

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MATEUS DE SOUZA MIRANDA

ANÁLISE DA DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO  
DO TIPO SALADA: MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO E HIERÁRQUICO

Monte Carmelo – MG

2018

MATEUS DE SOUZA MIRANDA

ANÁLISE DA DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO  
DO TIPO SALADA: MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO E HIERÁRQUICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

Monte Carmelo – MG

2018

ANÁLISE DA DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO  
DO TIPO SALADA: MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO E HIERÁRQUICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 11 de maio de 2018

---

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel  
Orientador

---

Profª. Drª. Renata Castoldi  
Membro da Banca

---

MSc. Joicy Vitória Miranda Peixoto  
Membro da Banca

Monte Carmelo – MG

2018

## RESUMO

A caracterização de bancos de germoplasma é fundamental para que se tenha sucesso no programa de melhoramento. Entretanto, não há um consenso sobre qual metodologia de análise multivariada é a mais adequada para caracterizar um banco de germoplasma de tomateiro do tipo salada. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar a divergência genética entre os acessos de tomateiro, verificar se existe coerência entre os métodos hierárquicos e de otimização aplicados e indicar combinações promissoras para a obtenção de híbridos. O ensaio foi conduzido na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, entre 2013 a 2017. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 32 tratamentos, sendo 31 genótipos de tomateiro e uma testemunha comercial (cv. Rio Grande) com quatro repetições. Concluiu-se que existe variabilidade genética entre os genótipos. O método hierárquico UPGMA permitiu maior discriminação entre os genótipos. O cruzamento entre os genótipos UFU-85#9 salada-D, UFU-91#5 salada-D e cv. Rio Grande possibilitará a obtenção de híbridos com alto teor de clorofila, alta produtividade, massa de frutos e frutos com alto teor de sólidos solúveis.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*. Variabilidade. Tomate de mesa.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>6</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é a hortaliça mais cultivada e consumida no mundo, apresentando elevada importância socioeconômica (Alvarenga et al., 2013). Estima-se um valor de mercado de sementes de cultivares de tomateiro superior a R\$ 120 milhões. Em 2016, a produção brasileira aproximou de quase quatro milhões de toneladas de frutos produzidos ao longo de todo território nacional (ABCSEM, 2012).

O tomateiro apresenta ampla diversidade de características de fruto, razão pela qual é classificado em grupos comerciais: Santa Cruz, Caqui, Salada, Saladete (Italiano) e Minitomate (Alvarenga et al., 2013). Comercialmente, tomateiro do tipo salada tem predominado, sendo a preferência pelos consumidores. Em 2012, foram cultivados mais de 69.000 hectares de tomateiro no Brasil (ABCSEM, 2012).

A principal forma de produção de tomate tem sido a partir da utilização de híbridos, explorando efeitos de heterose. Há relatos que híbridos de tomateiro possuem valores significativos de heterose capazes de promover maiores produtividades (Maciel et al., 2010). Para explorar de forma eficiente os efeitos da heterose faz-se necessário a identificação prévia de linhagens homocigotas e contrastantes. Para isso é necessário dispor de variabilidade genética e linhagens melhoradas que permitem alcançar tais objetivos (Maciel et al., 2010). A variabilidade genética define a viabilidade de execução de um programa de melhoramento genético sendo potencializada pelo inter cruzamento entre genótipos (Silva & Dias, 2013).

Nesse contexto, técnicas multivariadas têm sido utilizadas para estimar a divergência genética entre acessos a partir de modelos biométricos estimados pela distância euclidiana e métodos hierárquicos de agrupamento (Cruz et al., 2014). Os métodos de Tocher e o UPGMA são frequentemente utilizados para a visualização da divergência genética em genótipos de tomateiro (Araujo et al., 2016). No entanto, não há um consenso em relação ao melhor método de agrupamento para avaliação de germoplasma de tomateiro do tipo salada.

Objetivou-se com esse trabalho caracterizar a divergência genética entre os acessos, verificar se há coerência entre os métodos hierárquicos e de otimização aplicados e indicar combinações promissoras para a obtenção de híbridos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em campo na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo, entre 2013 a 2017 (18°42'43,19" S; 47°29'55,8" O; 873 m de altitude). O germoplasma utilizado faz parte do programa de melhoramento genético de tomateiro determinado do tipo salada da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo. Os genótipos foram obtidos seguindo o método genealógico até a quinta autofecundação em 2016. O experimento agrônômico foi realizado com 31 genótipos de tomateiro e uma testemunha: cultivar comercial Rio Grande (cv. Rio Grande) totalizando 32 tratamentos. O solo onde o experimento agrônômico foi realizado apresentou as seguintes características pH (H<sub>2</sub>O) = 5,9; P disponível = 30,1 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al trocável = 3,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica = 4,2 dag kg<sup>-1</sup>; Índice SMP = 3,40; Alumínio = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC pH 7,0 = 7,42 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; saturação por bases= 54%; Saturação efetiva por Alumínio= 0%; Cobre = 2,3 mg dm<sup>-3</sup>; Zinco = 6,6 mg dm<sup>-3</sup> e Manganês = 6,6 mg dm<sup>-3</sup>.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno de 200 células em 03 de março de 2017. As bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação do tipo arco, com dimensões de 7 x 21 m e pé direito de 4 m coberta com filme de polietileno transparente de 150 micra, aditivado contra raios ultravioleta e cortinas laterais de tela branco anti-afídeo. Decorridos 31 dias da semeadura, as mudas foram transplantadas para o campo. A área foi previamente preparada sendo realizado uma aração e duas gradagens.

O espaçamento utilizado foi de 1,5 m entre linhas e 0,22 m entre plantas sendo as plantas cultivadas em fileira simples de forma rasteira. Cada parcela experimental apresentava 5,28 m<sup>2</sup>, composta por 16 plantas sendo avaliadas as 12 plantas centrais. O experimento foi conduzido com 2048 plantas totalizando 676 m<sup>2</sup>. Durante toda a condução do experimento os tratos culturais foram realizados conforme preconizado para a cultura do tomateiro (Alvarenga et al., 2013). O controle de pragas foi realizado mediante monitoramento e somente foi aplicado defensivo químico quando necessário. A irrigação foi realizada diariamente, fracionada em três ou quatro aplicações de acordo com a necessidade das plantas.

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas:

Índice SPAD na fase vegetativa e reprodutiva: valor médio obtido após coletar os dados das 12 plantas centrais de cada parcela. Foi utilizado o equipamento clorofilômetro modelo Minolta SPAD-502 CFL1030.

Temperatura foliar (°C) na fase vegetativa e reprodutiva: obtida a partir do posicionamento de um termômetro infravermelho (modelo 4000.4GL, Everest Interscience, Tucson, AZ, USA) sendo amostrada as folhas superiores procurando-se apontar o sensor na posição central da superfície foliar;

Peso médio de fruto (g): razão entre o peso e o número de todos os frutos colhidos da parcela;

Produção por planta (kg planta<sup>-1</sup>): razão entre o peso dos frutos colhidos e o número de plantas da parcela;

Número de frutos por planta (frutos planta<sup>-1</sup>): razão entre a contabilização total dos frutos e o número de plantas da parcela;

Distância entre internódios (cm): mensuração da distância entre todos os nós da planta, situados desde o início da bifurcação das hastes, até a primeira folha logo abaixo da última inflorescência e

Teor de sólidos solúveis totais (°Brix): média de cinco frutos colhidos em todas as plantas da parcela, utilizando-se o equipamento refratômetro digital portátil (Atago PAL-1 3810).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 32 tratamentos e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). As médias foram comparadas de duas formas distintas: pelo teste Scott-Knott ( $p= 0,05$ ) e pelo teste Dunnett ( $p= 0,05$ ); para comparação de desempenho dos genótipos entre si, e individualmente com a testemunha, respectivamente. Em seguida, foram realizadas análises multivariadas com o objetivo de determinar a dissimilaridade genética entre os genótipos, obtendo-se a matriz de dissimilaridade pela distância Euclidiana. A divergência genética foi representada por dendrograma obtido pelo método hierárquico Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages (UPGMA) e pelo método Tocher. A validação do agrupamento pelo método UPGMA foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético (CCC), calculado pelo teste de Mantel (1967). A contribuição relativa dos caracteres quantitativos foi calculada segundo critério de Singh (1981). Todos os dados obtidos foram analisados utilizando-se o software Genes v. 2015.5.0 (Cruz, 2013).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os genótipos de tomateiro diferiram quanto as variáveis índice SPAD e temperatura foliar, ambos nas fases vegetativa e reprodutiva, distância entre internódios, produção e massa média de frutos por planta. Estes mesmos resultados, incluindo a característica de teor de sólidos solúveis, diferiram entre os genótipos, ao serem comparados individualmente com a cultivar comercial Rio Grande (T32= cv. Rio Grande) por meio do teste de Dunnett a 5% de probabilidade. O número de frutos por planta e o teor de sólidos solúveis dos frutos não diferiram entre os genótipos conforme o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 1).

**Tabela 1** - Caracteres agronômicos em genótipos de tomateiro

ID <sup>1</sup>	Fase vegetativa		Fase Reprodutiva						
	Índice SPAD	Temperatura Foliar (°C)	Índice SPAD	Temperatura Foliar (°C)	Distância entre internódios (cm)	Produção por planta (kg)	Número de frutos por planta	Massa média de frutos (kg)	Sólidos Solúveis (°BRIX)
T1	45,15 c*	19,33 d*	47,78 c*	28,23 a*	5,63 c	1,00 c	4,25 a	0,24 c	3,75 a
T2	51,70 c	20,45 d*	56,43 a	26,33 a*	5,59 c	0,68 d	4,50 a	0,15 d	4,13 a
T3	54,35 b	21,30 d*	58,53 a	22,55 c	5,25 b	1,03 c	4,75 a	0,22 c	4,25 a
T4	44,83 c*	20,48 d*	55,15 a	22,43 c	4,30 a	0,87 c	4,00 a	0,22 c	4,30 a
T5	57,78 b	21,05 d*	48,93 c*	26,70 a*	5,73 c*	1,24 b	5,00 a	0,25 c	4,05 a
T6	59,33 a	27,55 b	58,53 a	23,55 b	6,25 d*	1,33 b*	5,00 a	0,27 b	3,88 a
T7	62,58 a	24,65 c*	56,30 a	24,30 b	6,33 d*	1,23 b	5,50 a	0,23 c	4,28 a
T8	55,65 b	24,65 c*	54,68 a	23,50 b	4,60 a	0,85 c	5,75 a	0,15 d	3,88 a
T9	55,20 b	21,98 d*	56,73 a	22,50 c	5,38 b	0,68 d	4,75 a	0,14 d	4,00 a
T10	62,03 a	27,38 b	50,33 b	24,30 b	6,45 d*	0,85 c	5,00 a	0,17 d	4,50 a
T11	65,2 a	31,65 a	47,60 c*	25,00 b	5,18 b	0,87 c	5,00 a	0,18 d	4,35 a
T12	55,90 b	29,60 a	52,30 b	24,00 b	5,33 b	0,94 c	5,00 a	0,19 d	4,00 a
T13	56,30 b	27,90 b	43,25 c*	23,58 b	6,70 d*	1,22 b	5,25 a	0,23 c	4,25 a
T14	60,05 a	26,15 c*	51,18 b	21,60 c	6,60 d*	1,17 b	5,00 a	0,23 c	4,58 a
T15	58,13 b	26,90 c*	51,90 b	20,58 c	5,35 b	0,98 c	4,50 a	0,22 c	4,05 a
T16	56,70 b	27,78 b	52,23 b	23,15 b	5,30 b	1,26 b	5,00 a	0,25 c	4,15 a
T17	56,08 b	24,83 c*	50,53 b	23,90 b	7,10 d*	1,41 b*	5,00 a	0,28 b	3,55 a
T18	50,80 c	22,40 d*	45,50 c*	20,20 c	5,20 b	0,83 c	5,00 a	0,17 d	6,00 a*

T19	33,57 d*	14,67 e*	29,53 d*	13,63 d*	3,80 a	0,46 d*	3,67 a	0,09 d*	2,87 a
T20	50,83 c	22,00 d*	53,35 b	23,55 b	6,45 d*	0,85 c	4,75 a	0,18 d	4,25 a
T21	56,53 b	27,25 b	51,55 b	24,35 b	4,48 a	0,65 d	4,50 a	0,15 d	4,00 a
T22	48,65 c*	24,38 c*	47,43 c*	22,05 c	4,53 a	0,70 d	5,25 a	0,14 d*	4,13 a
T23	47,53 c*	25,03 c*	51,55 b	27,38 a*	4,70 a	0,96 c	4,75 a	0,20 c	4,25 a
T24	54,25 b	26,48 c*	51,63 b	22,30 c	6,10 c*	1,10 b	4,75 a	0,24 c	3,75 a
T25	53,58 b	25,60 c*	55,80 a	22,53 c	4,40 a	0,97 c	4,75 a	0,21 c	4,30 a
T26	56,08 b	27,38 b	62,23 a	21,43 c	5,80 c*	0,84 c	4,25 a	0,20 c	3,38 a
T27	52,43 c	24,85 c*	47,33 c*	21,45 c	5,83 c*	1,06 c	4,50 a	0,24 c	4,05 a
T28	55,60 b	29,05 b	51,70 b	21,23 c	5,03 b	1,84 a*	5,50 a	0,35 a*	4,00 a
T29	51,80 c	28,50 b	56,93 a	23,28 b	4,45 a	0,87 c	5,50 a	0,16 d	4,55 a
T30	51,30 c	23,55 d*	47,30 c*	22,83 c	5,25 b	0,88 c	5,00 a	0,18 d	3,95 a
T31	52,73 c	20,80 d*	51,75 b	21,05 c	5,55 c	0,90 c	5,25 a	0,17 d	4,40 a
T32	60,43 a	31,30 a	60,35 a	21,48 c	4,48 a	0,94 c	4,50 a	0,21 c	4,03 a
CV(%)	8,89	8,21	9,73	8,21	10,12	17,59	14,51	17,31	17,69
DMS <sub>Dunnett</sub>	10,17	4,32	10,65	3,99	1,15	0,37	1,48	0,07	1,52

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*Médias na coluna diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a nível de 5% de probabilidade. T1= UFU-105#2 santa cruz-D; T2= UFU-105#1 santa cruz-D; T3= UFU-79#2 santa cruz-D; T4= UFU-86#2 salada-D; T5= UFU-14#10 salada-D; T6= UFU-86#6 salada-D; T7= UFU-85#4 salada-D; T8= UFU-14#1 salada-D; T9= UFU-93#2 saladete-D; T10= UFU-85#6 salada-D; T11= UFU-85#9 salada-D; T12= UFU-86#7 salada-D; T13= UFU-105#3 santa cruz-D; T14= UFU-85#5 salada-D; T15= UFU-86#3 salada-D; T16= UFU-91#9 salada-D; T17= UFU-91#2 salada-D; T18= UFU-79#1 santa cruz-D; T19= UFU-86#9 salada-D; T20= UFU-64#2 salada-D; T21= UFU-14#4 salada-D; T22= UFU-15#2 santa cruz-D; T23= UFU-15#3 santa cruz-D; T24= UFU-86#8 salada-D; T25= UFU-91#3 salada-D; T26= UFU-2#12 salada-D; T27= UFU-91#1 salada-D; T28= UFU-91#5 salada-D; T29= UFU-105#4 santa cruz-D; T30= UFU-79#2 saladete-D; T31= UFU-69#1 saladete-D; T32= cv. Rio Grande.

Fonte: MIRANDA, M.S.

Os genótipos UFU-85#9 salada-D, UFU-85#4 salada-D, UFU-85#6 salada-D, cv. Rio Grande, UFU-85#5 salada-D e UFU-86#6 salada-D apresentaram os maiores teores de clorofila (índice SPAD) na fase vegetativa. Neste mesmo estágio os genótipos com as temperaturas foliares mais elevadas foram UFU-85#9 salada-D, cv. Rio Grande e UFU-86#7 salada-D. Na fase reprodutiva os índices SPAD de maiores valores foram observados em UFU-2#12 salada-D, cv. Rio Grande, UFU-86#6 salada-D, UFU-79#2 santa cruz-D, UFU-105#4 santa cruz-D, UFU-93#2 saladete-D, UFU-105#1 santa cruz-D, UFU-85#4 salada-D, UFU-91#3 salada-D, UFU-86#2 salada-D e UFU-14#1 salada-D (Tabela 1).

A temperatura foliar obtida na fase reprodutiva das plantas de tomate foram superiores nos genótipos UFU-105#2 santa cruz-D, UFU-15#3 santa cruz-D, UFU-14#10 salada-D e UFU-105#1 santa cruz-D. O genótipo UFU-86#9 salada-D apresentou as menores médias para índice SPAD e temperatura foliar, tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva. Estes resultados foram semelhantes para o teste de Dunnett (Tabela 1). Esses acessos provavelmente possuem maior tolerância a seca que a testemunha (cv. Rio Grande), indicando potencial de utilização em programas de melhoramento genético visando tolerância a seca.

Rocha et al. (2016) ao caracterizarem o comportamento fisiológico de dez genótipos de tomate submetidos ao estresse hídrico, observaram a maior temperatura foliar no acesso selvagem *Solanum pennellii*. Essa característica juntamente com baixa transpiração e condutância estomática levaram os autores a concluir que o *S. pennellii* é tolerante a seca.

Os menores valores de índice SPAD na fase reprodutiva em comparação a testemunha (cv. Rio Grande) foram encontrados em UFU-14#10 salada-D, UFU-105#2 santa cruz-D, UFU-85#9 salada-D, UFU-15#2 santa cruz-D, UFU-91#1 salada-D, UFU-79#2 saladete-D, UFU-79#1 santa cruz-D, UFU-105#3 santa cruz-D e UFU-86#9 salada-D. O menor índice SPAD na fase vegetativa em comparação a testemunha (cv. Rio Grande) foi encontrado em UFU-15#2 santa cruz-D, UFU-15#3 santa cruz-D, UFU-105#2 santa cruz-D, UFU-86#2 salada-D e UFU-86#9 salada-D. Esses genótipos juntamente com UFU-86#3 salada-D, UFU-86#8 salada-D, UFU-85#5 salada-D, UFU-91#3 salada-D, UFU-91#1 salada-D, UFU-91#2 salada-D, UFU-85#4 salada-D, UFU-14#1 salada-D, UFU-79#2 saladete-D, UFU-79#1 santa cruz-D, UFU-64#2 salada-D, UFU-93#2 saladete-D, UFU-79#2 santa cruz-D, UFU-14#10 salada-D, UFU-69#1 saladete-D e UFU-105#1 santa cruz-D apresentaram as menores temperaturas foliares no estágio vegetativo (Tabela 1).

O índice SPAD fornece a informação do teor de nitrogênio presente na folha. Este possui correlação significativa com a intensidade da cor verde e do teor de clorofila (Peixoto et al., 2017a). O nitrogênio é fundamental para o crescimento e desenvolvimento da planta,

favorecendo o desenvolvimento foliar melhorando a capacidade fotossintética e consequentemente a sua produtividade (Bastos et al., 2013). Esse macronutriente é absorvido em altas quantidades tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva da cultura (Grigorita, 2014).

O teor de clorofila (SPAD) observado por Ramos (2013) aos 45 dias após o transplantio (DAT), início da frutificação, em folhas de tomateiro provenientes do híbrido 'Giuliana' foi de 46,20 e aos 96 DAT (pico da colheita) de 54,91. No presente trabalho cerca de 90% dos genótipos estudados, em fase vegetativa, apresentaram teor de clorofila na folha superior a 46,20. Na fase reprodutiva dez genótipos apresentaram valores superior a 54,91, sendo o maior teor de clorofila presente na folha observado na testemunha (cv. Rio Grande) que apresentou incremento de 9% em relação ao maior valor encontrado por Ramos (2013).

As plantas absorvem energia por meio da irradiação direta do sol e como radiação infravermelho proveniente do ambiente. Parte dessa energia absorvida pela folha é convertida em fotoassimilados e o excesso é dissipada para o ambiente em forma de calor, evitando prejuízos no aparato fotossintético (Taiz et al., 2017). A temperatura foliar é um dos indicadores fisiológicos que fornece a informação da condição hídrica das plantas. O aumento da temperatura foliar está correlacionado com a baixa transpiração das plantas ( $r = -0,95$ ), sendo a transpiração o principal mecanismo de perda de calor desses organismos (Morales et al., 2015).

Neste trabalho verificou-se que o genótipo UFU-86#9 salada-D apresentou as menores médias para índice SPAD e temperatura foliar, tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva. Isso provavelmente refletiu na redução da produção e na massa dos frutos. Em contrapartida, o genótipo UFU-91#5 salada-D apresentou altos valores para índice SPAD nas fases vegetativa e reprodutiva e temperatura foliar na fase vegetativa. Isso promoveu incremento na produção de frutos por planta e na massa do fruto.

A menor distância entre internódios foi observada nos genótipos UFU-15#3 santa cruz-D, UFU-14#1 salada-D, UFU-15#2 santa cruz-D, cv. Rio Grande, UFU-14#4 salada-D, UFU-105#4 santa cruz-D, UFU-91#3 salada-D, UFU-86#2 salada-D e UFU-86#9 salada-D. Enquanto UFU-91#2 salada-D, UFU-105#3 santa cruz-D, UFU-85#5 salada-D, UFU-64#2 salada-D, UFU-85#6 salada-D, UFU-85#4 salada-D e UFU-86#6 salada-D apresentaram a maior distância entre internódios. Estes genótipos juntamente com UFU-86#8 salada-D, UFU-91#1 salada-D, UFU-2#12 salada-D e UFU-14#10 salada-D, apresentaram maior distância internódio quando comparados a testemunha (cv. Rio Grande) (Tabela 1).

A redução da distância entre internódios permite a obtenção de plantas de tomateiro compactas, facilitando os tratos culturais no campo (Figueiredo et al., 2015), além de reduzir custos para o produtor. A distância entre internódios, bem como o número de frutos por planta, produção por planta e massa de frutos são características diretamente relacionadas com o rendimento e qualidade do fruto (Rai et al., 2017). No presente trabalho o genótipo UFU-91#5 salada-D apresentou reduzida distância entre nó (5.03 cm), sendo o acesso que produziu os frutos de maior massa e conseqüentemente maior produção de frutos por planta.

O genótipo UFU-79#1 santa cruz-D apresentou incremento no teor de sólidos solúveis quando comparado a testemunha (cv. Rio Grande) (tabela 1). Os sólidos solúveis são constituídos principalmente por açúcares (cerca de 85 a 90%). Os açúcares armazenados em frutos de tomate constituem-se no principal atributo da qualidade pós-colheita, estando diretamente relacionado ao seu sabor (Ramos et al., 2013). Os sólidos solúveis influenciam o rendimento, a consistência e a qualidade do produto final (Siddiqui et al., 2015). Os genótipos que produzem frutos com teor de SS acima de 3 °Brix podem ter a sua produção comercializada no mercado de fruto in natura (Schwarz et al., 2013). Dos 32 genótipos avaliados no presente trabalho, somente o UFU-86#9 salada-D apresentou teor de sólidos solúveis abaixo de 3 °Brix.

O genótipo UFU-91#5 salada-D apresentou as maiores médias para produção de frutos por planta e massa de frutos. Os genótipos UFU-15#2 santa cruz-D, UFU-105#1 santa cruz-D, UFU-93#2 saladete-D, UFU-14#4 salada-D e UFU-86#9 salada-D tiveram a menor produção de frutos por planta. Estes juntamente com UFU-86#7 salada-D, UFU-64#2 salada-D, UFU-79#2 saladete-D, UFU-85#9 salada-D, UFU-69#1 saladete-D, UFU-79#1 santa cruz-D, UFU-85#6 salada-D, UFU-105#4 santa cruz-D e UFU-14#1 salada-D apresentaram as menores médias para massa de frutos (Tabela 1).

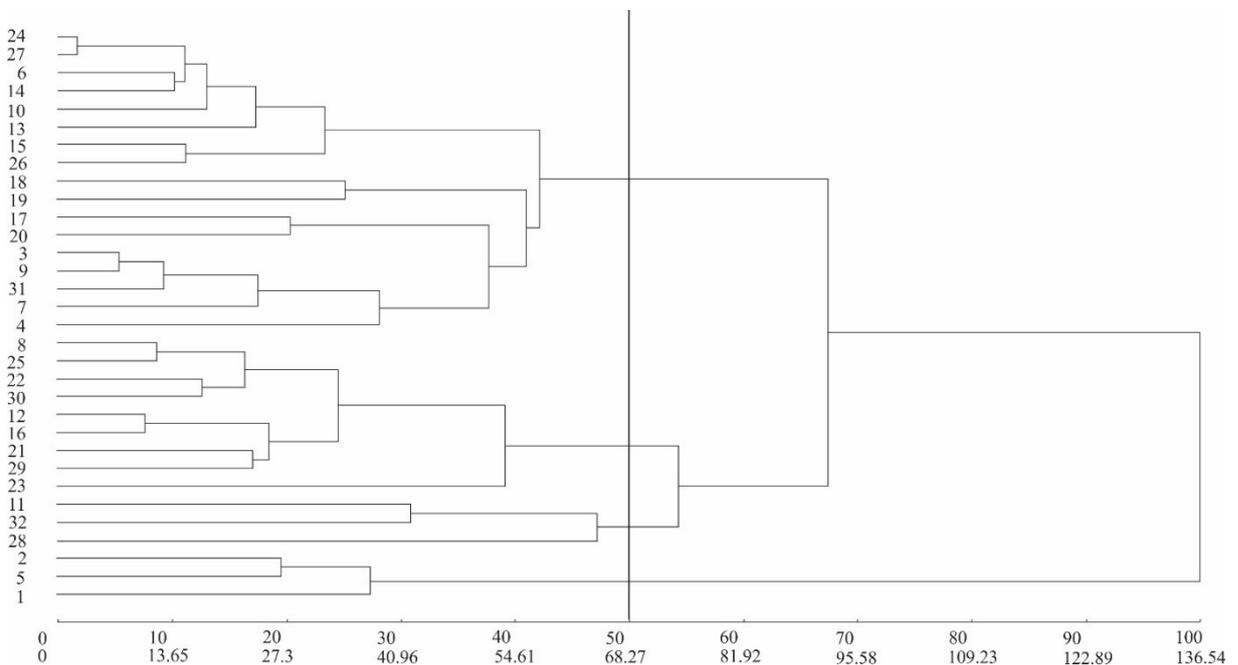
Dentre os 32 genótipos estudados, três apresentaram incremento na produção por planta em comparação a testemunha (cv. Rio Grande). Os genótipos UFU-91#2 salada-D e UFU-86#6 salada-D foram, respectivamente, 50% e 41% superiores a testemunha. Enquanto UFU-91#5 salada-D apresentou praticamente o dobro da produção de frutos por planta e massa de frutos 66% superior em relação a testemunha. Em contrapartida, o genótipo UFU-86#9 salada-D quando comparado a testemunha, apresentou a menor produção de frutos por planta. Esse juntamente com UFU-15#2 santa cruz-D apresentaram os frutos de menor massa média que os produzidos pela testemunha.

Valores positivos para a correlação genotípica e fenotípica entre os caracteres rendimento de fruto por planta, número de frutos por planta, peso médio de fruto e espessura

do pericarpo do fruto de tomate contribuem para o aumento da produtividade. Esses devem ser considerados em conjunto como componente de rendimento primário no melhoramento genético do tomateiro (Souza et al., 2012). A quantidade de frutos por planta afeta o tamanho do fruto e a sua massa, influenciando o rendimento de produção (Peixoto et al., 2017b). Este trabalho corrobora com o resultado encontrado no presente trabalho, em que o genótipo UFU-91#5 salada-D que apresentou maior produção de frutos (1,84 kg de tomate por planta), também teve maior massa média de frutos (0,35 kg).

O dendrograma pelo método UPGMA foi gerado a partir da matriz de dissimilaridade por meio da distância euclidiana. O coeficiente de correlação cofenética observado foi de 0,87% com distorção de 19,1%, demonstrando uma adequada relação entre a matriz de distância e o dendrograma gerado (Figura 1).

**Figura 1** - Dendrograma ilustrativo da análise de 32 genótipos de tomateiro pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA) obtido com a distância Euclidiana média gerada com nove caracteres



1= UFU-105#2 santa cruz-D; 2= UFU-105#1 santa cruz-D; 3= UFU-79#2 santa cruz-D; 4= UFU-86#2 salada-D; 5= UFU-14#10 salada-D; 6= UFU-86#6 salada-D; 7= UFU-85#4 salada-D; 8= UFU-14#1 salada-D; 9= UFU-93#2 saladete-D; 10= UFU-85#6 salada-D; 11= UFU-85#9 salada-D; 12= UFU-86#7 salada-D; 13= UFU-105#3 santa cruz-D; 14= UFU-85#5 salada-D; 15= UFU-86#3 salada-D; 16= UFU-91#9 salada-D; 17= UFU-91#2 salada-D; 18= UFU-79#1 santa cruz-D; 19= UFU-86#9 salada-D; 20= UFU-64#2 salada-D; 21= UFU-14#4 salada-D; 22= UFU-15#2 santa cruz-D; 23= UFU-15#3 santa cruz-D; 24= UFU-86#8 salada-D; 25= UFU-91#3 salada-D; 26= UFU-2#12 salada-D; 27= UFU-91#1 salada-D; 28= UFU-91#5 salada-D; 29= UFU-105#4 santa cruz-D; 30= UFU-79#2 saladete-D; 31= UFU-69#1 saladete-D; 32= cv. Rio Grande.

Fonte: MIRANDA, M.S.

A separação dos grupos foi realizada pela delimitação de uma linha de corte considerando 50% de dissimilaridade entre os genótipos. A linha de corte foi estabelecida no local em que se observou mudança abrupta nas ramificações presentes no dendrograma (Cruz et al., 2014). Com este corte os genótipos constituíram quatro grupos distintos. O grupo I foi formado por 53% dos genótipos, o grupo II pelos genótipos UFU-14#1 salada-D, UFU-86#7 salada-D, UFU-91#9 salada-D, UFU-14#4 salada-D, UFU-15#2 santa cruz-D, UFU-15#3 santa cruz-D, UFU-91#3 salada-D, UFU-105#4 santa cruz-D e UFU-79#2 saladete-D. O grupo III por UFU-85#9 salada-D, UFU-91#5 salada-D e pela testemunha cv. Rio Grande e o grupo IV por UFU-105#2 santa cruz-D, UFU-105#1 santa cruz-D e UFU-14#10 salada-D.

A utilização dos genótipos UFU-85#9 salada-D, UFU-91#5 salada-D e cv. Rio Grande como genitores é viável, devido a divergência em relação aos demais genótipos. Os genótipos UFU-85#9 salada-D e cv. Rio Grande apresentaram alto teor de clorofila nas folhas (Índice SPAD) e alta temperatura foliar em fase vegetativa. O cv. Rio Grande também apresentou alto teor de clorofila na folha em fase reprodutiva e menor distância entre internódios. O genótipo UFU-85#9 salada-D teve os melhores valores intermediários para temperatura foliar em fase reprodutiva e distância entre internódios. O genótipo UFU-91#5 salada-D apresentou os melhores valores intermediários para as seguintes características: teor de clorofila da folha (Índice SPAD) ambos na fase vegetativa e reprodutiva, temperatura foliar na fase vegetativa e distância entre internódios. Esse genótipo apresentou as maiores médias para produção de frutos por planta e massa média de frutos (Tabela 1), o que demonstra incremento favorável dessas características nos cruzamentos de que participa. Essas características podem justificar a separação desses três genótipos em um grupo distinto.

O agrupamento pelo método de Tocher foi distinto do UPGMA, formando dois grupos (Tabela 2).

**Tabela 2** - Agrupamento de genótipos de tomate destinado ao consumo in natura pelo método de otimização de Tocher, a partir da distância Euclidiana.

Grupo	Genótipos
I	1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31 e cv. Rio Grande
II	19

1= UFU-105#2 santa cruz-D; 2= UFU-105#1 santa cruz-D; 3= UFU-79#2 santa cruz-D; 4= UFU-86#2 salada-D; 5= UFU-14#10 salada-D; 6= UFU-86#6 salada-D; 7= UFU-85#4 salada-D; 8= UFU-14#1 salada-D; 9= UFU-93#2 saladete-D; 10= UFU-85#6 salada-D; 11= UFU-85#9 salada-D; 12= UFU-86#7 salada-D; 13= UFU-105#3 santa cruz-D; 14= UFU-85#5 salada-D; 15= UFU-86#3 salada-D; 16= UFU-91#9 salada-D; 17= UFU-91#2 salada-D; 18= UFU-79#1 santa cruz-D; 19= UFU-86#9 salada-D; 20= UFU-64#2 salada-D; 21= UFU-14#4 salada-D; 22= UFU-15#2 santa cruz-D; 23= UFU-15#3 santa cruz-D; 24= UFU-86#8 salada-D; 25= UFU-91#3 salada-D; 26= UFU-2#12 salada-D; 27= UFU-91#1 salada-D; 28= UFU-91#5 salada-D; 29= UFU-105#4 santa cruz-D; 30= UFU-79#2 saladete-D; 31= UFU-69#1 saladete-D; 32= cv. Rio Grande.

Fonte: MIRANDA, M.S.

O primeiro grupo foi constituído por 31 genótipos, aproximadamente 97%, enquanto o segundo grupo foi formado apenas por UFU-86#9 salada-D. Verifica-se, portanto, a dificuldade em caracterizar a divergência entre os genótipos, visto que, grande parte deles encontra-se em apenas um grupo.

O critério de seleção pelo método de Tocher constitui o grupo inicial com o par de genótipos mais homogêneos identificados na matriz de dissimilaridade. A partir desta, têm-se a possibilidade da inclusão de novos indivíduos, seguindo o critério de que a distância média intragrupo seja menor que a distância média intergrupo (Cruz et al., 2014). Isso faz com que a maioria dos genótipos fiquem agrupados em poucos grupos, podendo formar grupos com apenas um genótipo, como o ocorrido neste trabalho.

Luz et al. (2016) em estudo da divergência genética entre 13 híbridos de tomate para processamento industrial também observaram predominância dos genótipos em um grupo (61%) e formação de grupos com apenas um genótipo, quando utilizaram o método Tocher. Amaral Júnior et al. (2017) ao caracterizarem a diversidade genética pelo método Tocher de 15 genótipos de tomateiro notaram o mesmo comportamento.

O método não ponderado de agrupamento aos pares (UPGMA) possui a finalidade de reunir os genótipos em grupos por meio do critério de classificação, de modo que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos. A construção dos dendrogramas é realizada por meio de modelos ajustados de menor dissimilaridade (Cruz et

al., 2014). Dessa forma é possível a formação de maior quantidade de grupos entre os genótipos, como observado neste trabalho.

Baseado no critério proposto por Singh (1981) observou-se que as características mais importantes para discriminação dos genótipos foram: distância entre internódios (17,02%), temperatura foliar (°C) em fase vegetativa (13,68%) e número de frutos por planta (13,17%) (Tabela 3). Isso esclarece o motivo do agrupamento formado entre os genótipos UFU-85#9 salada-D; UFU-91#5 salada-D e cv. Rio Grande no dendrograma UPGMA (Figura 1). Esses foram semelhantes quanto as características de maior contribuição relativa da divergência entre os genótipos.

**Tabela 3** - Contribuição relativa (%) de características para a divergência genética em genótipos de tomateiro para consumo in natura, estimados pelo método proposto por Singh (1981)

Variáveis analisadas	S <sub>j</sub>	S <sub>j</sub> (%)
Distância entre internódios (cm)	60,01	17,02
Temperatura foliar (°C) em fase vegetativa	48,22	13,68
Número de frutos por planta	46,43	13,17
Peso médio de frutos (kg)	37,66	10,68
Produção por planta (kg)	36,17	10,26
Índice SPAD em fase vegetativa	36,16	10,26
Índice SPAD em fase reprodutiva	33,45	09,49
Temperatura foliar (°C) em fase reprodutiva	30,58	08,67
Teor de Sólidos Solúveis (°BRIX)	23,84	06,76

1= UFU-105#2 santa cruz-D; 2= UFU-105#1 santa cruz-D; 3= UFU-79#2 santa cruz-D; 4= UFU-86#2 salada-D; 5= UFU-14#10 salada-D; 6= UFU-86#6 salada-D; 7= UFU-85#4 salada-D; 8= UFU-14#1 salada-D; 9= UFU-93#2 saladete-D; 10= UFU-85#6 salada-D; 11= UFU-85#9 salada-D; 12= UFU-86#7 salada-D; 13= UFU-105#3 santa cruz-D; 14= UFU-85#5 salada-D; 15= UFU-86#3 salada-D; 16= UFU-91#9 salada-D; 17= UFU-91#2 salada-D; 18= UFU-79#1 santa cruz-D; 19= UFU-86#9 salada-D; 20= UFU-64#2 salada-D; 21= UFU-14#4 salada-D; 22= UFU-15#2 santa cruz-D; 23= UFU-15#3 santa cruz-D; 24= UFU-86#8 salada-D; 25= UFU-91#3 salada-D; 26= UFU-2#12 salada-D; 27= UFU-91#1 salada-D; 28= UFU-91#5 salada-D; 29= UFU-105#4 santa cruz-D; 30= UFU-79#2 saladete-D; 31= UFU-69#1 saladete-D; 32= cv. Rio Grande.

Fonte: MIRANDA, M.S.

As variáveis índice SPAD e temperatura foliar, ambos nas fases vegetativa e reprodutiva apresentaram os valores mais elevados de amplitude e desvio padrão (Tabela 4). Isso indica alta diversidade, para essas características avaliadas, entre os genótipos estudados.

**Tabela 4** - Análise estatística descritiva para caracteres agrônômicos de genótipos de tomateiro

Variável <sup>1</sup>	Mínimo	Máximo	Amplitude	Desvio Padrão
SPAD FV	33,57	65,2	31,63	6,04
SPAD FR	29,53	62,22	32,69	6,00
TFV (°C)	14,67	31,65	16,98	3,74
TFR (°C)	13,63	28,22	14,59	2,56
DI (cm)	3,80	7,10	3,30	0,81
PP	0,46	1,84	1,38	0,26
NFP	3,67	5,75	2,08	0,45
MMF	0,09	0,34	0,26	0,50
SS	2,87	6,00	3,13	0,49

<sup>1</sup>SPAD FV= Índice SPAD na fase vegetativa; SPAD FR= Índice SPAD na fase reprodutiva; TFV= Temperatura foliar na fase vegetativa (°C); TFR= Temperatura foliar na fase reprodutiva (°C); DI= Distância entre internódio (cm); PP= Produção por planta (kg planta<sup>-1</sup>); NFP= Número de frutos por planta; MMF= Massa média de fruto (kg); SS= Teor de sólido solúveis (°BRIX).

Fonte: MIRANDA, M.S.

O teor de sólidos solúveis foi a características de menor contribuição (6,76%) para a divergência genética entre os genótipos estudados (Tabela 3). A mesma variável está entre as que apresentaram os menores valores de amplitude e desvio padrão (Tabela 4), demonstrando semelhança entre os genótipos para esse atributo de qualidade. O resultado do teste de comparação de médias realizado por meio de Scott-Knott confirma essa hipótese.

Andrade et al. (2014) trabalhando com híbridos de tomateiro de hábito de crescimento indeterminado observaram baixos valores de desvio padrão para produção total (0,49) e teor de sólidos solúveis (0,03). Este trabalho corrobora os resultados observados no presente trabalho em que as variáveis produção por planta, número de frutos por planta e teor de sólidos solúveis apresentaram os menores valores de desvio padrão, sendo respectivamente 0,26, 0,45 e 0,49.

## 4 CONCLUSÃO

Os métodos de análise multivariada UPGMA e otimização de Tocher indicaram que os genótipos possuem variabilidade genética.

O método hierárquico UPGMA apresentou maior poder de discriminação, permitindo a identificação de maior quantidade de grupos contendo acessos similares.

Sugere-se a combinação entre os genótipos UFU-85#9 salada-D, UFU-91#5 salada-D e cv. Rio Grande para a obtenção de híbridos com alto teor de clorofila e conseqüentemente maior eficiência fotossintética, alta produtividade, massa de frutos e frutos com alto teor de sólidos solúveis.

## REFERÊNCIAS

ABCSEM. Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudas. **Dados do setor de pesquisa de mercado de sementes de hortaliças**. 2012. Disponível em: <<http://www.abcsem.com.br/noticias/3337/apresentacao-mapeamento-e-quantificacao-da-cadeia-produtiva-das-hortalicas>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. 455p.

AMARAL JUNIOR, A. T. et al. Prospecting of tomato hybrids for table and industry via mixed modeling and multivariate analysis. **Horticultura Brasileira**, v.35, n.1, p.20-25, 2017.

ANDRADE, M.C. et al. **Capacidade combinatória de linhagens de tomateiro em híbridos do tipo italiano**. *Bragantia*, v.73, n.3, p.237-245, 2014.

ARAÚJO, J. C. et al. Univariate and multivariate procedures for agronomic evaluation of organically grown tomato cultivars. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.3, p.374-380, 2016.

BASTOS, A. R. R. et al. Nutrição mineral e adubação. In: Alvarenga, M.A.R. (Org.). **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. v.1, p.65-123.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n.3, p.271-276, 2013.

FIGUEIREDO, A. S. T. et al. **Comportamento de plantas de tomateiro indeterminado na presença de regulador de crescimento**. *Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias*, v.10, n.1, p.31-40, 2015. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/1830>>. Acesso: 09 Mar. 2018.

GRIGORITA, A. A. Research on the differentiation of accumulation of dry matter and nutrients in the foliary-fertilized tomato plant grown in the Field. **Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology**, v.18, n.4, p.37-42, 2014. Disponível em: <<https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2015/20153279202.pdf>>. Acesso: 09 mar. 2018.

LUZ, J. M. Q. et al. Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.4, p.483-490, 2016.

MACIEL, G. M. et al. Heterose e capacidade combinatória de linhagens de tomateiro ricas em açúcares. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.5, p.1161-1167, 2010.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, v.27, n.2, p.209-220, 1967. Disponível em: <[http://cancerres.aacrjournals.org/content/27/2\\_Part\\_1/209.full-text.pdf](http://cancerres.aacrjournals.org/content/27/2_Part_1/209.full-text.pdf)>. Acesso em: 09 mar. 2018.

MORALES, R.G.F. et al. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v.16, n.1, p.9-17, 2015. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6119382.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

PEIXOTO, J. V. M. et al. Characterization of processing tomato lines as the physiological and production characteristics. **Bioscience Journal**, v.33, n.4, p.850-860, 2017a. <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v33n4a2017-36705>.

Industrial tomato lines: morphological properties and productivity. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.2, p.1-15, 2017b.

RAI, A. K.; VIKRAM, A.; PAL, S. Genetic characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) germplasm for yield and quality traits through principal component analysis. **Research Journal of Agricultural Sciences**, v.8, n.5, p.1171-1174, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/322330426\\_Genetic\\_Characterization\\_of\\_Tomato\\_Germplasm\\_for\\_Yield\\_and\\_Quality\\_Traits\\_through\\_Principal\\_Component\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/322330426_Genetic_Characterization_of_Tomato_Germplasm_for_Yield_and_Quality_Traits_through_Principal_Component_Analysis)>. Acesso em: 09 mar. 2018.

RAMOS, A. R. P. **Produtos de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de tomate ‘Giuliana’, na produção e pós-colheita de frutos.** 2013. 147f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

RAMOS, A. R. P. et al. Qualidade de frutos de tomate ‘giuliana’ tratados com produtos de efeitos fisiológicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.3543-3552, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6supl1p3543>.

ROCHA, D.K. et al. Seleção de genótipos de tomateiro submetidos ao estresse hídrico em função da expressão de características fisiológicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.11, n.2, p.80-84, 2016.

SCHWARZ, K. et al. Desempenho agrônomico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.3, p.410-418, 2013.

SIDDIQUI, M. W.; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.55, n.13, p.1819-1835, 2015.

SILVA, A. R.; DIAS, C. T. S. A cophenetic correlation coefficient for Tocher’s method. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.6, p.589-596. 2013.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981. Disponível em:  
<<http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijgpb&volume=41&issue=2&article=010>>. Acesso em: 09 Mar. 2018.

SOUZA, L. M. et al. Correlations between yield and fruit quality characteristics of fresh market tomatoes. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p.627-631, 2012.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2017.860p.