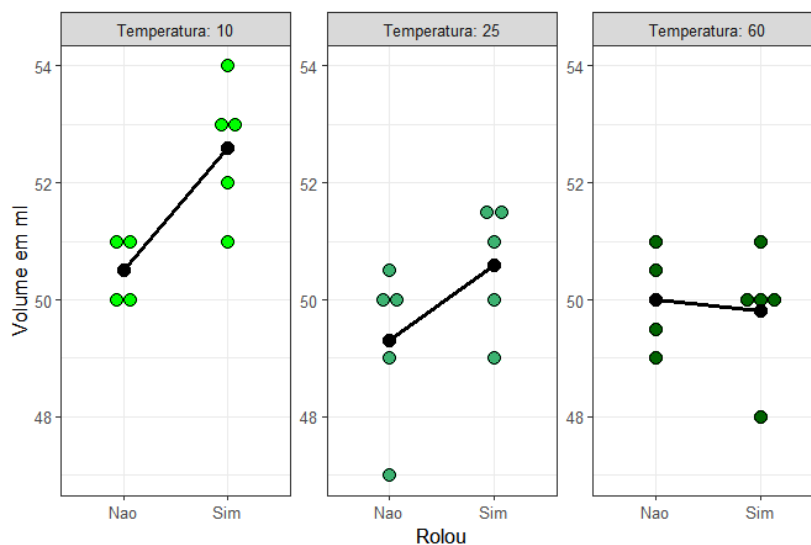


Figura 2: Dotplot dos resultados em função do tratamento temperatura

Pode-se observar na Figura 1 a descrição do fator rolamento, com seus dois tratamentos, em função da variável resposta volume do suco de limão. Pode-se ter em vista também a Figura 2 que apresenta o fator temperatura, e seus três tratamentos, em função da variável resposta.

Analisando apenas as Figuras 1 e 2 não se pode chegar a uma conclusão cientificamente verdadeira, contudo é possível observar que, na maioria dos casos, os limões que foram submetidos ao rolamento contra a superfície apresentaram valores maiores de suco extraído. Além disso, os limões que passaram pelo resfriamento, sendo espremidos quando estavam a 10°C, também produziram mais suco.

Consideramos então um experimento que envolve dois fatores e estamos interessados em saber o efeito de cada fator na variável resposta. Ademais, sabe-se que temos o mesmo número de replicações para cada combinação de fator, ou seja, temos um experimento balanceado.

2.3 Modelo

Apesar do efeito da temperatura não ser o mesmo para os dois tratamentos de rolamento e vice-versa, indicando uma possível interação, após testar o modelo de experimento fatorial com dois fatores saturado (o que inclui a interação), observou-se, a partir de um teste F com nível de significância $\alpha = 0.05$ que a interação não é significativa. Portanto, a interação foi retirada do modelo. Assim, o modelo não saturado foi o usado neste caso e este é dado por:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}, \quad i = 1, 2, \quad j = 1, 2, 3 \text{ e } k = 1, \dots, 5$$

No modelo, as componentes dizem respeito a:

- y_{ijk} : A variável resposta do modelo pra cada um dos tratamentos
- μ : A média geral
- τ_i : O efeito do tratamento i do primeiro fator (rolamento ou não)
- β_j : O efeito do tratamento j do segundo fator (temperatura do limão)
- ε_{ijk} : O erro atribuído à observação em questão

3 Resultados

3.1 Análise da Variância (ANOVA)

A princípio, supomos que ambos os fatores são significativos e que existe alguma interação entre eles. Porém, para que o modelo possa ser traçado com todas as suposições, estas devem ser testadas a partir de um teste de hipótese. A partir de um teste F, podemos ver que, para um nível de significância $\alpha = 0.05$, confirmamos a hipótese nula de que os efeitos tanto da temperatura quanto do rolamento são, de fato, significativos pra quantidade de suco que será extraída de cada limão, já que, o p-valor observado nesses dois casos é $< \alpha$. Porém, quando vamos ver se a interação entre os fatores é significante, observamos um $p - \text{valor} = 0.06 > \alpha$, ou seja, temos evidências pra rejeitar a hipótese de que a interação entre temperatura e rolamento é, de fato, significativa na quantidade de suco de limão extraído. Com isso, se opta pelo modelo sem a interação entre os fatores cuja tabela ANOVA é apresenatada a seguir:

Tabela 2: Tabela ANOVA sem interação

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
temperatura	2	17.62	8.81	6.98	0.0037
rolou	1	8.53	8.53	6.76	0.0152
Residuals	26	32.82	1.26		

3.2 Análise dos Resíduos

Para que haja comprovação da eficácia do nosso modelo e das inferências feitas sobre ele, é necessário que o mesmo satisfaça as seguintes suposições sobre o erro:

- Devem ser normais;
- Devem ser independentes;

- Devem ter uma variação constante.

Para verificarmos essas suposições fazemos a análise de resíduos que são calculados da seguinte forma:

$$e_{ijk} = y_{ijk} - \hat{y}_{ijk} = y_{ijk} - \bar{y}_{ij}.$$

Onde \hat{y}_{ijk} é a estimativa da observação y_{ijk} calculada a partir do modelo criado.

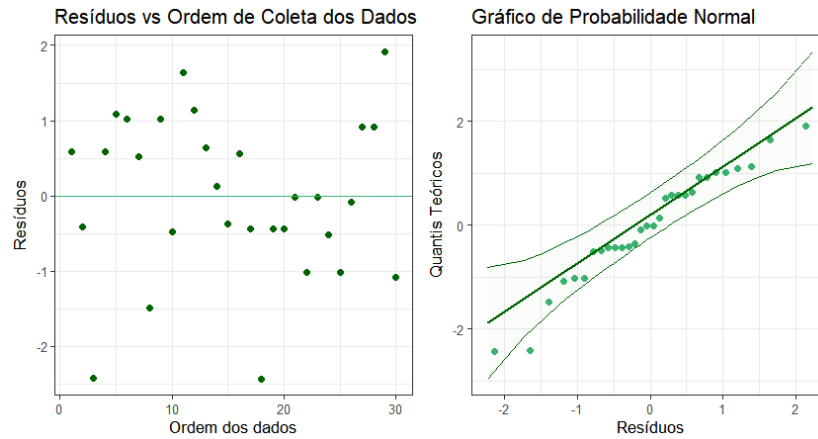


Figura 3: Gráfico de dispersão dos resíduos vs ordem dos dados e QQplot dos resíduos

A partir da Figura 3, podemos observar no gráfico de dispersão dos resíduos que não há uma tendência entre eles mostrando que existe a independência. Além disso, pode-se constatar que a variância aparenta ser constante. Por fim, através do QQplot, podemos verificar que apenas um ponto sai da banda de confiança, o que não é o suficiente para invalidar a suposição de normalidade dos resíduos.

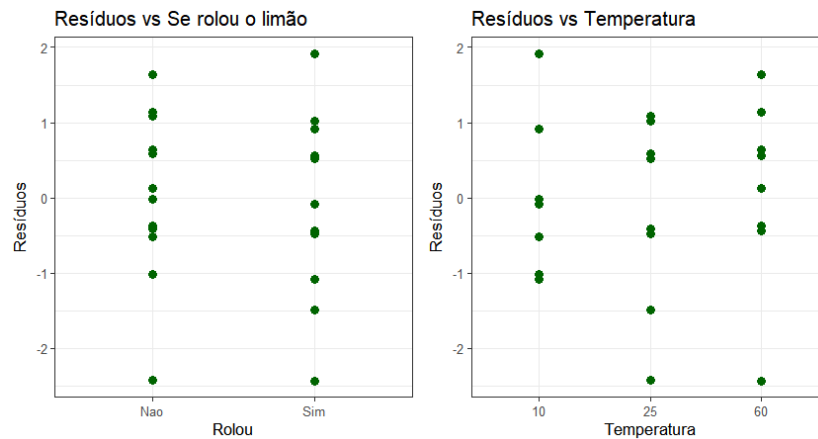


Figura 4: Gráfico dos resíduos com níveis dos fatores

Observando a Figura 4 podemos observar também que a variância dos resíduos é constante para os diferentes tratamentos. Portanto, todas as suposições do modelo foram satisfeitas.

4 Conclusão

Os resultados do experimento revelaram insights significativos sobre a extração de suco de limão. Inicialmente, observou-se que a temperatura do limão e o rolamento prévio impactam de maneira distinta a quantidade de suco extraído. Limões resfriados a 10 °C produziram mais suco em comparação com aqueles mantidos a 25 °C e 60 °C. Além disso, os limões que foram rolados antes de serem espremidos também resultaram em uma maior quantidade de suco extraído.

A análise de variância (ANOVA) confirmou que ambos os fatores, temperatura e rolamento, são estatisticamente significativos com p-valores inferiores a 0,05, validando a hipótese de que cada fator individualmente influencia a quantidade de suco. No entanto, a interação entre os dois fatores não foi significativa (p-valor = 0,06), indicando que a mudança na temperatura não altera o impacto do rolamento e vice-versa.

Os gráficos de dispersão dos resíduos e o QQplot mostraram que os resíduos são normais, independentes e apresentam variação constante, satisfazendo todas as suposições necessárias para a validade do modelo utilizado. Esses resultados corroboram que limões mais frios e aqueles que passaram pelo processo de rolamento prévio são mais eficazes na extração de suco. Em conclusão, o experimento desmistifica práticas culinárias comuns, fornecendo evidências científicas sobre as melhores condições para maximizar a extração de suco de limão.

5 Referências

- Slides de ME623 da professora Tatiana Benaglia
- D. C. Montgomery. Design and Analysis of Experiments, 8th edition. John Wiley & sons, 2012.
- Códigos podem ser encontrados clicando **AQUI**