

Transformação dos dados por postos alinhados em experimento de avaliação da qualidade do extrato de tomate

Data transformation by aligned posts in tomato extract quality assessment experiment

DOI:10.34117/bjdv6n11-571

Recebimento dos originais: 20/10/2020

Aceitação para publicação: 26/11/2020

Caroline Xavier dos Santos

Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás

Instituição: Universidade Estadual de Goiás

Endereço: BR 153, N° 3105 – Campus Henrique Santillo, Anápolis – Goiás, Brasil

E-mail: eng.agricolacarolxavier@gmail.com

Ivandro José de Freitas Rocha

Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás

Instituição: Universidade Evangélica de Goianésia

Endereço: R. 18, S/N, Goianésia - Goiás, Brasil

E-mail: ivandro_rocha@yahoo.com.br

Carlos Eduardo Bento Barbosa

Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás

Instituição: Universidade Anhanguera de Anápolis

Endereço: Av. Universitária, 683 - Centro, Anápolis – Goiás, Brasil

E-mail: carloskun.ce@gmail.com

Sueli Martins de Freitas Alves

Pós-Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Estadual de Goiás

Endereço: BR 153, N° 3105 – Campus Henrique Santillo, Anápolis – Goiás, Brasil

E-mail: suelifreitas@ueg.br

RESUMO

Para obter resultados confiáveis na análise de variância é necessário o atendimento dos pressupostos básicos e quando necessário a utilização de técnicas adequadas de transformação. A transformação por postos alinhados, pertencem ao grupo de novas técnicas que fornece resultados mais robustos para experimentos fatoriais não paramétricos. O objetivo do trabalho é o uso da transformação postos alinhados em experimento de caracterização de qualidade do extrato de tomate oriundos de diferentes grupos e estádios de maturação. Os frutos foram adquiridos de um produtor no município de Silvânia e escolhidos pela classificação de grupos (italiano e saladete) e estádios de maturação (maturos e maduros). Após a preparação do extrato foi realizada as análises de qualidade do produto (coloração, potencial hidrogeniônico, acidez titulável, sólidos solúveis, índice de maturação, vitamina C, licopeno e β -caroteno). Para verificação do atendimento aos pressupostos básicos para análise de variância foi utilizado os testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, e para as variáveis que não atenderam os pressupostos foram testadas transformações (log (x), BoxCox, postos e postos alinhados). As variáveis °Hue, croma,

pH, sólidos solúveis, índice de maturação e vitamina C atenderam os pressupostos, a variável β -caroteno atendeu os pressupostos após a transformação por $\log(x)$, para o licopeno a transformação mais indicada foi por postos e as variáveis luminosidade e acidez titulável foram transformadas por postos alinhados gerando resultados mais confiáveis.

Palavras-Chave: ARTool, Postos Modificados, Estatística.

ABSTRACT

To obtain reliable results in the analysis of variance, it is necessary to meet the basic assumptions and, when necessary, the use of appropriate transformation techniques. The transformation by aligned posts, belong to the group of new techniques that provide more robust results for nonparametric factorial experiments. The objective of the work is to use the transformation stations aligned in an experiment to characterize the quality of tomato extract from different groups and maturation stages. The fruits were purchased from a producer in the municipality of Silvânia and chosen by the classification of groups (Italian and saladete) and ripening stages (ripe and ripe). After the preparation of the extract, product quality analyzes were performed (color, hydrogen potential, titratable acidity, soluble solids, maturation index, vitamin C, lycopene and β -carotene). To verify compliance with the basic assumptions for analysis of variance, the Bartlett and Shapiro-Wilk tests were used, and for the variables that did not meet the assumptions, transformations were tested ($\log(x)$, BoxCox, aligned posts and posts). The variables $^{\circ}$ Hue, chroma, pH, soluble solids, maturation index and vitamin C met the assumptions, the variable β -carotene met the assumptions after the transformation by $\log(x)$, for lycopene the most indicated transformation was by positions and the variables luminosity and titratable acidity were transformed by aligned stations generating more reliable results.

Keywords: ARTool, Modified Posts, Statistics.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade de produtos alimentícios está relacionada com às expectativas dos consumidores em relação as suas características internas (composição nutricional e sabor) e externas (aparência do produto), sendo critérios de escolha e aceitação do produto (AGUIAR et al. 2015). A qualidade dos derivados de tomates depende da cultivar utilizada, das condições das áreas de produção, do estágio de maturação, dos cuidados desde a colheita até o processamento, entre outras influências (SILVA & GIORDANO 2000).

É importante na análise de qualquer experimento a verificação dos pressupostos para a análise de variância, pois visa encontrar resultados confiáveis que consequentemente afetam na tomada de decisão (SASTE et al. 2016). Quando tais pressuposições não são atendidas, a confiabilidade das análises paramétricas fica comprometida podendo levar a falsas conclusões a respeito dos efeitos de tratamento (STEEL et al. 1997, MARTIN & STORCK 2008, STORCK et al. 2011).

Quando ocorrem violações as pressuposições existem diversas possibilidades entre elas a transformação dos dados em nova escala, de maneira que os dados obedeçam às pressuposições, ou o

emprego de análises não paramétricas que possuem pressupostos mais brandos em relação aos dados do que os equivalentes testes paramétricos (MARTIN & STORCK 2008; STORCK et al. 2011).

Diversas técnicas de transformação de dados são disponíveis para normalizar os erros, entretanto em alguns casos a utilização das transformações adequadas não conseguem atingir o objetivo ao atendimento dos pressupostos, sendo recomendado a utilização de análises não-paramétricas. Os métodos não paramétricos que dependem apenas da ordem das classificações e não da distribuição aparente arbitrária de valores numéricos são testes mais poderosos para analisar conjuntos de dados que violam os pressupostos (SASTE et al. 2016).

CONOVER & IMAN (1981) sugere o método de transformação em postos que são calculados em médias no caso de empates, sobre um conjunto de dados e, em seguida, utiliza o teste de F paramétrico, resultando em um procedimento fatorial não paramétrico. No entanto, SALTER & FAWCETT (1993), HIGGINS & TASHTOUSH (1994) argumentam que esta análise produz resultados imprecisos para efeitos de interação tornando esse método inadequado para desenhos fatorial.

Novas técnicas de transformações têm sido propostas para a realização de análises não-paramétricas para experimentos fatoriais. A transformação por postos alinhados (ART), proposto por HIGGINS & TASHTOUSH (1994) pertencem a essas novas técnicas, a qual fornece um resultado confiável para os efeitos principais e interação. O alinhamento destes postos implica que alguma estimativa de um local (por exemplo, para o efeito de um determinado nível de fator), como a média ou mediana da observação, é subtraída de cada observação. SASTE et al. (2016) sugerem a transformação de postos alinhados como um método robusto para experimentos fatorial não paramétricos.

O objetivo do presente trabalho é o uso da transformação postos alinhados em experimento de caracterização de qualidade do extrato de tomate oriundos de diferentes grupos (saladete e italiano) e estádios de maturação (maduro e maduro) em variáveis que não atenderam os pressupostos básicos para a análise de variância.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de tomate foram adquiridos na fazenda Japhanato, na região de Silvânia/GO, localizada a 16°43.059'S e 48°41.380'O à qual produz tomates das variedades Valerim (Saladete) e Colt (Italiano), destinados a comercialização no CEASA. Os tomates foram escolhidos a partir da classificação CEAGESP (2004) de grupo (Saladete e Italiano) e subgrupo (Maduro e Maduro). Após os

frutos foram levados até o Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais, onde foi realizada o experimento.

Para a caracterização de qualidade do extrato de tomate utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 constituído por grupos (salada e italiano) e estádios de maturação (maduro e maturo), com 4 repetições.

Para a elaboração do extrato de tomate, dividiu-se o fruto em 4 partes iguais, em seção longitudinal, com auxílio de uma faca de aço inoxidável, sendo as sementes removidas. Em seguida o fruto (sem sementes) foi processado por uma centrífuga *Mondial Juicer com potência de 300 w* e submetidos ao cozimento monitorado em 95 – 97°C, por aproximadamente 7 minutos, segundo a Resolução - CNNPA nº 12 (BRASIL 1978, ANDRADE 2004).

As variáveis avaliadas em cada tratamento foram: coloração, potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis, acidez titulável, índice de maturação segundo AOAC (2012), vitamina C (AOAC 2012, BENASSI & ANTUNES modificado 1998), licopeno e β -caroteno (RODRIGUEZ-AMAYA 2001, LIME & GRIFFITHS 1957, GEORGÉ et al. 2011).

Após a análise físico-química e bioativa, foi verificado os pressupostos para realização da análise de variância, conforme o delineamento experimental. Aquelas que não atenderam os pressupostos de homogeneidade de variância foram transformadas. Primeiramente utilizou-se a transformação log x (BARBIN 2003), em seguida utilizou-se a metodologia da transformação BoxCox (BOX & COX 1964) pelo software Past (HAMMER et al., 2001) e depois a transformação por Postos (CONOVER & IMAN 1981) todas com a finalidade de estabilizar ou reduzir a variabilidade existente e normalizar os resíduos.

Para as variáveis que foram transformadas por postos e apresentaram interação significativa realizou-se uma nova análise de variância por meio do programa R pelo pacote ARTool, o qual transforma os dados por postos alinhados, para conferir se a interação é significativa (WOBBROCK et al. 2011).

Para as análises estatísticas foram utilizadas planilhas, os softwares Sisvar 5.6 (FERREIRA 2014) e o programa R versão 3.5.1 (R CORE TEAM 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a verificação da homogeneidade e normalidade dos erros obteve-se que as variáveis °Hue, coroma, pH, sólidos solúveis, índice de maturação e vitamina C apresentaram homogeneidade de variância e conseqüentemente foi realizada a análise de variância (Tabela 1).

TABELA 1. Análise dos pressupostos de homogeneidade de variância (Teste de Bartlett) e normalidade dos dados (Teste de Shapiro-Wilk) após as transformações Log (x) e Box-Cox para o extrato de tomate.

Variáveis	Sem Transformação		Log (x)		Box-Cox	
	K	W	K	W	K	W
°Hue	1.8177ns	0.86187*				
Croma	6.0492 ns	0.94893 ns				
Luminosidade	11.834*	0.86845 *	9.7659*	0.87744*	9.8056*	0.8773*
pH	5.6624ns	0.94209 ns				
Acidez titulável	11.614*	0.87676 *	7.9982*	0.87987*	8.1157*	0.87986*
Sólidos Solúveis	3.2909ns	0.91021 ns				
Índice de Maturação	4.0973ns	0.8498 *				
Vitamina C	2.4852 ns	0.85803 *				
Licopeno	30.293*	0.77427 *	11.667*	0.82322*	11.841*	0.82216*
β-Caroteno	21.23*	0.81071 *	3.0825 ns	0.82207*		

Teste de Bartlett (K); Teste de Shapiro-Wilk (W); * significativo a 5% de probabilidade ($p\text{-value} \leq 0,05$); ns não significativo ($p\text{-value} > 0,05$).

Contudo, nem todas as variáveis apresentaram distribuição normal, entretanto deve-se levar em consideração que para testes paramétricos os resultados são válidos mesmo quando há pequenos desvios da normalidade e homocedasticidade (RESENDE 2007). Além disso, geralmente em experimentos não é verificado a normalidade, pois o tamanho amostral avaliado frequentemente não é grande o suficiente para o atendimento desta pressuposição (PIMENTEL GOMES 2009).

As variáveis luminosidade, acidez titulável, licopeno e β-Caroteno rejeitaram os pressupostos (Tabela 1). No caso, de não atendimento as pressuposições de normalidade e homocedasticidade é necessário o ajuste das variáveis sem gerar sérios equívocos nas informações resultantes (XU et al. 2013), sendo recomendado a transformação dos dados para uma forma mais parecida com um quadro de distribuição normal ou a utilização de um procedimento onde a suposição de normalidade não seja necessária que é o caso das análises não paramétricas.

As transformações tradicionais recomendadas são logarítmicas, raiz quadrada, raiz quadrada recíproca e arco-seno, tendo como objetivo conseguir homogeneidade de variâncias e uma distribuição aproximadamente normal (COUTO et al. 2009, CUSTÓDIO & BARBIN 2009, LÚCIO et al. 2010, LÚCIO et al. 2011). Entretanto, como as variáveis analisadas são quantitativas contínuas, a transformação recomendada segundo BARBIN (2003) é a logarítmica. Após a transformação dos dados em log (x) e a verificação da normalidade e homogeneidade de variâncias dos dados observou que apenas a variável β-Caroteno atendeu os pressupostos podendo ser realizada a análise de variância com os dados transformados em log x, entretanto as demais variáveis continuaram não atendendo os pressupostos sendo necessária um outro tipo de transformação.

Outra opção de transformação utilizada foi a Box-Cox (BOX & COX 1964) que é amplamente utilizada por permitir e identificar a melhor transformação, com base na utilização de um valor λ (*lambda*) que maximize o estimador de máxima verossimilhança e minimize o resíduo (CHUNG et al. 2007, LÚCIO et al. 2011). Entretanto, mesmo após a transformação pela técnica Box-Cox as variáveis analisadas não atenderam os pressupostos.

Após a verificação de todas as transformações recomendadas, constatou que as variáveis Luminosidade, Acidez titulável e Licopeno não assumiram distribuição normal e nem homogeneidade de variância, sendo então utilizado uma análise não paramétrica por meio da transformação em postos seguida por uma análise de variância recomendada por CONOVER & IMAN (1981).

A vantagem de atribuir postos á todas observações se dá pelo fato de que a análise de variância pode ser aplicada nos dados transformados em postos, obtendo-se resultados confiáveis para os efeitos principais e interações (FAGUNDES 2012). A análise de variância dos dados transformados das variáveis luminosidade, acidez titulável e licopeno são expressos na Tabela 2.

TABELA 2. Análise de variância dos dados de qualidade do extrato de tomate em diferentes grupos e estádios de maturação após a transformação por postos.

Fator	GL	Luminosidade		Acidez Titulável		Licopeno	
		QM	P-Value	QM	P-Value	QM	P-Value
Grupo (G)	1	4,0000	0,3169ns	256,0000	0,0000*	144,0000	0,0086*
Maturação (M)	1	256,0000	0,0000 *	0,0000	0,9975 ns	0,2500	0,8981ns
G * M	1	36,0000	0,0086*	64,0000	0,0000*	20,2500	0,2621ns
Resíduo	12	3,6667	-	1,6667	-	14,6250	-
Total	15	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	22,53		15,19		44,9900	
Média geral	-	8,5		8,5000		8,5000	

Graus de liberdade (GL), Quadrado médio (QM), coeficiente de variação (CV), *Significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade.

Verifica-se que a variável licopeno apresentou interação significativa apenas para o grupo e as variáveis luminosidade e acidez titulável apresentaram diferença significativa para os fatores maturação e grupo, respectivamente, e ambas apresentaram interação significativa dos fatores. Observa-se que a luminosidade do derivado extrato varia conforme a maturação e o grupo do fruto, sendo que quanto mais maduro o fruto mais escuro a luminosidade fica gerando um valor menor (HEREDIA et al. 2010), e dependendo do grupo a luminosidade também é afetada, sendo que o grupo italiano apresenta coloração mais escura (menor luminosidade) comparada com o grupo salada (SANTOS et al. 2018). Assim como, a luminosidade a acidez titulável também varia conforme a combinação do grupo e da maturação dos frutos de tomate, sendo que o grupo salada apresenta mais

acidez comparado com o grupo italiano (ARAÚJO et al. 2014) e tomates maduros apresentam menores valores de acidez devido à perda de ácido cítrico que ocorre no final da maturidade (TEKA, 2013).

Entretanto, na transformação por postos, CONOVER & IMAN (1981) determinaram que esse processo produz apenas resultados confiáveis para os efeitos principais, as interações estão sujeitas a grandes aumentos nos erros do Tipo I (SALTER & FAWCETT 1993, HIGGINS & TASHTOUSH 1994). Sendo assim, para as variáveis luminosidade e acidez titulável é necessário a verificação deste resultado.

Os autores HIGGINS & TASHTOUSH (1994), WOBBROCK et al. (2011) aponta a transformação de postos alinhados (ART) para verificar os resultados em casos em que a apresenta diferença significativa entre as interações resultantes de uma análise não paramétrica fornecendo resultados mais precisos para efeitos principais e de interação.

O procedimento foi realizado pelo seguinte código em que primeiramente é instalado e carregado o pacote Artool e em seguida os dados da variável acidez titulável e luminosidade foram executados em uma tabela de dados no formato.csv (WOBBROCK et al. 2011)

```
#Instalar o pacote ARTool
install.packages ("ARTool")
library (ARTool)
#Executar os dados pela planilha no formato cvs
extrato<-read.csv ("extrato_AT.csv", header=TRUE)
extrato
```

Para a realização da análise de variância para as variáveis acidez titulável (AT) e luminosidade avaliando a interação dos fatores grupo e maturação utilizou o procedimento ART pelo seguinte código:

```
#Rodar ANOVA com a transformação por postos alinhados
m = art (AT~ Grupo * Maturacao + (1 | T), data = extrato)
anova (m)
```

A Tabela 3 apresenta o resultado da análise de variância para as variáveis acidez titulável e luminosidade. Após a transformação por postos alinhados pelo pacote ARTool, no software R obteve-se que as variáveis luminosidade e acidez titulável não apresentaram diferença significativa para os fatores e para a interação.

TABELA 3. Análise de variância dos dados de qualidade do extrato de tomate em diferentes grupos e estádios de maturação após a transformação por postos alinhados.

Fator	G.L.	Luminosidade			Acidez titulável		
		F	Df.res	P-Value	F	Df.res	P-Value
Grupo (G)	1	1,5468	53,081	0,2190 ns	2,7688	2118,7	0,0962 ns
Maturação (M)	1	1,9650	4257,168	0,1610 ns	2,5912	1159,6	0,1077 ns
G * M	1	2,5897	896,658	0,1079 ns	1,9327	5047,8	0,1645 ns

Graus de liberdade (GL) *Significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que os resultados se diferem quando utiliza-se transformação por postos e por postos alinhados. Considerando o resultado gerado pela transformação por postos temos que as variáveis luminosidade e acidez titulável apresenta os fatores maturação e grupo, respectivamente, significativos, assim como a interação dos mesmos gerando um resultado em relação a esta combinação. Porém quando analisamos por postos alinhados verifica-se que não apresenta diferença significativa para a interação e nem para os fatores analisados. Nesse resultado tem-se que a luminosidade e acidez titulável, para este experimento, independe dos fatores analisados, tanto a cor (luminosidade) quanto a acidez do extrato de tomate não varia quando se tem grupo salada e italiano ou maduro e maduro.

Segundo WOBROCK et al. (2011) o resultado gerado pela transformação por postos alinhados pelo pacote ARTool apresenta resultados mais confiáveis em comparação com a transformação por postos. Sendo assim, neste caso considerou que as variáveis luminosidade e acidez titulável não apresentaram diferença significativa entre os grupos e estádios de maturação analisados em relação a qualidade do extrato de tomate utilizando apenas a média para determinação da qualidade deste produto.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em experimentos devem ser verificados os pressupostos da análise de variância para gerar resultados confiáveis. Apesar de várias técnicas de transformações disponíveis, existem conjuntos de dados que mesmo após as transformações adequadas não conseguem atender os pressupostos sendo necessário a utilização de técnicas de análise não paramétrica.

A transformação por postos (não-paramétrica) utilizando delineamento fatorial é necessário observar a interação dos fatores, pois caso o resultado apresente diferença significativa é necessário a aplicação da transformação por postos alinhados para verificação do resultado.

A qualidade do extrato de tomate em relação a luminosidade e acidez titulável apresentou diferença entre os resultados das técnicas de postos e postos alinhados, optando pelo resultado da transformação dos postos alinhados que gera resultado mais confiável.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. S.; ZACCHEO, P. V. C.; STENZEL, N. M. C.; SERA, T.; NEVES, C. S. V. J. Produção e qualidade de frutos híbridos de maracujazeiro-amarelo no norte do Paraná. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p.130-137, mar. 2015. doi: 10.1590/0100-2945-012/14.
- ANDRADE, L. T. A. Processamento de molho de tomate da matéria prima ao produto acabado. 2004. 112 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Católica de Goiás (UCG), Goiânia, 2004.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the AOAC International. 19^a ed. Arlington, 2012.
- ARAÚJO, J.C.; SILVA, P.P.M.; TELHADO, S.F.P.; SAKAI, R.H.; SPOTO, M.H.F.; MELO, P.C.T. Physico-chemical and sensory parameters of tomato cultivars grown in organic systems. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.2, p. 205- 209. 2014.
- BARBIN, D. Planejamento e análise estatística de experimentos agronômicos. Arapongas: Midas, 2003. 208 p.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J.A. Comparison of meta phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Society*, v.26, p.211-252, 1964.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – CNNPA n° 12, de 24 de julho de 1978, define que: extrato de tomate é o produto resultante da concentração da polpa de frutos maduros do tomateiro *Solanum lycopersicum* por processo tecnológico adequado. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78.pdf. Acesso em: 25 de maio 2017.
- CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Programa Horti & Fruti Padrão – Classificação do tomate. Câmara Setorial de Hortaliças do Estado de São Paulo. 2004.
- CHUNG SH; PEARL WL; YANG YS. A comparison of two methods for transforming non-normal manufacturing data. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v.31, p. 957-968, 2007.
- CONOVER, W.J.; IMAN, R.L. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *The American Statistician*, v.35, n.3, p.124-129, 1981.
- COUTO, M. R. M. et al. Transformação de dados em experimentos com abobrinha italiana em ambiente protegido. *Ciência Rural*, Santa Maria. v. 39, n. 6, p. 1701-1707, 2009.
- CUSTÓDIO TN; BARBIN D. Modelos de predição para sobrevivência de plantas de *Eucalyptus grandis*. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.1948-1952, 2009.

FAGUNDES, G.S. Metodologias Não-Paramétricas para Estudos com Medidas Repetidas. Monografia apresentada para obtenção de grau de bacharel em Estatística. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática, departamento de Estatística, Porto Alegre, 2012. 82p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.

GEORGÉ, S. et al. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*, Barking, v. 124, n. 4, p. 1603-1611, 2011.

HAMMER, O. et al. Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v.4, n.1, p.9, 2001.

HEREDIA, A.; PEINADO, I.; ROSA, E.; ANDRÉS, A. Effect of osmotic pre-treatment and microwave heating on lycopene degradation and isomerization in cherry tomato. *Food Chemistry*, New York, v. 123, n. 1, p. 92-98, nov. 2010.

HIGGINS, J.J.; TASHTOUSH, S. An aligned rank transform test for interaction. *Nonlinear World*, v.1, n.2, p.201-211, 1994.

LIME, B.; GRIFFITHS, F. Spectrophotometric methods for determining pigmentation beta-carotene and lycopene in ruby red grapefruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Freising-Weihenstephan, v. 5, n. 12, p. 941-944, 1957.

LÚCIO, A.D. et al. Excesso de zeros nas variáveis observadas: estudo de caso em experimento com brócolis. *Bragantia*, Campinas. v. 69, n.4, p. 1035-1046, 2010.

LÚCIO, A.D. et al. Transformação box-cox em experimentos com pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 29, p. 38-42, 2011.

MARTIN, T.N.; STORCK, L. 2008. Análise das pressuposições do modelo matemático em experimentos agrícolas no delineamento blocos ao acaso. In: MARTIN TN & ZIECH MF (org). *Sistemas de Produção Agropecuária*. Curitiba: UTFPR. p. 177-196.

PIMENTEL GOMES, F. 2009. Curso de estatística experimental. FEALQ: Piracicaba. 451p.
R CORE TEAM (2019) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

RESENDE, M.D.V. 2007. *Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético*. Colombo: Embrapa Florestas. 561p

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B., 2001. *A Guide to Carotenoid Analysis in Foods*. 1 ed. ILSI Press, Washington, D. C.

SALTER, K.C.; FAWCETT, R.F. The art test of interaction: A robust and powerful rank test of interaction in factorial models. *Communications in Statistics: Simulation and Computation*, v.22, n.1, p.137-153, 1993.

SANTOS, J. M. S. M.; FIGUEIREDO, S. N.; RAMOS, V. C.; SANTANA, S. F. S., CERQUEIRA, R. M. S., SILVA, J. M.; OLIVEIRA JUNIOR, L.F.G.; FREITAS, M.I. Qualidade pós-colheita de duas variedades de tomates. Revista Craibeiras de Agroecologia, Rio Largo, v. 3, n. 1, p. e6550, dez. 2018.

SASTE, S.V. et al. On parametric and nonparametric analysis of two factor factorial experimente. International Journal of Applied Research, v.2, n.7, p.653-656, 2016.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (org). 2000. Tomate para Processamento Industrial. Brasília: EMBRAPA-CNPQ. 169p.

STEEL, R.G.D. et al. 1997. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. New York: McGrawHill. 666p.

STORCK, L. et al. Experimentação vegetal. Santa Maria: UFSM, 2011. 200 p

TEKA, T. A. Analysis of the effect of maturity stage on the postharvest biochemical quality characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.) fruit. International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences, Nalgonda, v. 3, n. 5, p. 180- 186, jan. 2013.

WOBBROCK, J.O. et al. The Aligned Rank Transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures. Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11). Vancouver, British Columbia (May 7-12, 2011). New York: ACM Press, pp. 143-146.

XU W; LI W; SONG D. Testing normality in mixed models using a transformation method. Stat Papers, v.84, p.54:71, 2013.