



GIULIA NAYARA DUARTE

**COLORAÇÃO E FIRMEZA DE FRUTOS EM HÍBRIDOS DE
TOMATE EM FUNÇÃO DOS ALELOS *rin*, *nor*, *nor^A*, *og^c* e *hp*.**

LAVRAS-MG

2019

GIULIA NAYARA DUARTE

**COLORAÇÃO E FIRMEZA DE FRUTOS EM HÍBRIDOS DE TOMATE EM
FUNÇÃO DOS ALELOS *rin*, *nor*, *nor^A*, *og^c* e *hp*.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Wilson Roberto Maluf, Ph.D.

LAVRAS-MG

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Duarte, Giulia Nayara.

Coloração e firmeza de frutos em híbridos de tomate em função dos alelos *rin*, *nor*, *nor^A*, *og^c* e *hp*. / Giulia Nayara Duarte. - 2019.

49 p.

Orientador(a): Wilson Roberto Maluf.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. Alelos mutantes de amadurecimento. 3. Alelos mutantes de coloração. I. Maluf, Wilson Roberto. II. Título.

GIULIA NAYARA DUARTE

**COLORAÇÃO E FIRMEZA DE FRUTOS EM HÍBRIDOS DE TOMATE EM
FUNÇÃO DOS ALELOS *rin*, *nor*, *nor^A*, *og^c* e *hp*.**

**COLORATION AND FIRMNESS OF TOMATO FRUIT HYBRIDS AS A FUNCTION
OF THE ALLELES *rin*, *nor*, *nor^A*, *og^c* and *hp*.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de novembro de 2019.

Dr. Luciane Vilela Resende UFLA

Dr. Luis Felipe Lima e Silva UNIFENAS

Orientador
Wilson Roberto Maluf, Ph.D.

**LAVRAS - MG
2019**

*Aos meus pais José Francisco e Lusimeire, pelo amor, incentivo e esforço que me instigaram
chegar até aqui.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e coragem para superar mais este desafio.

Aos meus pais José Francisco e Lusimeire pela educação e por sempre terem motivado a buscar meus sonhos.

Aos meus irmãos Roger, Ruan e Giuliana por estarem sempre presentes nos momentos difíceis e pelos bons momentos.

Ao Léo pelo amor, paciência, compreensão nos momentos mais complicados e ao grande incentivo para superar mais este desafio.

Ao orientador Maluf pela confiança, oportunidade e pela imensa sabedoria.

À família Duarte e Barbosa que tanto incentivou e apoiou na busca deste sonho.

À Hortiagro Sementes Ltda, pela concessão do germoplasma utilizado neste trabalho.

Aos amigos de trabalho Vicente Licursi, Ronaldo (Nado), Luis Felipe, Alex, Jéssica, Andressa, Léo, Giuliana, Maria de Fátima (Fatinha) e toda equipe do Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia-UFLA, pela IMENSA AJUDA e disposição na execução do experimento.

À Ana Lazara, Eduardo Vilas Boas e Elisângela Carvalho do Departamento de Ciências dos Alimentos pela disponibilidade e confiança.

Ao Leandro (Dico), Paulo Vitor e amigos do horto pela compreensão e incentivo.

A Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade de cursar o mestrado e contribuir na minha formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Hortiagro Sementes Ltda pelo apoio e oportunidade para a realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

O tomate é perecível, o que faz necessária a rápida comercialização após a colheita. O amadurecimento dos frutos é decorrente de alterações fisiológicas e bioquímicas, que garantem as características organolépticas dos frutos. O amadurecimento pode ser regulado pelo *background* genético ou por alelos mutantes. Alelos mutantes de amadurecimento (*rin*, *nor* e *nor^A*) aumentam a vida de prateleira dos frutos de tomate, no entanto podem prejudicar a sua coloração. Desta forma a associação destes alelos com alelos de coloração (*hp* e *og^c*) pode contribuir para aumentar os teores de licopeno afim de obter tomates com boa coloração. Este trabalho visou identificar combinações híbridas de tomate com boas características de firmeza e coloração, em função do uso simultâneo dos alelos mutantes de amadurecimento e de coloração. Utilizaram-se 12 tratamentos com *background* Floradade, entre eles quatro linhagens: Floradade-genótipo normal, TOM-559-*nor^A/nor^A*, TOM-613-*nor/nor* e TOM-614-*rin/rin* e oito híbridos: F1(TOM-559 x TOM-613)-*nor/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-559)-*nor⁺/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-613)-*nor⁺/nor*, F1(FloraDade x TOM-614)-*rin⁺/rin*, F1(TOM-559 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, F1(TOM-613 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor*, F1(TOM-591 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* e F1(TOM-589 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*. Foram avaliadas as características: produtividade total, produtividade precoce, massa média dos frutos, firmeza no estágio *breaker*, meia vida da firmeza e coloração dos frutos. Não houve diferença na massa média dos frutos entre os genótipos, tendo o genótipo FloraDade a maior produtividade total e o *rin/rin* a menor. A presença de alelos mutantes de amadurecimento associados ou não a alelos mutantes de coloração, reduziu a produtividade precoce. Não foram observadas diferenças entre os genótipos para a firmeza no estágio *breaker*. Os duplos heterozigotos *rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin nor⁺/nor*, *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* e *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp* acrescentaram de 7,87 a 9,68 dias na meia vida da firmeza comparado ao genótipo normal. O emprego combinado de *og^{c+}/og^c hp⁺/hp*, ao genótipo *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* tendeu a promover ligeiras melhoras na cromaticidade tanto na parte externa (epiderme) como na parte interna dos frutos, notadamente no gel placentário. A presença do *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* combinado ao *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* foi efetiva em promover melhoras na saturação da cor do pericarpo e placenta. Os resultados permitem concluir pela viabilidade de emprego da combinação duplo heterozigota *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* no aumento da conservação pós-colheita de frutos, não somente em relação ao genótipo normal, mas também relativamente aos heterozigotos simples *rin⁺/rin* e *nor⁺/nor^A*. Os possíveis efeitos deletérios da dupla combinação *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* na coloração externa e interna dos frutos são similares às do heterozigoto simples *rin⁺/rin* (amplamente empregado em híbridos comerciais), e podem ser atenuados pelo emprego simultâneo dos alelos *og^c* e *hp* na combinação *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*. Alelos mutantes de amadurecimento. Alelos mutantes de coloração.

ABSTRACT

Because of its perishability, tomato fruit demands quick post harvest commercialization. Tomato fruit ripening is a result of physiological and biochemical changes that ultimately are responsible for fruit organoleptic quality. Fruit ripening may be influenced by both genetic background and the presence of mutant alleles. Ripening mutant alleles (*rin*, *nor* and *nor^A*) increase post-harvest fruit shelf life, but may impair final fruit color. Deployment of these alleles along with color enhancing mutants (*hp*, *og^c*) may contribute to increase lycopene content and therefore to obtain tomatoes with improved fruit color. The purpose of this work was to identify tomato hybrid combinations with both good fruit firmness and improved color, as a function of the simultaneous deployment of ripening mutant and color enhancing alleles. Twelve genotypes with genotypic background of cultivar Floradade were deployed in the study: four inbred lines (Floradade-normal genotype, TOM-559-*nor^A/nor^A*, TOM-613-*nor/nor* and TOM-614-*rin/rin*) and eight hybrids F1(TOM-559 x TOM-613)-*nor/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-559)-*nor⁺/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-613)-*nor⁺/nor*, F1(FloraDade x TOM-614)-*rin⁺/rin*, F1(TOM-559 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, F1(TOM-613 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor*, F1(TOM-591 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* and F1(TOM-589 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*). These genotypes were evaluated for total and early yields, fruit firmness at the breaker stage, firmness half life period, and final fruit color. No detectable differences were found among the genotypes, with Floradade with highest yields and *rin/rin* with the lowest. The presence of ripening mutants, whether associated or not to color enhancing mutants, reduced early yields. No difference for firmness at the breaker stage was detected among the genotypes tested. The ripening mutant double heterozygous genotypes *rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin nor⁺/nor*, *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* and *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp* increased firmness half life by 7.87 to 9.68 days when compared to the normal genotype Floradade. The deployment of *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* along with *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* tended to promote slight improvement (decrease in the hue angle) both in the external color (epidermis) and in the internal color, especially in the placental gel. Presence of *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* in combination with *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* was also effective in improving chroma in the pericarp and placenta. Our results indicate that deployment of the double heterozygous combination *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* is effective towards improving fruit shelf life, not only with relation to the normal genotype, but also relatively to the single heterozygous genotypes *rin⁺/rin* and *nor⁺/nor^A*. Possible deleterious effects of the double combination *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* on external and on internal fruit color are similar to those presented by the single heterozygous genotype *rin⁺/rin* (widely deployed in commercial hybrids), and may be attenuated by simultaneous deployment of alleles *og^c* and *hp* in the combination *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*.

Keywords: *Solanum lycopersicum*. Ripening mutant alleles. Color mutant alleles.

SUMÁRIO

Conteúdo

1	INTRODUÇÃO GERAL	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Cultura do tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	10
2.2	O tomateiro no Brasil e o uso de cultivares híbridas.	11
2.3	Amadurecimento e conservação pós-colheita.	12
2.4	Firmeza dos frutos.....	13
2.5	Coloração dos frutos.	15
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
1	INTRODUÇÃO	21
2	MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1	Produção de mudas.	26
2.2	Delineamento e condução	26
2.3	Características de produção	26
2.4	Características de firmeza	26
2.5	Características de coloração	27
2.6	Análises dos dados.....	28
3	RESULTADOS	28
3.1	Características de produção	28
3.2	Características de firmeza	31
3.3	Características de coloração.....	33
4	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	41
5	CONCLUSÃO	47
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO GERAL

O tomate é uma solanácea amplamente disseminada no mundo, sendo uma das hortaliças mais consumidas. O Brasil ocupa a nona posição no ranking mundial de produção de tomate, sendo Goiás responsável por 31,4% da produção nacional, São Paulo 21,2% e Minas Gerais 17,1% (IBGE, 2018).

O cultivo de tomate até a década de 1990 era feito com cultivares de polinização aberta, desde então o mercado foi dominado por híbridos, que apresentavam precocidade, uniformidade e frutos tipo longa vida.

O tomate é perecível, o que faz necessária rápida comercialização após a colheita. O amadurecimento dos frutos é decorrente de alterações fisiológicas e bioquímicas, que garantem as características organolépticas dos frutos. Sendo o tomate um fruto climatérico, em sua fase de maturação ocorre um aumento de CO₂ e etileno endógeno, e redução do O₂, enquanto o fruto passa da cor verde para o vermelho.

O amadurecimento pode ser regulado pelo *background* genético e/ou por alelos mutantes. Estes alelos podem inibir ou retardar a síntese de etileno, afetar a síntese de carotenóides e retardar a destruição da parede celular, sendo interessante o seu uso para melhorar a conservação pós-colheita.

Alelos de amadurecimento (*rin*, *nor* e *nor^A*) aumentam a vida de prateleira dos frutos de tomate, no entanto prejudicam a coloração dos frutos (POMA *et al.*, 2017). Desta forma procura-se associar estes alelos com alelos de coloração (*hp* e *og^c*) para aumentar os teores de licopeno e beta-caroteno (FARIA *et al.*, 2006).

O alelo *rin* já é usado com frequência em heterozigose em híbridos comerciais, ao passo que os alelos *nor*, *nor^A*, *hp* e *og^c* são pouco usados (FARIA, 2004). Há indicações na literatura (BENITES *et al.*, 2010) de que o emprego simultâneo de *nor^A* e *rin* em heterozigose incrementa ainda mais a vida de prateleira, quando comparada a obtida com *nor⁺/nor^A* ou *rin⁺/rin* isoladamente.

Embora os efeitos de *rin⁺/rin*, *nor⁺/nor* ou *nor⁺/nor^A* na coloração já tenham sido quantificados (BENITES, 2003; FARIA, 2004; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2005; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2005; CÁ *et al.*, 2006; FARIA *et al.*, 2006; BENITES *et al.*, 2010; POMA *et al.*, 2017), seu efeito geralmente deletério na coloração interna e externa dos frutos têm em geral sido avaliados apenas visualmente (BENITES, 2003; FARIA, 2004; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2005; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2005; CÁ *et al.*, 2006; FARIA *et al.*, 2006; BENITES *et al.*, 2010), e frequentemente encontra-se confundido com o efeito de diferentes

backgrounds genéticos (FARIA, 2004; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2005; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2005; CÁ *et al.*, 2006; FARIA *et al.*, 2006; POMA *et al.*, 2017).

O presente trabalho visa quantificar os efeitos dos alelos mutantes de amadurecimento *rin*, *nor* e *nor*^A tanto na conservação pós-colheita como na coloração externa e interna dos frutos, e os possíveis efeitos de sua associação com alelos que afetam a coloração dos frutos *og*^c e *hp*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*)

O tomate é uma solanácea cultivada em todo mundo, sendo as espécies silvestres nativas da região dos Andes, desde o norte do Chile até a Colômbia com epicentro no Peru, tendo sido a espécie *Solanum lycopersicum*, no entanto, domesticada por índios mexicanos (SAAVEDRA; FIGUEROA; CAUIH, 2017). Por volta de 1550 o tomate foi expandido pelos europeus para Europa, Ásia, África e outras partes do mundo. Existem evidências que os italianos foram os primeiros a cultivarem o tomate, pela curiosidade e beleza dos frutos (FILGUEIRA, 2013).

No Brasil, o cultivo de tomate começou pelos imigrantes europeus no fim do século XIX, porém, teve um aumento no consumo e na produção após a primeira guerra mundial (1914). Variedades cultivadas naquela época foram importantes para o aparecimento de cultivares do chamado grupo Santa Cruz, que surgiram a partir de cruzamentos e seleções feitas por produtores (ALVARENGA, 2004).

O tomateiro é uma planta herbácea, possuindo caule flexível, piloso, com ramos laterais. As flores, hermafroditas, são pequenas, de cor amarelada e se agrupam em cachos. Os frutos são do tipo baga, no formato oval, redondo e achatado com coloração em geral vermelha ou amarela. O fruto constitui-se de película, polpa, semente e placenta. O interior é dividido em lóculos onde as sementes ficam em uma mucilagem placentária. De acordo com a cultivar os frutos podem ser biloculares, triloculares, tetraloculares ou pluriloculares (GOUVEIA, 2016).

A arquitetura do tomateiro é caracterizada por dois hábitos de crescimento: determinado e indeterminado. No Brasil as cultivares determinadas são usadas para o cultivo rasteiro, no qual os frutos são destinados na maioria para indústria. O tipo indeterminado é usado para a produção de tomate de mesa, sendo necessária a realização de tutoramento e desbrotas.

O gênero *Solanum* seção *Lycopersicum* engloba 13 espécies agrupadas em dois complexos de acordo a possibilidade de cruzamento com *Solanum lycopersicum*: *Esculentum* e *Peruvianum*. O complexo *Esculentum* engloba oito espécies: *Solanum lycopersicum*, *Solanum cheesmaniae*, *Solanum chmielewskii*, *Solanum galapagense*, *Solanum habrochaites*, *Solanum neorickii*, *Solanum pennellii* e *Solanum pimpinellifolium*. O complexo *Peruvianum* inclui cinco espécies: *Solanum arcanum*, *Solanum chilense*, *Solanum corneliomuelleri*, *Solanum huaylasense* e *Solanum peruvianum*. No entanto, apenas o *Solanum lycopersicum* tem sido explorado como planta cultivada. As outras espécies têm sido usadas como fonte de alelos de resistências a doenças e insetos (MALUF *et al.*, 2010).

2.2 O tomateiro no Brasil e o uso de cultivares híbridas.

A partir de 1930 houve o marco do melhoramento de tomate no Brasil, com o surgimento da cultivar Santa Cruz. Esta cultivar foi resultado das seleções feitas a partir do cruzamento natural entre Rei Umberto e Redondo Japonês, aonde se obteve um incremento na produtividade e qualidade dos frutos (FILGUEIRA, 2013). O grupo de cultivares do tipo Santa Cruz apresenta frutos oblongos, biloculares ou triloculares.

A partir de 1950 surgiram novas cultivares, advindas de seleções para frutos de tamanho maior, surgindo então a cultivar Santa Cruz Gigante Kadá, que foi a mais cultivada até os anos de 1980 (FILGUEIRA, 2013). Com a necessidade de cultivares com resistência genética a doenças foram lançadas novas cultivares pelo pesquisador Hiroshi Nagai, destacando-se em 1985 a cultivar IAC Santa Clara, com frutos maiores que tornou-se o novo padrão de tomate de mesa do grupo Santa Cruz (MELO; MELO, 2003).

Em meados da década de 1990, as cultivares de polinização aberta perderam espaço para os híbridos que apresentavam heterose, uniformidade, resistências a doenças e precocidade. Os híbridos de frutos multiloculares ganharam mercado por seus frutos terem longa vida e maior firmeza, substituindo as cultivares japonesas multiloculares que produziam frutos grandes, achatados, com baixa firmeza e conservação pós-colheita reduzida (FILGUEIRA, 2013).

O uso de tomates híbridos com frutos longa vida foi um avanço na produção, uma vez que os frutos ganharam firmeza e maior vida de prateleira. A obtenção destes híbridos pode ser feita pelo método de melhoramento convencional, que busca aumentar a frequência de alelos favoráveis para aumentar a firmeza; pelo método de melhoramento convencional com alelos mutantes de amadurecimento e pelo método da transgenia (DELLA VECCHIA;

KOCH, 2000).

Pelo método da transgenia tem-se usado os transgênicos homocigotos de orientação senso e antisenso, de translação do DNA e transcrição de mRNA que modifica a produção de etileno e enzimas (poligalacturonase) ligadas ao processo de amadurecimento, como exemplo temos o híbrido F₁FlavrSavr desenvolvido pela Calgene – Monsanto (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000). Tomates longa vida transgênicos não foram utilizados no Brasil, e sua utilização em nível mundial não chegou a ser relevante.

2.3 Amadurecimento e conservação pós-colheita.

O amadurecimento dos frutos é geneticamente controlado por meio de mudanças fisiológicas e bioquímicas ocorridas na fase final de desenvolvimento dos frutos que garantem as características organolépticas para aceitação dos consumidores.

O tomate é normalmente um fruto climatérico, ou seja, no final da maturação inicia-se o aumento da atividade metabólica dos frutos que intensifica a respiração elevando as taxas de CO₂, redução do O₂ e aumento do etileno endógeno.

O fruto possui cerca de 90% de água, sendo muito sensível a impactos, tornando-o perecível (RINALDI *et al.*, 2011). Muitos frutos após sofrerem danos físicos aumentam a respiração, a produção de etileno e reações responsáveis pelo amadurecimento que alteram cor, textura e sabor, o que pode diminuir o tempo de prateleira dos frutos. A respiração após a colheita é importante para que o fruto atinja as características aceitáveis para o consumo, no entanto, quando em excesso, estas são facilmente perdidas.

A colheita antecipada do tomate aumenta o tempo de prateleira, no entanto as implicações desta antecipação na qualidade final ainda tem que ser melhor caracterizada, pois os frutos, às vezes, não chegam a atingir os padrões desejáveis para o consumo (MOURA *et al.*, 2005). Tomates colhidos no estágio verde-maduro e *breaker* apresentam sabor considerado em geral pior do que os frutos colhidos em estágio mais avançado de maturação.

Existem alelos mutantes de amadurecimento que retardam ou causam deficiência na respiração ou interrompem a biossíntese de etileno. Estes alelos bloqueiam aspectos do amadurecimento que estejam fora do domínio de influência do etileno (MOORE *et al.*, 2002).

O uso de alelos mutantes de ocorrência natural despertou interesse aos melhoristas por aumentar a vida de prateleira do tomate (KOPELIOVITCH *et al.*, 1979). Os alelos mutantes de amadurecimento possuem efeitos múltiplos (pleiotrópicos) que afetam o amadurecimento dos frutos do tomate. Entre eles destacam-se o *rin* (*ripening inhibitor*), o *nor* (*non ripening*) e

o *nor^A* (*Alcobaça*), que são alelos parcialmente recessivos. Frutos com a presença destes alelos reduzem a degradação da parede celular, a síntese de etileno e a produção de carotenóides no processo de respiração dos frutos, contribuindo para uma maior vida de prateleira (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000).

O uso dos alelos mutantes de amadurecimento, no incremento da conservação pós-colheita, tornou-se viável em heterozigose desde que os efeitos deletérios desses locos não se manifeste em relação à coloração (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2005). O alelo *rin* é bastante usado em híbridos comerciais, enquanto *nor* e *nor^A* não o são.

2.4 Firmeza dos frutos.

A firmeza dos frutos pode ser função do *background* genético ou de alelos mutantes que interferem no amadurecimento. As enzimas hidrolíticas são umas das responsáveis pela perda da firmeza dos frutos. Estas enzimas despolimerizam e solubilizam as pectinas perdendo a integridade dos tecidos e amolecendo os frutos (CROOKES; GRIERSON, 1993).

A poligalacturonase é a principal enzima envolvida na solubilização da pectina provocando o amolecimento da parede celular dos tecidos. A pectinametilesterase catalisa o processo que torna a parede celular mais suscetível à ação da poligalacturonase (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2003). Os tomates portadores dos alelos mutantes tem a transcrição da poligalacturonase reduzida, possivelmente por não acumular o mRNA que a codifica (MUTSCHLER *et al.*, 1992).

Os alelos *rin*, *nor*, e *nor^A* bloqueiam e prolongam o período de maturação, são mais utilizados em heterozigose. No entanto, mutantes de amadurecimento em homozigose, causam distintas mudanças nas vias metabólicas, levando a perda ou redução de compostos aromáticos, interferindo assim no sabor, aroma e na textura (KOVÁCS *et al.*, 2009), bem como na coloração final dos frutos.

O alelo *rin* foi descoberto e descrito por R.W. Robinson e M.L. Tomes na Universidade de Cornell, EUA, em 1968 em uma linhagem F₄ selecionada do cruzamento das cultivares Fireball e linhagem 54-149. Híbridos tipo longa vida *rin*, com o alelo em heterozigose, foram introduzidos em 1992 no Brasil através das cultivares F₁ Carmen e Raisa (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000).

O alelo recessivo *rin* é resultado de uma mutação no loco posicionado no cromossomo 5, e está ligado em associação ao alelo *mc* (*macrocalyx*), responsável pelo fenótipo cálice gigante. O *rin* interrompe o amadurecimento mesmo submetido a etileno exógeno (MOORE

et al., 2002) e frutos *rin* em heterozigose são deficientes em licopeno e beta-caroteno (FARIA, 2004).

O alelo *nor*, também recessivo, está situado no cromossomo 10 do tomateiro e ligado em repulsão a 3,5cM do alelo *u(uniform ripening)* que condiciona ausência de ombro verde (TIGCHELAAR; McGLASSON; BUESCHER, 1978). O alelo *nor* foi descoberto por E.C. Tigchelaar, M.L. Tomes, E.A. Kerr e R.J. Barman na Universidade de Purdue-EUA, em 1973, na cultivar Italian Winter (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000).

O mutante *alcobaça* foi descoberto por F. Almeida em uma cultivar na região de Alcobaça em Portugal, em 1967 (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000). De acordo com Benites *et al.* (2010), os alelos *alcobaça* e *nor* são alelos semelhantes ou idênticos do mesmo loco, assim o *alcobaça* deve ser chamado de *nor^A* (BENITES *et al.*, 2010).

O alelo *alcobaça* em homozigose (*nor^A/nor^A*) prolonga a vida de prateleira pela redução da perda de peso, aumento da firmeza, reduz os teores de licopeno e beta-caroteno e aumenta a relação brix/acidez, a deficiência na coloração externa limita seu uso comercial (DE ARAUJO *et al.*, 2002).

Os alelos de amadurecimento influenciam na coloração do tomate quando utilizados em homozigose, pois há uma mudança na síntese de licopeno e betacaroteno dos frutos. Os alelos *nor* e *nor^A* em homozigose afetam a produção de carotenóides, desta forma os frutos ficam amarelo-alaranjados; já o alelo *rin* em homozigose faz com que os frutos fiquem amarelos (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2005).

Os homozigotos *rin*, *nor* e *nor^A* por suas características indesejáveis na coloração dos frutos não tem sido empregados em cultivares comerciais (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2005). No entanto estes alelos em heterozigose aumentam a conservação pós-colheita (em relação a tomateiros não portadores destes alelos) e apresentam coloração final aceitável, o que permite seu uso em híbridos comerciais (BENITES *et al.*, 2010).

Segundo Benites (2003) não se pode distinguir os efeitos fenotípicos de *nor* dos *nor^A* seja em homozigose ou heterozigose, para as características de firmeza e coloração, com exceção da coloração externa entre os respectivos homozigotos, diferença esta significativa, no entanto, de pequena magnitude. Isto indica que os efeitos desses alelos, se distintos são muito parecidos e difíceis de serem identificados.

A dupla combinação heterozigota *nor⁺/nor^A rin⁺/rin* observada por Benites *et al.*, (2010) bem como *nor⁺/nor rin⁺/rin*, tem se mostrado promissora para o melhoramento, superando heterozigotos simples *nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin* e *nor⁺/nor* em relação às características de firmeza dos frutos, e portanto de conservação pós-colheita.

As duplas combinações heterozigotas pouco afetam a coloração externa dos frutos, não diferindo dos heterozigotos simples ou dos genótipos normais (BENITES *et al.*, 2010). No entanto ocasionam uma leve piora na coloração interna dos frutos, embora isso não impeça o seu uso comercial. Essa piora pode ser minimizada com a introdução de alelos envolvidos na síntese de licopeno como o *hp* e o *og^c* em híbridos de tomate (BENITES *et al.*, 2010).

2.5 Coloração dos frutos.

A coloração dos frutos é um indicativo para os consumidores que os frutos estão prontos para serem consumidos. Nos frutos a cor verde, decorrente da clorofila dos plastídios é gradativamente substituída pela cor vermelha decorrente da síntese e acúmulo de carotenóides como licopeno. Os carotenóides são importantes para a dieta alimentar. Segundo relatos, o licopeno pode reduzir risco de doenças cardiovasculares e câncer além de ser um excelente antioxidante (LÓPEZ *et al.*, 2001).

Existem alelos mutantes que contribuem para a coloração dos frutos, dentre eles o *hp* (*high pigment*) e o *og^c* (*old gold-crimson*). O alelo recessivo *hp* é de herança monogênica localizado no cromossomo 2. Os frutos maduros *hp/hp* são de coloração vermelha intensa e alto teor de beta-caroteno e licopeno. Em homozigose o *hp* reduz o crescimento da planta e aumenta os teores de clorofila nos tecidos (ARAÚJO *et al.*, 2002).

O alelo *og^c* é recessivo, confere uma coloração vermelha intensa a polpa dos frutos, possui ação pleiotrópica, conferindo cor alaranjada às pétalas. Eleva o teor de licopeno, no entanto reduz o beta-caroteno da região locular dos frutos (THOMPSON *et al.*, 1965).

No emprego de alelos de amadurecimento e coloração, observaram que frutos de tomate que possuem um ou mais alelos *nor^A*, *rin*, em heterozigose, aliados ou não a *hp* e/ou *og^c* em homozigose ou heterozigose, apresentam maior conservação pós-colheita do que os genótipos normais. Os alelos *og^c* (em homozigose ou heterozigose) e *hp* (em heterozigose) contribuem para uma melhor coloração interna dos frutos, seja em genótipos normais, *nor⁺/nor^A* ou *rin⁺/rin*. Em genótipos *nor⁺/nor^A* o efeito positivo do *og^c* (em homozigose ou heterozigose) e *hp* (em heterozigose) é capaz de tornar a coloração interna semelhante a dos genótipos normais, efeito este nem sempre com a mesma magnitude no genótipo *rin⁺/rin* (CÁ *et al.*, 2006). O uso dos alelos *og^c* e/ou *hp*, em heterozigose, aumenta os teores de betacaroteno e licopeno e melhora a coloração dos frutos (FARIA *et al.*, 2006).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; BENITES, F. R. G.; SANTOS JÚNIOR, A. M. Yield and fruit quality of tomato hybrids heterozygous for ripening and color mutant alleles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.6, p.555-561, jun. 2005.

BENITES, F. R. G. **Estudos genético-fisiológicos dos mutantes alcobaça (alc), non-ripening (nor) e ripening-inhibitor (rin) em tomateiro**. 2003. 106p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2003.

BENITES, F. R. G.; MALUF, W. R.; PAIVA, L. V.; FARIA, M. V.; JUNIOR, V. C. A.; GONÇALVES, L. D. Allelism test between the alcobaça and non-ripening mutants in tomato plants. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, Edição Especial, p. 1669-1673, 2010.

CÁ, J. A.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, M. V.; LICURSI, V.; MORETTO, P. Híbridos de tomateiro longa-vida com frutos de maior intensidade de coloração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.9, p.1377-1384, set. 2006.

CROOKES, P. R.; GRIERSON, D. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. **Plant Physiology**, Rockville, v. 72, n. 4, p. 1088-1093, Aug. 1993.

DE ARAUJO, M. L.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. Intra and interlocus interactions between alcobaca (alc), crimson (ogc), and high pigment (hp) loci in tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. **Euphytica**, Netherlands, v. 125, n. 2, p. 215-226, 2002.

DELLA VECCHIA, P.T.; KOCH, P.S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 3-4, março 2000.

FARIA, M. V. **Emprego simultâneo dos mutantes de amadurecimento (rin e norA) e de coloração (ogc e hp) em heterozigose em genótipos de tomateiro longa-vida**. 2004. 96p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

FARIA, M. V.; MALUF, W. R.; DE RESENDE, J. T. V.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; NASCIMENTO, I. R.; BENITES, F. R. G.; DE MENEZES, C. B.; AZEVEDO, S. M. Rin, nor(A), og(c) and hp mutants in tomatoes with different genetic backgrounds. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.793-800, maio 2006.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

GOUVEIA, B. T. **Avaliação agronômica e resistência a pragas de híbridos de tomate com elevados teores foliares de açúcares.** 2016. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola.** Agosto 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2018_ago.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.

KOPELIOVITCH, E.; RABINOWITCH, H. D.; MIZRAHI, Y.; KEDAR, N. The potential of ripening mutants for extending the storage life of the tomato fruit. **Euphytica**, v. 28, n. 1, p.99-104,1979.

KOVÁCS, K.; FRAY, R. G.; TIKUNOV, Y.; GRAHAM, N.; BRADLEY, G.; SEYMOUR, G. B.; BOVY, A. G.; GRIERSON, D. Effect of tomato pleiotropic ripening mutations on flavour volatile biosynthesis. **Phytochemistry**, v. 70, n. 8, p.1003-1008, 2009.

LÓPEZ, J.; RUIZ, R. B.; BALLESTEROS, R.; CIRUELOS, A.; ORTIZ, R. Color and lycopene content of several commercial tomato varieties at different harvesting dates. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 542, p.243-245, 2001.

MALUF, W.R.; MACIEL, G.M.; GOMES, L.A.A.; CARDOSO, M.G.; GONÇALVES, L.D.; SILVA, E.C.; KNAPP, M. Broad-spectrum arthropod resistance in hybrids between high-and low-acylsugar tomato lines. **Crop Science Society of Americ**, v. 50, n. 2, p.439-450, 2010.

MELO, A. M. T.; MELO, P.C.T. Hiroshi Nagai (1935–2003): sua vida e contribuições à olericultura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, Oct./Dec 2003.

MOORE, S.; VREBALOV, J.; PAYTON, P.; GIOVANNONI, J. Use of genomics tools to isolate key ripening genes and analyse fruit maturation in tomato. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.377, p.2023-2030, October 2002.

MOURA, M. L.; FINGER, F. L.; MIZOBUTSI, G.P.; GALVÃO, H.L. Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate ‘Santa Clara’ e do mutante ‘Firme’. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.81-85, jan./mar. 2005.

MUTSCHLER, M. A.; WOLFE, D. W.; COBB, E. D.; YOURSTONE, K. S. Tomato fruit quality and shelf life in hybrids heterozygous for the alc ripening mutant. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.4, p.352-355, Apr. 1992.

POMA, B. A.; MALUF, W. R.; GOUVEIA, B. T.; DE OLIVEIRA, A. M. S.; FERREIRA, R. P. D.; CARVALHO, R. C. Fruit color and post-harvest shelf life in tomato affected by the ogc, norA, and rin alleles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.9, p.743-750, set. 2017.

RINALDI, M.M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B.N.; SALES, R.N.; AMARAL, R.D.A. Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. **B.CEPPA**, Curitiba, v.29, n.2, p.305-316, jul./dez. 2011.

SAAVEDRA, T.M.; FIGUEROA, G.A.; CAUIH, J.G.D. Origin and evolution of tomato production *Lycopersicon esculentum* in México. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47, n.3, 2017.

SANTOS JUNIOR, A. M.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; LIMA, L. C. O.; CAMPOS, K. P.; LIMA, H. C.; ARAÚJO, F. M. M. C. Comportamento pós-colheita das características químicas, bioquímicas e físicas de frutos de tomateiros heterozigotos nos locos alcobaça e ripening inhibitor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.749-757, jul./ago., 2003.

SANTOS JÚNIOR, A. M.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; NASCIMENTO, I. R.; BENITES, F. R. G.; GOMES, L. A. A. Yield, quality and conservation of heterozygous tomatoes in alcobaça, nonripening and ripening inhibitor loci. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1203-1210, dez. 2005.

THOMPSON, A. E.; TOMES, M. L.; WANN, E. V.; McCOLLU, J. P.; STONER, A.K. Characterization of crimson tomato fruit color. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, College Park, v.86, n.1, p.610-616, July 1965.

TIGCHELAAR, E. C.; McGLASSON, W. B.; BUESCHER, R. W. Genetic regulation of tomato fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v.13, n.5, p.508-513, Oct. 1978.

RESUMO

O presente trabalho visou quantificar os efeitos dos alelos mutantes de amadurecimento *rin*, *nor* e *nor^A* tanto na conservação pós-colheita como na coloração externa e interna dos frutos do tomateiro, e os possíveis efeitos de sua associação com alelos que afetam a coloração dos frutos *og^c* e *hp*. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com três repetições e 12 tratamentos (*background* Floradade), entre eles quatro linhagens: Floradade-genótipo normal, TOM-559-*nor^A/nor^A*, TOM-613-*nor/nor* e TOM-614-*rin/rin* e oito híbridos: F1(TOM-559 x TOM-613)-*nor/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-559)-*nor⁺/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-613)-*nor⁺/nor*, F1(FloraDade x TOM-614)-*rin⁺/rin*, F1(TOM-559 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, F1(TOM-613 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor*, F1(TOM-591 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c*, F1(TOM-589 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*. Foram avaliadas as características: produtividade total, produtividade precoce, massa média dos frutos, firmeza no estágio *breaker*, meia vida da firmeza e coloração dos frutos. Não houve diferença na massa média dos frutos entre os genótipos, tendo o genótipo FloraDade a maior produtividade total e o *rin/rin* a menor. A presença de alelos mutantes de amadurecimento associados ou não a alelos mutantes de coloração, reduziu a produtividade precoce. Não foram observadas diferenças entre os genótipos para a firmeza no estágio *breaker*. Os duplos heterozigotos *rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin nor⁺/nor*, *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* e *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp* acrescentaram de 7,87 a 9,68 dias na meia vida da firmeza quando comparados ao genótipo normal. O emprego combinado de *og^{c+}/og^c hp⁺/hp*, ao genótipo *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* tendeu a promover ligeiras melhoras na cromaticidade tanto na parte externa (epiderme) como na parte interna dos frutos, notadamente no gel placentário. A presença do *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* combinado ao *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* foi efetiva em promover melhoras na saturação da cor do pericarpo e placenta. Os resultados obtidos permitem concluir pela viabilidade da combinação duplo heterozigota *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* no aumento da conservação pós-colheita dos frutos, não somente em relação ao genótipo normal, mas também relativamente aos heterozigotos simples *rin⁺/rin* e *nor⁺/nor^A*. Os possíveis efeitos deletérios da dupla combinação *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* na coloração interna e externa dos frutos são similares às do heterozigoto simples *rin⁺/rin*, e podem ser atenuados pelo emprego simultâneo dos alelos *og^c* e *hp*, na combinação *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*. Alelos mutantes de amadurecimento. Alelos mutantes de coloração.

ABSTRACT

This work aimed at quantifying the effects of the tomato ripening mutants *rin*, *nor* and *nor^A* in fruit shelf life and in the internal and external fruit color, and the possible effects of their associative deployment with alleles that enhance fruit color *og^c* and *hp*. A randomized complete block design trial with three replications was used to test twelve tomato genotypes (genotypic background Floradade), which comprised four inbred lines (Floradade-normal genotype, TOM-559-*nor^A/nor^A*, TOM-613-*nor/nor* and TOM-614-*rin/rin*) and eight hybrids F1(TOM-559 x TOM-613)-*nor/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-559)-*nor⁺/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-613)-*nor⁺/nor*, F1(FloraDade x TOM-614)-*rin⁺/rin*, F1(TOM-559 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, F1(TOM-613 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor*, F1(TOM-591 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* and F1(TOM-589 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*). These genotypes were evaluated for total and early yields, fruit firmness at the breaker stage, firmness half life period, and final fruit color. No detectable differences were found among the genotypes, with Floradade with highest yields and *rin/rin* with the lowest. The presence of ripening mutants, whether associated or not to color enhancing mutants, reduced early yields. No difference for firmness at the breaker stage was detected among the genotypes tested. The ripening mutant double heterozygous genotypes *rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin nor⁺/nor*, *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* and *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp* increased firmness half life by 7.87 to 9.68 days when compared to the normal genotype Floradade. The deployment of *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* along with *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* tended to promote slight improvement (decrease in the hue angle) both in the external color (epidermis) and in the internal color, especially in the placental gel. Presence of *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* in combination with *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* was also effective in improving chroma in the pericarp and placenta. Our results indicate that deployment of the double heterozygous combination *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* is effective towards improving fruit shelf life, not only with relation to the normal genotype, but also relatively to the single heterozygous genotypes *rin⁺/rin* and *nor⁺/nor^A*. Possible deleterious effects of the double combination *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* on external and on internal fruit color are similar to those presented by the single heterozygous genotype *rin⁺/rin* (widely deployed in commercial hybrids), and may be attenuated by simultaneous deployment of alleles *og^c* and *hp* in the combination *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*.

Keywords: *Solanum lycopersicum*. Ripening mutant alleles. Color mutant alleles.

1 INTRODUÇÃO

O tomate possui cerca de 90% de água, sendo muito sensível a impactos, tornando-o muito perecível (RINALDI *et al.*, 2011), o que faz necessária rápida comercialização após a colheita. O amadurecimento dos frutos é decorrente de alterações fisiológicas e bioquímicas, que garantem as características organolépticas dos frutos, podendo ser regulado pelo *background* genético e/ou por alelos mutantes.

Existem alelos mutantes de amadurecimento que retardam ou causam deficiência na respiração ou interrompem a biossíntese de etileno. Estes alelos bloqueiam aspectos do amadurecimento que estejam fora do domínio de influência do etileno (MOORE *et al.*, 2002).

Os alelos mutantes de amadurecimento possuem efeitos múltiplos (pleiotrópicos) que afetam o amadurecimento dos frutos do tomate. Entre eles destacam-se o *rin* (*ripening inhibitor*), o *nor* (*non ripening*) e o *nor^A* (*Alcobaça*), que são alelos incompletamente recessivos. Frutos com a presença destes alelos reduzem a degradação da parede celular, a síntese de etileno e a produção de carotenóides no processo de respiração dos frutos, contribuindo para uma maior vida de prateleira (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000).

Embora aumentem a vida de prateleira dos frutos de tomate, estes alelos prejudicam a coloração dos frutos (POMA *et al.*, 2017). Os alelos de amadurecimento influenciam na coloração do tomate quando utilizados em homozigose, pois há uma mudança na síntese de licopeno e betacaroteno dos frutos. Os alelos *nor* e *nor^A* em homozigose afetam negativamente a produção de carotenóides, desta forma os frutos ficam amarelo-alaranjados; já o alelo *rin* em homozigose faz com que os frutos fiquem amarelos (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2005).

Os homozigotos *rin*, *nor* e *nor^A* por suas características indesejáveis na coloração dos frutos não tem sido empregados em cultivares comerciais (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2005). No entanto, estes alelos, em heterozigose, aumentam a conservação pós-colheita (em relação a tomateiros não portadores destes alelos) e apresentam coloração final aceitável, o que permite seu uso em híbridos comerciais (BENITES *et al.*, 2010).

Há indicações na literatura de que a dupla combinação *nor⁺/nor^A rin⁺/rin* bem como *nor⁺/nor rin⁺/rin*, têm-se mostrado promissora para o melhoramento, superando heterozigotos simples *nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin* e *nor⁺/nor* em relação às características de firmeza dos frutos (BENITES *et al.*, 2010).

As duplas combinações heterozigotas *nor⁺/nor^A rin⁺/rin* e *nor⁺/nor rin⁺/rin* pouco afetam a coloração externa dos frutos, não diferindo dos heterozigotos simples *nor⁺/nor^A*,

rin⁺/*rin* e *nor*⁺/*nor* ou dos genótipos normais (BENITES *et al.*, 2010). No entanto ocasionam uma leve piora na coloração interna dos frutos, embora isso não impeça o seu uso comercial. Essa piora pode ser minimizada com a introdução de alelos envolvidos na síntese de licopeno como o *hp* e o *og*^c em híbridos de tomate (BENITES *et al.*, 2010).

No emprego de alelos de amadurecimento e coloração, observaram que frutos de tomate que possuem um ou mais alelos *nor*^A, *rin*, em heterozigose, aliados ou não a *hp* e/ou *og*^c em homozigose ou heterozigose, apresentam maior conservação pós-colheita do que os genótipos normais. Os alelos *og*^c (em homozigose ou heterozigose) e *hp* (em heterozigose) contribuem para uma melhor coloração interna dos frutos, seja em genótipos normais, seja em *nor*⁺/*nor*^A ou *rin*⁺/*rin*. Em genótipos *nor*⁺/*nor*^A o efeito positivo do *og*^c (em homozigose ou heterozigose) e *hp* (em heterozigose) é capaz de tornar a coloração interna semelhante a dos genótipos normais, efeito este nem sempre existente com a mesma magnitude no genótipo *rin*⁺/*rin* (CÁ *et al.*, 2006). O uso dos alelos *og*^c e/ou *hp*, em heterozigose, aumenta os teores de betacaroteno e licopeno e melhora a coloração dos frutos (FARIA *et al.*, 2006).

Sendo assim, este trabalho visou identificar combinações híbridas de tomate com boas características de firmeza e coloração, em função do uso simultâneo dos alelos mutantes de amadurecimento e coloração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia – CDTT, área da Fazenda Palmital / UFLA no município de Ijaci – MG no período de julho a dezembro de 2018. As avaliações de firmeza e coloração dos frutos foram realizadas no Departamento de Agricultura e no laboratório de Pós-colheita de Hortaliças do Departamento de Ciências dos Alimentos ambos da UFLA.

Utilizaram-se 12 tratamentos, entre eles quatro linhagens: (Floradade-genótipo normal, TOM-559-*nor^A/nor^A*, TOM-613-*nor/nor* e TOM-614-*rin/rin*) e oito híbridos: [F1(TOM-559 x TOM-613)-*nor/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-559)-*nor⁺/nor^A*, F1(FloraDade x TOM-613)-*nor⁺/nor*, F1(FloraDade x TOM -614)-*rin⁺/rin*, F1(TOM -559 x TOM -614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, F1(TOM-613 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor*, F1(TOM-591 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c*, F1(TOM-589 x TOM-614)-*rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp*]; genótipos estes pertencentes ao banco de germoplasma da empresa HortiAgro Sementes Ltda (QUADRO 1). Todos os tratamentos utilizados (linhagens e híbridos) possuem o mesmo *background* genético da cv. FloraDade, a partir da qual, através de sucessivos retrocruzamentos, foram obtidas as linhagens TOM-559, TOM-613, TOM-614, TOM-591 e TOM-589. As descrições dos contrastes de interesse usados para comparações entre os genótipos constam no Quadro 2.

Quadro1-Linhagens e híbridos utilizados e suas constituições genotípicas. UFLA, Lavras-MG, 2019.

Nome tratamento		Locus rin	Locus nor/nor ^A	Locus og ^c	Locus hp	Denominação abreviada
T1	Floradade	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ⁺	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Normal
T2	TOM-559	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺	<i>nor</i> ^A / <i>nor</i> ^A	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Homozigoto <i>nor</i> ^A
T3	TOM-613	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺	<i>nor/nor</i>	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Homozigoto <i>nor</i>
T4	TOM-614	<i>rin</i> / <i>rin</i>	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ⁺	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Homozigoto <i>rin</i> ⁺
T5	F1(TOM-559 x TOM -613)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺	<i>nor/nor</i> ^A	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Heterozigoto <i>nor/nor</i> ^A (funcionalmente Homozigoto mutante no loco <i>nor</i>)
T6	F1(Floradade x TOM -559)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Heterozigoto <i>nor</i> ^A
T7	F1(Floradade x TOM -613)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Heterozigoto <i>nor</i>
T8	F1(Floradade x TOM -614)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ⁺	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Heterozigoto <i>rin</i>
T9	F1(TOM -559 x TOM -614)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Duplo heterozigoto <i>rin</i> e <i>nor</i> ^A
T10	F1(TOM -613 x TOM -614)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^{c+}	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Duplo heterozigoto <i>rin</i> e <i>nor</i>
T11	F1(TOM -591 x TOM -614)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^c	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> ⁺	Duplo heterozigoto <i>rin</i> e <i>nor</i> ^A , heterozigoto <i>crimson</i>
T12	F1(TOM -589 x TOM -614)	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A	<i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^c	<i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i>	Duplo heterozigoto <i>rin</i> e <i>nor</i> ^A , heterozigoto <i>crimson</i> , heterozigoto <i>high pigment</i>

P.S.: O híbrido F1(TOM-559 x TOM -613) é portador de dois diferentes alelos (*nor* e *nor*^A) no mesmo loco *nor*; contudo, não carrega o alelo que condiciona fenótipo normal (alelo *nor*⁺), e, portanto, espera-se que possua um comportamento semelhante, mas não necessariamente idêntico, ao dos homozigotos *nor/nor* ou *nor*^A/*nor*^A.

Quadro 2- Contrastes de interesse usados para comparações entre genótipos com diferentes constituições genotípicas nos locus *rin*, *nor*, *nor^A*, *og^c* e *hp*. UFLA, Lavras-MG, 2019.

Contraste	Contraste estimado	Descrição
C1	T2 -T1	Genótipo homocigoto <i>nor^A</i> VS genótipo normal
C2	T3 -T1	Genótipo Homocigoto <i>nor</i> VS genótipo normal
C3	T4 -T1	Genótipo Homocigoto <i>rin</i> VS Genótipo normal
C4	T5 -T1	Genótipo Heterocigoto <i>nor/nor^A</i> (funcionalmente homocigoto mutante no loco <i>nor</i>) VS Genótipo normal
C5	T2 -T3	Genótipo Homocigoto <i>nor^A</i> VS Genótipo Homocigoto <i>nor</i>
C6	T2 -T4	Genótipo Homocigoto <i>nor^A</i> VS Genótipo Homocigoto <i>rin</i>
C7	T3 -T4	Genótipo Homocigoto <i>nor</i> VS Genótipo Homocigoto <i>rin</i>
C8	T2 -T5	Genótipo Homocigoto <i>nor^A</i> VS Genótipo Heterocigoto <i>nor/nor^A</i> (funcionalmente homocigoto mutante no loco <i>nor</i>)
C9	T3 -T5	Genótipo Homocigoto <i>nor</i> VS Genótipo Heterocigoto <i>nor/nor^A</i> (funcionalmente homocigoto mutante no loco <i>nor</i>)
C10	T4 -T5	Genótipo Homocigoto <i>rin</i> VS Genótipo Heterocigoto <i>nor/nor^A</i> (funcionalmente homocigoto mutante no loco <i>nor</i>)
C11	T6 -T1	Genótipo Heterocigoto <i>nor^A</i> VS Genótipo normal
C12	T7 -T1	Genótipo Heterocigoto <i>nor</i> VS Genótipo normal
C13	T8 -T1	Genótipo Heterocigoto <i>rin</i> VS Genótipo normal
C14	T9 -T6	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i> VS Genótipo Heterocigoto <i>nor^A</i>
C15	T9 - T8	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i> VS Genótipo Heterocigoto <i>rin</i>
C16	T10 -T7	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor</i> VS Genótipo Heterocigoto <i>nor</i>
C17	T10 - T8	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor</i> VS Genótipo Heterocigoto <i>rin</i>
C18	T9 - T10	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i> VS Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor</i>
C19	T11 - T9	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i> , heterocigoto <i>crimson</i> VS Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i>
C20	T12 - T9	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i> , heterocigoto <i>crimson</i> , heterocigoto <i>high pigment</i> VS Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i>
C21	T12 - T11	Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i> , heterocigoto <i>crimson</i> , heterocigoto <i>high pigment</i> VS Genótipo Duplo heterocigoto <i>rin</i> e <i>nor^A</i> , heterocigoto <i>crimson</i>

2.1 Produção de mudas.

As sementes foram distribuídas em caixas de plástico contendo substrato comercial e posteriormente as plântulas foram repicadas para bandejas plásticas de 162 células a fim de obter mudas uniformes, visto que havia diferença na taxa de germinação das sementes. As mudas foram transplantadas para o campo em 14/08/2018, isto é, 41 dias após a data de semeadura (04/07/2018).

2.2 Delineamento e condução

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, constituído por três blocos com 12 parcelas. A parcela experimental compôs de uma fileira com 14 plantas espaçadas entre si por 0,45m; 1,0 m entre fileiras e 1,20m entre corredores.

As plantas foram conduzidas sobre mulching em cultivo protegido e tutoradas no sistema de estaca cruzada. O manejo foi realizado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do tomate (FILGUEIRA, 2013).

2.3 Características de produção

A produtividade total foi obtida em seis colheitas (25/10/2018; 01/11/2018, 05/11/2018; 09/11/2018; 13/11/2018 e 23/11/2018) pelo somatório do peso de todos os frutos de cada parcela, sendo o resultado expresso em toneladas por hectare ($t \cdot ha^{-1}$).

A produtividade precoce foi obtida pela soma do peso dos frutos colhidos nas três primeiras colheitas, sendo expresso em toneladas por hectare ($t \cdot ha^{-1}$).

A massa média por fruto foi obtida pela divisão da massa total dos frutos de cada parcela pelo número de frutos de cada parcela, durante o período total de colheita, sendo expressa em gramas por fruto ($g \cdot fruto^{-1}$).

2.4 Características de firmeza

Para avaliar a firmeza dos frutos foram utilizados 12 frutos por parcelas, colhidos no estágio *breaker* de maturação. Quantificou-se a firmeza pela técnica de aplanção (CALBO; NERY, 1995) sendo o estágio *breaker* considerado a firmeza inicial ($N \cdot m^{-2}$).

Os frutos foram armazenados em câmara refrigerada a 15°C e 60% de umidade relativa por 21 dias. As medições iniciaram-se no dia seguinte após a colheita dos frutos,

sendo realizadas a cada dois dias até o 21º dia após o *breaker* e sempre no mesmo ponto demarcado no fruto.

A técnica de aplanação consisti de um aplanador centralizado que exerce uma força conhecida (1,047 kgf) à superfície do fruto, para delimitação da área aplanada pelo contato entre a placa compressor e a superfície do fruto.

A pressão sobre o fruto promove uma superfície de contato elipsoidal evidenciada pelo óleo mineral (Nujol) aplicado a superfície do tomate. Com paquímetro digital mediu se o maior (a) e o menor (b) diâmetro da elipsóide traçada. A área aplanada (A) foi estimada pela área da elipse, sendo calculada da seguinte forma $A = 0,7854 * a * b$, onde: A= área aplanada (cm²), a= diâmetro maior(cm) da área elíptica, b=diâmetro menor (cm) da área elíptica.

A firmeza dos frutos (Fz) foi calculada pela divisão do peso aplicado aos frutos (1,047kgf) sobre a área aplanada (A), onde: $Fz = \text{Peso} / \text{área}$, expressa em N.m⁻². Como a relação é inversa, quanto menor a área aplanada maior a firmeza dos frutos de tomate.

A meia vida da firmeza (T) foi obtida pela regressão dos dados da firmeza (A), de cada parcela, no numero de dias decorridos (X), pelo modelo de decaimento exponencial $A = A_0(1/2)^{X/T}$, em que A₀ é a firmeza (N.m⁻²) no estágio *breaker* (equivale ao dia 0); X é o número de dias decorridos após a colheita no estádio *breaker*; T é a meia vida da firmeza (dias) e A é a firmeza (N.m⁻²) após decorridos X dias. Os valores obtidos para a firmeza dos frutos ao longo do tempo após a colheita foram ajustados ao modelo de decaimento exponencial. Com base na equação de regressão foram estimadas para cada parcela a firmeza inicial (A₀) no estádio *breaker* (N.m⁻²) e a meia vida da firmeza (T) (dias).

2.5 Características de coloração

Para quantificar a coloração dos frutos foram utilizados os frutos remanescentes da avaliação da firmeza um total de oito frutos por parcela. As leituras foram realizadas na epiderme, no pericarpo, na placenta, na columela e no gel placentário de cada fruto. As leituras foram realizadas por meio do colorímetro MinoltaCR-400 , iluminante D65, no modo CIE *L, *a, e *b, onde:

*L = *lightness* = eixo z = varia de -100 (negro) a +100 (branco).

*a = coordenada de cromaticidade (eixo x), variando de -60 (verde) a +60 (vermelho).

*b = coordenada de cromaticidade (eixo y), variando de -60 (azul) a +60 (amarelo).

A partir dos valores *a e *b foram obtidos:

“*Hue angle*” = ângulo de cromaticidade = definido como arc tg (b/a);

“*Chroma*” = croma ou saturação = raiz quadrada de $(a^2 + b^2)$.

Ângulo de cromaticidade é definido a partir do eixo a, e é expresso em graus; 0° é definido como +a (vermelho), 90° como +b (amarelo), 180° como -a (verde), e 270° como -b (azul). Já para a saturação ou croma, os valores variam entre 0 e 60. Valores iguais a 0 correspondem ao centro de origem das coordenadas que indicam cores pouco saturadas, e valores de 60 indicam a máxima saturação (MINOLTA, 2007).

2.6 Análises dos dados.

A análise estatística das médias e dos contrastes das variáveis de produção, firmeza e coloração foram realizadas pelo programa Statistical Analysis System (SAS), sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS

3.1 Características de produção

Dentre as características de produção a massa média do fruto não diferiu entre os diferentes genótipos, apresentando valores médios entre 175,48 a 160,31 (g.fruto⁻¹), tendo sido no entanto observadas em geral diferenças não significativas entre os genótipos na produtividade total, excetuada a existente entre o Floradade (genótipo normal), com a maior produtividade (59,15 t/ha), e o *rin/rin*, com a menor (44,41 t/ha) (TABELA 1 e 2).

A produtividade precoce do Floradade (25,71 t/ha) não foi superada por nenhum outro genótipo (Tabela 1), indicando a tendência dos alelos mutantes de amadurecimento reduzirem esta produção. Os alelos de amadurecimento *rin*, *nor* e *nor^A* em homozigose reduziram mais drasticamente a produtividade precoce do que os mesmos alelos em heterozigose (Contrastes C1 a C4 e C11 a C13, TABELA 2). As produtividades precoces dos duplos heterozigotos *rin⁺/rin nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin nor⁺/nor*, *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c* e *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp* não diferiram nem entre si (Contrastes C18 a C21, TABELA 2) nem da produtividade precoce dos heterozigotos simples (Contrastes C14 a C17, TABELA 2).

Tabela 1- Valores médios de massa média do fruto (g.fruto⁻¹), produtividade total (t.ha⁻¹), produtividade precoce (t.ha⁻¹), em tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

Tratamento	Massa média do fruto (g.fruto⁻¹)	Produtividade total (t.ha⁻¹)	Produtividade Precoce (t.ha⁻¹)
T01 Normal	160,31 ^A	59,15 ^A	25,71 ^A
T02 <i>nor^A/nor^A</i>	175,02 ^A	48,02 ^{AB}	7,70 ^{CD}
T03 <i>nor/nor</i>	175,48 ^A	46,61 ^{AB}	4,60 ^D
T04 <i>rin/rin</i>	161,46 ^A	44,41 ^B	5,52 ^D
T05 <i>nor/nor^A</i>	173,81 ^A	47,30 ^{AB}	5,58 ^D
T06 <i>nor⁺/nor^A</i>	164,38 ^A	55,01 ^{AB}	17,85 ^B
T07 <i>nor⁺/nor</i>	172,16 ^A	55,46 ^{AB}	16,05 ^B
T08 <i>rin⁺/rin</i>	169,62 ^A	56,51 ^{AB}	15,65 ^B
T09 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	167,45 ^A	49,84 ^{AB}	11,58 ^{BCD}
T10 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i>	167,49 ^A	54,06 ^{AB}	13,95 ^{BC}
T11 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	160,59 ^A	50,98 ^{AB}	12,18 ^{BCD}
T12 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i>	171,67 ^A	48,32 ^{AB}	6,80 ^{CD}

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferenciam pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 2- Estimativas de contrastes de interesse da massa média do fruto (g.fruto⁻¹), produtividade total (t.ha⁻¹), produtividade precoce (t.ha⁻¹), em tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

	Descrição do Contrastes	Estimativas		
		Massa média do fruto (g.fruto ⁻¹)	Produtividade total (t.ha ⁻¹)	Produtividade Precoce (t.ha ⁻¹)
C1	<i>nor^A/nor^A</i> VS genótipo normal	14,71 ^{NS}	-11,13 ^{NS}	-18,00 ^{**}
C2	<i>nor/nor</i> VS genótipo normal	15,17 ^{NS}	-12,54 [*]	-21,11 ^{**}
C3	<i>rin/rin</i> VS genótipo normal	1,15 ^{NS}	-14,74 [*]	-20,19 ^{**}
C4	<i>nor/nor^A</i> VS Genótipo normal	13,49 ^{NS}	-11,85 ^{NS}	-20,13 ^{**}
C5	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>nor/nor</i>	-0,46 ^{NS}	1,41 ^{NS}	3,11 ^{NS}
C6	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>rin/rin</i>	13,56 ^{NS}	3,61 ^{NS}	2,18 ^{NS}
C7	<i>nor/nor</i> VS <i>rin/rin</i>	14,02 ^{NS}	2,20 ^{NS}	-0,92 ^{NS}
C8	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>nor/nor^A</i>	1,22 ^{NS}	0,72 ^{NS}	2,13 ^{NS}
C9	<i>nor/nor</i> VS <i>nor/nor^A</i>	1,68 ^{NS}	-0,69 ^{NS}	-0,98 ^{NS}
C10	<i>rin/rin</i> VS <i>nor/nor^A</i>	-12,34 ^{NS}	-2,89 ^{NS}	-0,06 ^{NS}
C11	<i>nor⁺/nor^A</i> VS Genótipo normal	4,06 ^{NS}	-4,14 ^{NS}	-7,86 [*]
C12	<i>nor⁺/nor</i> VS Genótipo normal	11,85 ^{NS}	-3,69 ^{NS}	-9,66 ^{**}
C13	<i>rin⁺/rin</i> VS Genótipo normal	9,31 ^{NS}	-2,64 ^{NS}	-10,06 ^{**}
C14	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>nor⁺/nor^A</i>	3,07 ^{NS}	-5,17 ^{NS}	-6,27 ^{NS}
C15	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>rin⁺/rin</i>	-2,17 ^{NS}	-6,67 ^{NS}	-4,07 ^{NS}
C16	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i> VS <i>nor⁺/nor</i>	-4,67 ^{NS}	-1,39 ^{NS}	-2,10 ^{NS}
C17	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i> VS <i>rin⁺/rin</i>	-2,13 ^{NS}	-2,45 ^{NS}	-1,70 ^{NS}
C18	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i>	0,04 ^{NS}	4,23 ^{NS}	2,37 ^{NS}
C19	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	-6,86 ^{NS}	1,14 ^{NS}	0,60 ^{NS}
C20	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	4,22 ^{NS}	-1,52 ^{NS}	-4,78 ^{NS}
C21	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	11,08 ^{NS}	-2,66 ^{NS}	-5,38 ^{NS}

**; * Significância a 1% e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente. ns; não significância.

3.2 Características de firmeza

Não foram observadas diferenças entre os genótipos para a firmeza no estágio *breaker*, tendo os valores médios variado de $4,25 \times 10^4$ a $3,87 \times 10^4$ N/m² (TABELA 3 e 4).

Tabela 3- Valores médios da firmeza no estágio breaker ($\times 10^4$ N.m⁻²) e meia vida da firmeza (dias) em tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

Treatamento	Firmeza ($\times 10^4$ N.m ⁻²)	Meia vida da firmeza (dias)
T01 Normal	4,18 ^A	15,59 ^E
T02 <i>nor^A/nor^A</i>	4,07 ^A	35,37 ^A
T03 <i>nor/nor</i>	4,06 ^A	34,83 ^A
T04 <i>rin/rin</i>	3,89 ^A	30,02 ^{AB}
T05 <i>nor/nor^A</i>	4,16 ^A	33,43 ^A
T06 <i>nor⁺/nor^A</i>	3,90 ^A	16,82 ^{DE}
T07 <i>nor⁺/nor</i>	3,87 ^A	16,88 ^{DE}
T08 <i>rin⁺/rin</i>	4,01 ^A	20,43 ^{CDE}
T09 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	4,25 ^A	23,46 ^{BCD}
T10 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i>	3,99 ^A	25,27 ^{BC}
T11 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	3,98 ^A	23,58 ^{BCD}
T12 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i>	3,99 ^A	23,76 ^{BCD}

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferenciam pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os genótipos homocigotos *nor^A/nor^A*, *nor/nor*, *rin/rin* e o funcionalmente homocigoto *nor/nor^A* foram os que mais prolongaram a meia vida da firmeza, não se distinguindo entre si, com variação de 30,02 a 35,37 dias (TABELA 3). Estes alelos em homocigose aumentaram entre 14,43 a 19,78 dias a meia vida da firmeza comparado ao genótipo Floradade (Contrastes C1 a C4, TABELA 4). No entanto, estes mesmos alelos em heterocigose não incrementaram significativamente na meia vida da firmeza comparado ao genótipo Floradade, embora tendessem a promover ligeiro aumento de 1,23 a 4,84 dias nestas meias vidas (Contrastes C11 a C13, TABELA 4).

Tabela 4- Estimativas de contrastes de interesse da firmeza no estágio breaker ($\times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$) e meia vida da firmeza (dias) em tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

	Descrição do Contrastes	Estimativas	
		Firmeza ($\times 10^4 \text{ N.m}^{-2}$)	meia vida da firmeza (dias)
C1	<i>nor^A/nor^A</i> VS genótipo normal	-0,12 ^{NS}	19,78 ^{**}
C2	<i>nor/nor</i> VS genótipo normal	-0,13 ^{NS}	19,23 ^{**}
C3	<i>rin/rin</i> VS genótipo normal	-0,30 ^{NS}	14,43 ^{**}
C4	<i>nor/nor^A</i> VS Genótipo normal	-0,02 ^{NS}	17,84 ^{**}
C5	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>nor/nor</i>	0,01 ^{NS}	0,54 ^{NS}
C6	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>rin/rin</i>	0,18 ^{NS}	5,35 ^{NS}
C7	<i>nor/nor</i> VS <i>rin/rin</i>	0,17 ^{NS}	4,81 ^{NS}
C8	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>nor/nor^A</i>	-0,10 ^{NS}	1,94 ^{NS}
C9	<i>nor/nor</i> VS <i>nor/nor^A</i>	-0,11 ^{NS}	1,39 ^{NS}
C10	<i>rin/rin</i> VS <i>nor/nor^A</i>	-0,28 ^{NS}	-3,42 ^{NS}
C11	<i>nor⁺/nor^A</i> VS Genótipo normal	-0,28 ^{NS}	1,23 ^{NS}
C12	<i>nor⁺/nor</i> VS Genótipo normal	-0,32 ^{NS}	1,28 ^{NS}
C13	<i>rin⁺/rin</i> VS Genótipo normal	-0,18 ^{NS}	4,84 ^{NS}
C14	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>nor⁺/nor^A</i>	0,35 ^{NS}	6,64 [*]
C15	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>rin⁺/rin</i>	0,24 ^{NS}	3,03 ^{NS}
C16	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i> VS <i>nor⁺/nor</i>	0,12 ^{NS}	8,39 [*]
C17	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i> VS <i>rin⁺/rin</i>	-0,02 ^{NS}	4,83 ^{NS}
C18	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i>	-0,26 ^{NS}	1,81 ^{NS}
C19	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	-0,27 ^{NS}	0,12 ^{NS}
C20	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	-0,26 ^{NS}	0,30 ^{NS}
C21	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	0,01 ^{NS}	0,18 ^{NS}

**; * Significância a 1% e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente. ns; não significância.

Os duplos heterozigotos *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* e *rin⁺/rin nor⁺/nor* apresentaram meia vida significativamente superior em 6,64 e 8,39 dias, respectivamente, em relação aos

heterozigotos simples nor^+/nor^A e nor^+/nor , respectivamente (Contrastes C14 e C16, TABELA 4), indicando que os efeitos dos locos em heterozigose, simultaneamente, melhoram a conservação pós-colheita de frutos relativamente à apresentada por estes heterozigotos isoladamente. Uma tendência similar foi observada em se comparando $rin^+/rin nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin nor^+/nor$ com rin^+/rin isoladamente, com um aumento da meia vida dos duplos heterozigotos em 3,03 e 4,83 dias respectivamente (Contrastes C15 e C17, TABELA 4) valores que, no entanto, não se mostraram significativos a $\alpha=0,05$.

Não foram observadas diferenças na meia vida da firmeza entre os genótipos $rin^+/rin nor^+/nor^A$, $rin^+/rin nor^+/nor$, $rin^+/rin nor^+/nor^A og^c/og^c$ e $rin^+/rin nor^+/nor^A og^c/og^c hp^+/hp$: estes duplos heterozigotos acrescentaram de 7,87 a 9,68 dias na meia vida da firmeza comparado ao genótipo normal (TABELA 3).

3.3 Características de coloração

Para a variável *lightness* (L), os genótipos homozigotos nor^A/nor^A , nor/nor , rin/rin e nor/nor^A apresentaram cores com mais *lightness* na epiderme, pericarpo e columela do que os genótipos normal, heterozigotos simples e duplos heterozigotos (na presença ou não dos alelos og^c e hp). Na placenta o maior *lightness* foi observado apenas nos genótipos nor/nor e rin/rin . O gel placentário apresentou sutis diferenças no *lightness* entre os genótipos com ligeira superioridade dos genótipos nor/nor , $rin^+/rin nor^+/nor$ e $rin^+/rin nor^+/nor^A$. As médias dos tratamentos para a variável *lightness* para os heterozigotos simples tenderam no geral serem similares a do genótipo normal (TABELA 5).

Dos alelos de amadurecimento o *rin* em homozigose foi o que mais contribuiu para o maior *lightness* dos frutos (Contrastes C1 a C4, TABELA 6), diferindo dos homozigotos nor^A/nor^A , nor/nor e nor/nor^A (Contrastes C6, C7 e C10, TABELA 6).

Em heterozigotos simples, também o rin^+/rin apresentou valores de *lightness* superiores ao genótipo normal FloraDade (embora em menor magnitude do que o do homozigoto rin/rin), ao contrário do que ocorreu com nor^+/nor^A ou nor^+/nor (Contrastes C11 a C13, TABELA 6). Esse efeito mais pronunciado do rin^+/rin no *lightness* também é evidente nos duplos heterozigotos $rin^+/rin nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin nor^+/nor$, que tenderam a apresentar maiores valores de *lightness* do que nor^+/nor^A e nor^+/nor isoladamente, mas valores predominantemente similares ao rin^+/rin isoladamente (Contrastes C14 a C17, TABELA 6). Ressalta-se que altos valores de *lightness* apresentados pelos alelos mutantes de

amadurecimento em homozigose são superiores aos do genótipo normal FloraDade, de modo que elevados valores de *lightness* são considerados indesejáveis.

Tabela 5- Valores médios da *lightness* (L) para epiderme (EP), pericarpo (PE), columela (CO), placenta (PL) e gel placentário (GP) em frutos de tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

Tratamento	EP	PE	CO	PL	GP
T01 Normal	37,05 ^G	39,72 ^F	40,35 ^F	54,58 ^D	32,91 ^B
T02 <i>nor^A/nor^A</i>	57,59 ^B	49,31 ^{BC}	46,10 ^{BCD}	57,9B ^{CD}	35,63 ^{AB}
T03 <i>nor/nor</i>	58,94 ^{AB}	47,73 ^C	47,10 ^{BC}	61,71 ^B	37,36 ^A
T04 <i>rin/rin</i>	60,51 ^A	57,53 ^A	65,53 ^A	66,66 ^A	35,80 ^{AB}
T05 <i>nor/nor^A</i>	58,06 ^{AB}	50,52 ^B	49,18 ^B	58,80 ^{BC}	36,78 ^A
T06 <i>nor⁺/nor^A</i>	38,23 ^{FG}	38,94 ^F	43,04 ^{CDEF}	55,50 ^{CD}	33,97 ^{AB}
T07 <i>nor⁺/nor</i>	39,32 ^{EFG}	39,33 ^F	41,28 ^{EF}	55,28 ^{CD}	35,04 ^{AB}
T08 <i>rin⁺/rin</i>	39,91 ^{EF}	42,67 ^{DE}	43,18 ^{CDEF}	58,97 ^{BC}	35,70 ^{AB}
T09 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	44,81 ^C	43,83 ^D	44,41 ^{CDEF}	57,74 ^{CD}	37,17 ^A
T10 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i>	43,58 ^{CD}	44,21 ^D	45,17 ^{CDE}	58,68 ^{BC}	36,69 ^A
T11 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	42,82 ^{CD}	42,17 ^{DE}	43,76 ^{CDEF}	56,88 ^{CD}	35,95 ^{AB}
T12 <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i>	41,38 ^{DE}	40,86 ^{EF}	42,06 ^{DEF}	55,46 ^{CD}	35,24 ^{AB}

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferenciam pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os alelos mutantes de coloração *og^c* e *hp* em heterozigose, associados ao duplo heterozigoto *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* tiveram efeito pouco pronunciado no *lightness* (Contrastes C19 a C21, TABELA 6), exceto pela ligeira redução no *lightness* promovida pelo *rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp* em relação ao *rin⁺/rin nor⁺/nor^A* (Contraste C20, TABELA 6).

Tabela 6- Estimativas de contrastes de interesse para *lightness* (L) para epiderme (EP), pericarpo (PE), columela (CO), placenta (PL) e gel placentário (GP) em frutos de tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

	Descrição do Contrastes	Estimativas				
		EP	PE	CO	PL	GP
C1	<i>nor^A/nor^A</i> VS genótipo normal	20,54**	9,59**	5,74**	3,32 ^{NS}	2,72 ^{NS}
C2	<i>nor/nor</i> VS genótipo normal	21,89**	8,01**	6,75**	7,13**	4,45**
C3	<i>rin/rin</i> VS genótipo normal	23,46**	17,82**	25,18**	12,07**	2,89 ^{NS}
C4	<i>nor/nor^A</i> VS Genótipo normal	21,00**	10,81**	8,82**	4,22*	3,86*
C5	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>nor/nor</i>	-1,35 ^{NS}	1,58 ^{NS}	-1,00 ^{NS}	-3,81*	-1,73 ^{NS}
C6	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>rin/rin</i>	-2,93*	-8,23**	-19,43**	-8,76**	-0,17 ^{NS}
C7	<i>nor/nor</i> VS <i>rin/rin</i>	-1,57 ^{NS}	-9,81**	-18,43**	-4,94**	1,56 ^{NS}
C8	<i>nor^A/nor^A</i> VS <i>nor/nor^A</i>	-0,47 ^{NS}	-1,22 ^{NS}	-3,08 ^{NS}	-0,90 ^{NS}	-1,15 ^{NS}
C9	<i>nor/nor</i> VS <i>nor/nor^A</i>	0,88 ^{NS}	-2,80*	-2,08 ^{NS}	2,91 ^{NS}	0,59 ^{NS}
C10	<i>rin/rin</i> VS <i>nor/nor^A</i>	2,46*	7,01**	16,35**	7,86**	-0,98 ^{NS}
C11	<i>nor⁺/nor^A</i> VS Genótipo normal	1,18 ^{NS}	-0,78 ^{NS}	2,68 ^{NS}	0,92 ^{NS}	1,06 ^{NS}
C12	<i>nor⁺/nor</i> VS Genótipo normal	2,27 ^{NS}	-0,39 ^{NS}	0,92 ^{NS}	0,70 ^{NS}	2,12 ^{NS}
C13	<i>rin⁺/rin</i> VS Genótipo normal	2,86*	2,95*	2,83 ^{NS}	4,38*	2,79 ^{NS}
C14	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>nor⁺/nor^A</i>	6,58**	4,90**	1,38 ^{NS}	2,24 ^{NS}	3,20*
C15	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>rin⁺/rin</i>	4,90**	1,17 ^{NS}	1,23 ^{NS}	-1,23 ^{NS}	1,48 ^{NS}
C16	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i> VS <i>nor⁺/nor</i>	4,26**	4,89**	3,89*	3,40 ^{NS}	1,65 ^{NS}
C17	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i> VS <i>rin⁺/rin</i>	3,67**	1,55 ^{NS}	1,99 ^{NS}	-0,28 ^{NS}	0,99 ^{NS}
C18	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor</i>	-1,23 ^{NS}	0,38 ^{NS}	0,76 ^{NS}	0,94 ^{NS}	-0,49 ^{NS}
C19	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	-1,99 ^{NS}	-1,67 ^{NS}	-0,65 ^{NS}	-0,86 ^{NS}	-1,23 ^{NS}
C20	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A</i>	-3,43**	-2,97*	-2,35 ^{NS}	-2,28 ^{NS}	-1,94 ^{NS}
C21	<i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp</i> VS <i>rin⁺/rin nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c</i>	-1,44 ^{NS}	-1,31 ^{NS}	-1,70 ^{NS}	-1,42 ^{NS}	-0,71 ^{NS}

**; * Significância a 1% e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente. ns; não significância.

Os genótipos homozigotos nor^A/nor^A , nor/nor , rin/rin e nor/nor^A foram os que apresentaram ângulos de cromaticidade mais elevados, o que indica presença de cores tendendo a tons amarelo-alaranjados (TABELA 7). Destes alelos, o rin/rin apresentou efeito mais negativo na coloração interna e externa do tomate (Contrastes C1 a C10, TABELA 8).

Os heterozigotos nor^+/nor^A , nor^+/nor e rin^+/rin apresentaram ângulos de cromaticidade internos e externos similares ao genótipo FloraDade, exceto no pericarpo em que nor^+/nor apresentou ângulo de cromaticidade $4,53^\circ$ menor que o do FloraDade, o que indica um pericarpo ligeiramente mais avermelhado do que o genótipo normal (Contrastes C11 a C13, TABELA 8). Os genótipos nor^A/nor^A , nor/nor e nor/nor^A mostraram-se em geral similares relativamente aos ângulos de cromaticidade (Contrastes C5, C8 e C9, TABELA 8).

Tabela 7- Valores médios do Ângulo de cromaticidade ($^\circ$ Graus) para epiderme (EP), pericarpo (PE), columela (CO), placenta (PL) e gel placentário (GP) em frutos de tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

Tratamento	EP	PE	CO	PL	GP
T01 Normal	38,61 ^{DE}	43,23 ^{DE}	36,92 ^{DE}	51,76 ^{DEF}	51,79 ^{DE}
T02 nor^A/nor^A	73,04 ^B	54,96 ^{BC}	40,57 ^{CD}	58,33 ^{BC}	67,25 ^B
T03 nor/nor	74,49 ^B	50,75 ^C	42,41 ^C	62,30 ^B	68,38 ^B
T04 rin/rin	91,52 ^A	88,35 ^A	81,86 ^A	82,26 ^A	82,51 ^A
T05 nor/nor^A	74,79 ^B	56,55 ^B	45,99 ^B	59,18 ^{BC}	68,19 ^B
T06 nor^+/nor^A	38,87 ^{DE}	40,13 ^{DE}	36,93 ^{DE}	47,76 ^F	51,75 ^{DE}
T07 nor^+/nor	37,77 ^E	38,70 ^E	35,10 ^E	49,21 ^{EF}	49,83 ^E
T08 rin^+/rin	42,49 ^{CDE}	43,67 ^{DE}	38,94 ^{CD}	54,40 ^{CD}	54,30 ^{DE}
T09 $rin^+/rin nor^+/nor^A$	47,27 ^C	45,19 ^D	39,07 ^{CD}	55,55 ^{CD}	59,70 ^C
T10 $rin^+/rin nor^+/nor$	45,62 ^C	44,66 ^D	39,50 ^{CD}	55,20 ^{CD}	60,28 ^C
T11 $rin^+/rin nor^+/nor^A og^{c+}/og^c$	44,05 ^C	41,90 ^{DE}	40,19 ^{CD}	54,07 ^{CDE}	56,04 ^{CD}
T12 $rin^+/rin nor^+/nor^A og^{c+}/og^c hp^+/hp$	43,58 ^{CD}	42,13 ^{DE}	37,58 ^{DE}	53,00 ^{DE}	55,26 ^D

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferenciam pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os $rin^+/rin nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin nor^+/nor$ apresentaram em geral ângulos de cromaticidade superiores aos simples heterozigotos nor^+/nor^A , rin^+/rin e nor^+/nor na parte interna e externa do tomate, indicando tons menos avermelhados nestes duplos heterozigotos (Contrastes C14 a C17, tabela 8). Não houve diferença no ângulo de cromaticidade entre

$rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ nas partes avaliadas do tomate (Contrastes C18, TABELA 8).

Tabela 8- Estimativas de contrastes de interesse para Ângulo de cromaticidade ($^{\circ}$ Graus) para epiderme (EP), pericarpo (PE), columela (CO), placenta (PL) e gel placentário (GP) em frutos de tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

	Descrição do Contrastes	Estimativas				
		EP	PE	CO	PL	GP
C1	nor^A/nor^A VS genótipo normal	34,42**	11,73**	3,64*	6,58**	15,46**
C2	nor/nor VS genótipo normal	35,88**	7,52**	5,49**	10,54**	16,59**
C3	rin/rin VS genótipo normal	52,91**	45,12**	44,94**	30,50**	30,71**
C4	nor/nor^A VS Genótipo normal	36,18**	13,32**	9,07**	7,42**	16,40**
C5	nor^A/nor^A VS nor/nor	-1,46 ^{NS}	4,22 ^{NS}	-1,85 ^{NS}	-3,97 ^{NS}	-1,13 ^{NS}
C6	nor^A/nor^A VS rin/rin	-18,49**	-33,38**	-41,30**	-23,93**	-15,26**
C7	nor/nor VS rin/rin	-17,03**	-37,60**	-39,45**	-19,96**	-14,12**
C8	nor^A/nor^A VS nor/nor^A	-1,75 ^{NS}	-1,58 ^{NS}	-5,43**	-0,85 ^{NS}	-0,94 ^{NS}
C9	nor/nor VS nor/nor^A	-0,29 ^{NS}	-5,80*	-3,58*	3,12 ^{NS}	0,19 ^{NS}
C10	rin/rin VS nor/nor^A	16,73**	31,80**	35,87**	23,08**	14,31**
C11	nor^+/nor^A VS Genótipo normal	0,26 ^{NS}	-3,10 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-4,00 ^{NS}	-0,05 ^{NS}
C12	nor^+/nor VS Genótipo normal	-0,84 ^{NS}	-4,53*	-1,83 ^{NS}	-2,55 ^{NS}	-1,96 ^{NS}
C13	rin^+/rin VS Genótipo normal	3,88 ^{NS}	0,44 ^{NS}	2,02 ^{NS}	2,64 ^{NS}	2,51 ^{NS}
C14	$rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ VS nor^+/nor^A	8,4**	5,07*	2,14 ^{NS}	7,79**	7,96**
C15	$rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ VS rin^+/rin	4,78*	1,52 ^{NS}	0,13 ^{NS}	1,15 ^{NS}	5,40*
C16	$rin^+/rin\ nor^+/nor$ VS nor^+/nor	7,84**	5,96*	4,41*	5,99*	10,45**
C17	$rin^+/rin\ nor^+/nor$ VS rin^+/rin	3,13 ^{NS}	0,98 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,80 ^{NS}	5,98**
C18	$rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ VS $rin^+/rin\ nor^+/nor$	-1,65 ^{NS}	-0,54 ^{NS}	0,43 ^{NS}	-0,35 ^{NS}	0,58 ^{NS}
C19	$rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c$ VS $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$	-3,22 ^{NS}	-3,30 ^{NS}	1,11 ^{NS}	-1,48 ^{NS}	-3,67 ^{NS}
C20	$rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$ VS $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$	-3,69 ^{NS}	-3,06 ^{NS}	-1,49 ^{NS}	-2,55 ^{NS}	-4,45*
C21	$rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$ VS $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c$	-0,47 ^{NS}	0,24 ^{NS}	-2,60 ^{NS}	-1,08 ^{NS}	-0,78 ^{NS}

**; * Significância a 1% e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente. ns; não significância.

A presença de og^{c+}/og^c apenas em associação a $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ não trouxe melhoras significativas ao ângulo de cromaticidade, quer externamente quer internamente ao fruto, relativamente a $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ (Contrastes C19, tabela 8). Contudo, o emprego combinado de $og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$, no genótipo $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$ tendeu a promover ligeiras melhoras (redução do ângulo de cromaticidade) na cromaticidade tanto na parte externa (epiderme) como na parte interna dos frutos, notadamente no gel placentário (Contrastes C20, tabela 8).

Os genótipos nor^A/nor^A , nor/nor , rin/rin e nor/nor^A apresentaram cores menos saturadas que o genótipo normal FloraDade na epiderme, pericarpo, columela e placenta; sendo o rin/rin o único responsável pela redução significativa do croma no gel placentário (TABELA 9, contrastes C1 a C4 da TABELA 10).

Tabela 9- Valores médios do Croma/saturação para epiderme (EP), pericarpo (PE), columela (CO), placenta (PL) e gel placentário (GP) em frutos de tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

Tratamento	EP	PE	CO	PL	GP
T01 Normal	44,49 ^{BC}	35,11 ^{AB}	42,21 ^A	36,97 ^A	27,67 ^A
T02 nor^A/nor^A	36,05 ^D	31,79 ^D	37,92 ^{CDE}	34,88 ^{CD}	27,99 ^A
T03 nor/nor	34,79 ^D	33,50 ^{BCD}	36,13 ^E	34,41 ^D	28,82 ^A
T04 rin/rin	35,00 ^D	25,33 ^E	22,44 ^F	22,57 ^E	22,78 ^B
T05 nor/nor^A	34,66 ^D	32,00 ^{CD}	36,48 ^E	34,20 ^D	28,08 ^A
T06 nor^+/nor^A	43,60 ^C	34,53 ^{AB}	40,21 ^B	37,45 ^A	28,77 ^A
T07 nor^+/nor	45,50 ^{ABC}	36,15 ^A	40,03 ^{BC}	36,75 ^{AB}	28,71 ^A
T08 rin^+/rin	47,04 ^A	33,69 ^{BCD}	39,87 ^{BC}	35,12 ^{BCD}	29,10 ^A
T09 $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$	46,87 ^A	33,58 ^{BCD}	38,81 ^{BCD}	34,30 ^D	29,48 ^A
T10 $rin^+/rin\ nor^+/nor$	47,41 ^A	33,65 ^{BCD}	38,8 ^{BCD}	34,88 ^{CD}	30,05 ^A
T11 $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c$	46,37 ^{AB}	33,83 ^{BC}	37,59 ^{DE}	33,70 ^D	28,77 ^A
T12 $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$	47,37 ^A	35,93 ^A	39,88 ^{BC}	36,39 ^{ABC}	29,10 ^A

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferenciam pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os genótipos nor^+/nor^A , nor^+/nor e rin^+/rin tiveram efeito negativo mais brando na saturação da cor do que estes mesmos alelos em homozigose comparados ao genótipo normal, tendo o rin^+/rin até um croma ligeiramente superior ao do FloraDade na epiderme (Contraste

C13, tabela 10), no entanto estes alelos prejudicaram levemente a saturação da cor na columela e no caso do *rin*⁺/*rin*, também na placenta (Contrastes C11 a C13 da TABELA 10).

Tabela 10- Estimativas de contrastes de interesse para Cromo/saturação para epiderme (EP), pericarpo (PE), columela (CO), placenta (PL) e gel placentário (GP) em frutos de tomate. UFLA, Lavras-MG, 2019.

	Descrição do Contrastes	Estimativas				
		EP	PE	CO	PL	GP
C1	<i>nor</i> ^A / <i>nor</i> ^A VS genótipo normal	-8,44**	-3,33**	-4,29**	-2,09*	0,32 ^{NS}
C2	<i>nor/nor</i> VS genótipo normal	-9,70**	-1,62 ^{NS}	-6,08**	-2,56**	1,14 ^{NS}
C3	<i>rin/rin</i> VS genótipo normal	-9,49**	-9,79**	-19,77**	-14,40**	-4,89**
C4	<i>nor/nor</i> ^A VS Genótipo normal	-9,83**	-3,12**	-5,73**	-2,77**	0,41 ^{NS}
C5	<i>nor</i> ^A / <i>nor</i> ^A VS <i>nor/nor</i>	1,26 ^{NS}	-1,71*	1,79 ^{NS}	0,48 ^{NS}	-0,83 ^{NS}
C6	<i>nor</i> ^A / <i>nor</i> ^A VS <i>rin/rin</i>	1,05 ^{NS}	6,46**	15,49**	12,31**	5,21**
C7	<i>nor/nor</i> VS <i>rin/rin</i>	-0,21 ^{NS}	8,17**	13,70**	11,84**	6,04**
C8	<i>nor</i> ^A / <i>nor</i> ^A VS <i>nor/nor</i> ^A	1,39 ^{NS}	-0,21 ^{NS}	1,45 ^{NS}	0,68 ^{NS}	-0,09 ^{NS}
C9	<i>nor/nor</i> VS <i>nor/nor</i> ^A	0,13 ^{NS}	1,50 ^{NS}	-0,34 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,73 ^{NS}
C10	<i>rin/rin</i> VS <i>nor/nor</i> ^A	0,34 ^{NS}	-6,67**	-14,04**	-11,64**	-5,3**
C11	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A VS Genótipo normal	-0,89 ^{NS}	-0,58 ^{NS}	-2,00*	0,48 ^{NS}	1,09 ^{NS}
C12	<i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> VS Genótipo normal	1,00 ^{NS}	1,04 ^{NS}	-2,18*	-0,22 ^{NS}	1,03 ^{NS}
C13	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> VS Genótipo normal	2,55*	-1,43 ^{NS}	-2,34*	-1,85*	1,42 ^{NS}
C14	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A VS <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A	3,27**	-0,96 ^{NS}	-1,39 ^{NS}	-3,15**	0,71 ^{NS}
C15	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A VS <i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>	-0,17 ^{NS}	-0,11 ^{NS}	-1,06 ^{NS}	-0,83 ^{NS}	0,38 ^{NS}
C16	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> VS <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>	1,91*	-2,50**	-1,24 ^{NS}	-1,88*	1,34 ^{NS}
C17	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> VS <i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i>	0,37 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	-1,08 ^{NS}	-0,25 ^{NS}	0,95 ^{NS}
C18	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A VS <i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i>	0,54 ^{NS}	0,07 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	0,58 ^{NS}	0,57 ^{NS}
C19	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A <i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^c VS <i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A	-0,50 ^{NS}	0,25 ^{NS}	-1,22 ^{NS}	-0,60 ^{NS}	-0,71 ^{NS}
C20	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A <i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^c <i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> VS <i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A	0,49 ^{NS}	2,35**	1,07 ^{NS}	2,09*	-0,38 ^{NS}
C21	<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A <i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^c <i>hp</i> ⁺ / <i>hp</i> VS <i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> <i>nor</i> ⁺ / <i>nor</i> ^A <i>og</i> ^{c+} / <i>og</i> ^c	1,00 ^{NS}	2,10*	2,29*	2,68**	0,33 ^{NS}

**; * Significância a 1% e 5% pelo teste de Duncan, respectivamente. ns; não significância.

Os duplos heterozigotos $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ não apresentaram mudanças significativas na saturação externa (epiderme) ou interna dos frutos relativamente ao heterozigoto simples rin^+/rin (Contrastes C15 e C17 da TABELA 10). Por outro lado, os duplos heterozigotos $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ apresentaram pequenas variações no croma relativamente a nor^+/nor^A e nor^+/nor : ligeira melhora na saturação da epiderme e ligeira piora na placenta (Contrastes C14 e C16 da TABELA 10) e no pericarpo (Contraste C16, da TABELA 10).

A presença do og^{c+}/og^c combinado com $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ foi pouco efetiva em promover melhoras na saturação da cor externa ou interna dos frutos (Contraste C19, da TABELA 10), mas o emprego combinado $og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$ foi efetivo em promover melhoras na saturação do pericarpo e placenta (Contrastes C20 e C21, da TABELA 10).

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Não houve diferença na massa média dos frutos entre os genótipos, tendo o Floradade a maior produtividade total e o *rin/rin* a menor. A presença de alelos mutantes de amadurecimento associados ou não a alelos mutantes de coloração, reduz a produtividade precoce (TABELA 1 e 2).

Santos Júnior *et al.* (2005) observaram uma redução na produtividade total dos genótipos *rin⁺/rin*, *nor/nor^A* e *nor⁺/nor rin⁺rin*, o que não foi observado no genótipo *nor⁺/nor^A*; os genótipos *nor⁺/nor* e *nor⁺/nor^A rin⁺/rin* reduziram a massa média dos frutos, já *nor⁺/nor^A* e *rin⁺/rin* não tiveram a massa média diferente do genótipo normal. Andrade Júnior *et al.* (2005) constataram que os genótipos *nor⁺/nor* e *rin⁺/rin* não afetaram a produtividade total, produtividade precoce e a massa média por fruto, enquanto o *nor⁺/nor^A* diminuiu a massa média do fruto; o *nor⁺/nor^A* quando associado aos alelos de coloração *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* não prejudicou as características de produção, demonstrando que os alelos de coloração além de melhorarem a cor dos frutos, podem contribuir de forma positiva nas características de produção.

As diferenças dos resultados entre os autores e o deste ensaio podem estar relacionadas aos diferentes *backgrounds* genéticos utilizados que influenciam nas características de produção. A menor produtividade total do genótipo *rin/rin* pode estar associada a maior permanência dos frutos na planta ao se encerrar a colheita, visto que o alelo *rin* retarda drasticamente o processo de maturação dos frutos (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000).

A menor produtividade precoce pode estar relacionada à presença dos alelos de amadurecimento *rin*, *nor* e *nor^A* que atuam de forma a retardar o estágio *breaker* (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2005), contribuindo assim para um maior tempo de permanência dos frutos na planta antes da colheita no *breaker*, incidindo em menor produtividade precoce. A menor produtividade precoce foi também observada por Andrade Júnior *et al.* (2005), em que o genótipo *nor⁺/nor^A og^{c+}/og^c hp⁺/hp* obteve produtividade precoce inferior ao genótipo *og^{c+}/og^c hp⁺/hp*, bem como por Cá *et al.* (2006), que observaram redução na produtividade precoce de genótipos *nor⁺/nor^A* e *rin⁺/rin* e por Santos Júnior *et al.* (2005) em genótipos *nor⁺/nor^A*, *rin⁺/rin* e *nor⁺/nor*. No entanto Santos Júnior *et al.* (2005) observaram que esta variável pode não ser afetada apenas pelos mutantes de amadurecimento, mas pode sofrer influência do *background* genético.

Não foram observadas diferenças entre os genótipos para a firmeza no estágio *breaker*

(TABELA 3 e 4). Benites (2003), notou que apenas os genótipos nor^A/nor^A e nor/nor alcançaram firmeza inicial estimada superior à testemunha Floradade, e nor^A/nor^A condicionou firmeza inicial ligeiramente maior que nor/nor e rin/rin . Comparando o efeito dos genótipos heterozigotos entre si, Benites (2003) notou que não existia diferença significativa na firmeza inicial entre os genótipos rin^+/rin , nor^+/nor e nor^+/nor^A , sendo que dos heterozigotos simples apenas o nor^+/nor obteve firmeza inicial superior ao FloraDade, o que indica que o efeito dos genótipos heterozigotos na firmeza no estágio *breaker* foi pequena (BENITES, 2003). Os duplos heterozigotos $nor^+/nor rin^+/rin$ e $nor^A/nor^+ rin^+/rin$ apresentaram firmeza inicial superior ao genótipo FloraDade e o genótipo nor/nor^A não apresentou diferença na firmeza inicial comparado ao genótipo normal FloraDade (BENITES, 2003). Embora o trabalho de Benites (2003) relate que a presença de alelos de amadurecimento contribui positivamente na firmeza inicial, no presente trabalho não se pode notar esta tendência.

Os alelos nor^A , nor e rin em heterozigose tenderam a incrementar ligeira, mas não significativamente a meia vida da firmeza comparado ao genótipo Floradade (Contrastes C11 a C13, TABELA 4). Os duplos heterozigotos $rin^+/rin nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin nor^+/nor$ aumentam de 3,03 a 8,39 dias na meia vida da firmeza comparado aos heterozigotos simples (Contrastes C14 a C17, TABELA 4). Os genótipos $rin^+/rin nor^+/nor^A$, $rin^+/rin nor^+/nor$, $rin^+/rin nor^+/nor^A og^{c+}/og^c$ e $rin^+/rin nor^+/nor^A og^{c+}/og^c hp^+/hp$, que não diferiram entre si, acrescentaram de 7,87 a 9,68 dias na meia vida da firmeza comparado ao genótipo normal FloraDade (TABELA 3).

Benites (2003), não observou também diferença significativa na meia vida da firmeza dos heterozigotos simples nor^+/nor^A e nor^+/nor em relação a testemunha Floradade, embora houvesse uma tendência destes genótipos apresentarem meia vida superior à testemunha. Benites (2003) relatou que o alelo rin apresentou uma superioridade aos alelos nor^A e nor em relação à meia vida dos frutos tanto em homozigose quanto em heterozigose, o que no presente ensaio não se revelou verdadeiro para os homozigotos, embora tenha havido essa tendência para o heterozigoto (Tabela 3).

Contudo, Santos Junior *et al.* (2005) observou um aumento na meia vida da firmeza pelo uso de nor^+/nor ou rin^+/rin , enquanto as duplas combinações heterozigóticas $nor^+/nor rin^+/rin$ e $rin^+/rin nor^A/nor^+$ atuaram em prolongar mais a meia vida da firmeza do que os efeitos individuais destes alelos em heterozigose; estes resultados foram similares aos de Benites (2003) que relatou também superioridade na meia vida destes duplos heterozigotos em relação aos heterozigotos simples. Poma *et al.* (2017) também observou que rin^+/rin e

nor^+/nor^A podem aumentar a vida pós-colheita, sendo o $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ uma combinação mais efetiva no aumento da firmeza do que os heterozigotos simples rin^+/rin ou nor^+/nor^A .

Estes resultados coincidem com o deste trabalho, demonstrando que o efeito dos alelos rin , nor^A e nor em heterozigose, na meia vida, se somam quando combinados em um mesmo genótipo (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2005).

Os nor^+/nor^A , nor^+/nor e rin^+/rin apresentaram ângulos de cromaticidade internos e externos em geral similares ao genótipo FloraDade (Contrastes C11 a C13, TABELA 8). Os duplos heterozigotos $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$, que não diferem entre si (Contraste C18, tabela 8), apresentaram em geral ângulos de cromaticidade superiores aos heterozigotos simples nor^+/nor^A , rin^+/rin e nor^+/nor na parte interna e externa do fruto do tomate, o que indica um efeito deletério destes duplos heterozigotos na coloração (Contrastes C14 a C17, tabela 8). A presença de og^{c+}/og^c em associação a $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ não trouxe melhoras ao ângulo de cromaticidade, quer externamente quer internamente ao fruto, relativamente a $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ (Contraste C19, tabela 8). Contudo, o emprego combinado de $og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$, no genótipo $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$ tendeu a promover ligeiras melhoras na cromaticidade tanto na parte externa (epiderme) como na parte interna dos frutos, notadamente no gel placentário (Contraste C20, tabela 8).

Benites (2003) trabalhando com os mesmos genótipos, no entanto com avaliação apenas visual da coloração, observou que nor^A/nor^A , nor/nor , rin/rin e nor/nor^A apresentaram coloração externa pior que ao do genótipo FloraDade, sendo o rin/rin o de pior efeito na coloração interna e externa do fruto, o que se confirmou neste trabalho. No entanto, Benites (2003), não encontrou diferença na coloração externa entre os genótipos nor^+/nor^A , nor^+/nor , rin^+/rin , $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ e a coloração do genótipo FloraDade. Na coloração interna, o autor observou diferença na coloração dos frutos nor^+/nor^A e nor^+/nor e o genótipo FloraDade e relata que o rin^+/rin , $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ obtiveram coloração interna inferior ao genótipo normal, não havendo diferença na coloração interna entre os $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ (BENITES, 2003). No presente trabalho, uma quantificação mais precisa permitiu identificar que a coloração externa e interna do tomate dos duplos heterozigotos $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ (que não diferem entre si) foram piores (ângulos de cromaticidade superiores) que a dos simples heterozigotos nor^+/nor^A , rin^+/rin e nor^+/nor e a do genótipo normal, o que discorda da avaliação visual de Benites (2003) na coloração externa, mas reafirma o resultado encontrado por Benites (2003) na coloração interna.

Benites (2003) observou diferença na coloração interna dos frutos nor^+/nor^A e

nor⁺/*nor* e o genótipo FloraDade neste trabalho foi possível identificar que o pericarpo do genótipo *nor*⁺/*nor* foi ligeiramente mais avermelhado que o do genótipo normal (Contrastes C11 a C13, tabela 8). O fato de Benites (2003) não ter observado diferença na coloração externa entre os heterozigoto simples *nor*⁺/*nor*^A, *nor*⁺/*nor* e *rin*⁺/*rin* e o genótipo FloraDade mesmo por meio da avaliação visual pode ser justificado pelo efeito dos alelos em heterozigose serem muito próximos da coloração do genótipo normal, fato que se confirma neste trabalho também com o colorímetro. No entanto, a observação visual de Benites (2003) não foi capaz de detectar diferença na coloração externa entre os frutos duplos heterozigotos *rin*⁺/*rin* *nor*⁺/*nor*^A e *rin*⁺/*rin* *nor*⁺/*nor*, os heterozigotos simples e o FloraDade. No entanto com o colorímetro utilizado no presente trabalho foi possível observar que a coloração externa e interna do tomate dos duplos heterozigotos *rin*⁺/*rin* *nor*⁺/*nor*^A e *rin*⁺/*rin* *nor*⁺/*nor* são ligeiramente piores que a dos simples heterozigotos *nor*⁺/*nor*^A, *rin*⁺/*rin* e *nor*⁺/*nor* e a do genótipo normal.

Cá *et al.* (2006) relataram que os alelos de amadurecimento em heterozigose *nor*⁺/*nor*^A e *rin*⁺/*rin* prejudicaram a coloração interna do fruto. Andrade Júnior *et al.* (2005) identificaram que os genótipos *nor*⁺/*nor*^A, *rin*⁺/*rin* e *nor*⁺/*nor* atrasam a chegada da coloração vermelha dos frutos. Ambos os autores identificaram o genótipo *rin*⁺/*rin* como o de efeito mais pronunciado na coloração dentre os heterozigotos simples. Poma *et al.*, (2017) notaram que *rin*⁺/*rin* aumenta o ângulo de cromaticidade comparado aos genótipos normais tanto na parte interna e externa dos frutos, o que evidencia o efeito deletério deste alelo na coloração.

No entanto, o efeito deletério na coloração pode ser minimizado pelo uso de alelos mutantes de coloração. Cá *et al.* (2006), observaram que *og*^c/*og*^c, *og*^{c+}/*og*^c e *hp*⁺/*hp* melhoram a coloração interna dos frutos em genótipos *rin*⁺/*rin* e *nor*⁺/*nor*^A, apresentando a coloração próxima à dos genótipos normais. Poma *et al.* (2017) relatam que a presença do *og*^{c+}/*og*^c no genótipo *nor*⁺/*nor*^A melhorou a coloração do epicarpo e da placenta; e *og*^c/*og*^c associado ao *rin*⁺/*rin* *nor*⁺/*nor*^A proporcionaram coloração vermelha similar a dos genótipos normais na epiderme, pericarpo, columela e placenta. Estes relatos demonstram a contribuição positiva do uso simultâneo dos alelos de amadurecimento e coloração, o que também foi observado neste trabalho, onde o emprego combinado de *og*^{c+}/*og*^c *hp*⁺/*hp* ao genótipo *rin*⁺/*rin* *nor*⁺/*nor*^A tendeu a promover ligeiras melhoras (redução do ângulo de cromaticidade) na cromaticidade tanto na parte externa (epiderme) como na parte interna dos frutos, notadamente no gel placentário (Contraste C20, tabela 8).

Os genótipos *nor*⁺/*nor*^A, *nor*⁺/*nor* e *rin*⁺/*rin* tiveram efeito negativo mais brando na saturação da cor do que estes mesmos alelos em homozigose, quando comparados ao genótipo

normal (Contrates C1 a C4 e C11 a C13, Tabela 10). No entanto, estes alelos em heterozigose prejudicaram levemente a saturação da cor na columela e no caso do rin^+/rin , também na placenta (Contrates C11 a C13, Tabela 10). Os duplos heterozigotos $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$ apresentaram pequenas variações no croma relativamente a nor^+/nor^A e nor^+/nor : ligeira melhora na saturação da epiderme e ligeira piora na placenta (Contrates C14 e C16, Tabela 10) e no pericarpo (Contrate C16, Tabela 10). Estes duplos heterozigotos quando comparado ao rin^+/rin não apresentaram diferenças na saturação externa e interna dos frutos (Contrastes C15 e C17, Tabela10). A presença do og^{c+}/og^c combinado com $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ foi pouco efetiva em promover melhoras na saturação externa ou interna dos frutos (Contraste C19, Tabela10), mas o emprego combinado $og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$ foi efetivo em promover melhoras na saturação do pericarpo e placenta (Contrastes C20 e C21, Tabela10).

Segundo Poma *et al.* (2017) as diferenças mais contrastantes no croma foram encontradas na columela e rin^+/rin apresentou saturação da cor inferior a dos genótipos normais. A presença do alelo mutante de coloração no genótipo $rin^+/rin\ og^{c+}/og^c$ aumentou a saturação cromática na parte interna e externa dos frutos e $nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c$ demonstrou saturação cromática da parte interna superior a do genótipo rin^+/rin . O duplo heterozigoto $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ na presença do og^c/og^c aumentou o croma da epiderme e do pericarpo (POMA *et al.*, 2017). Isto demonstra a influência negativa dos alelos de amadurecimento na saturação da cor, principalmente na parte interna do fruto de tomate, entretanto quando associados a alelos de coloração melhoram a saturação da cor dos frutos, como observado neste trabalho com o genótipo $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$, tendência esta também observada por Poma *et al.* (2017).

Os *lightness* (valores L) dos tratamentos tenderam no geral serem superiores às do genótipo normal FloraDade, notadamente nos homozigotos rin/rin , nor/nor , nor^A/nor^A e no funcionalmente homozigoto nor/nor^A (Tabela 5). Dos alelos de amadurecimento em homozigose o rin foi o que mais contribuiu para o *lightness* dos frutos (Contrastes C1 a C4, Tabela 6). Em heterozigotos simples, também o rin^+/rin apresentou valores de *lightness* superiores ao genótipo normal FloraDade, ao contrário do que ocorreu com nor^+/nor^A ou nor^+/nor (Contrastes C11 a C13, Tabela 6). Esse efeito mais pronunciado do rin^+/rin no *lightness* também é evidente nos duplos heterozigotos $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ e $rin^+/rin\ nor^+/nor$, que tenderam a apresentar maiores valores de *lightness* do que nor^+/nor^A e nor^+/nor isoladamente, mas valores predominantemente similares ao rin^+/rin (Contrastes C14 a C17, Tabela 6). Os alelos mutantes de coloração og^c e hp em heterozigose, associados ao duplo heterozigoto $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ tiveram efeito pouco pronunciado no *lightness* (Contrastes

C19 a C21, Tabela 6), exceto pela ligeira redução do *lightness* promovida pelo $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c^+}/og^c\ hp^+/hp$ em relação ao $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ (Contraste C20, Tabela 6).

Elevados valores *lightness* são considerados indesejáveis nos frutos, observando-se este efeito negativo em genótipos com a presença de alelos de amadurecimento. No entanto, no presente trabalho os alelos de coloração $og^{c^+}/og^c\ hp^+/hp$, embora de efeito pouco pronunciado, proporcionaram uma ligeira redução no *lightness* do genótipo $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c^+}/og^c\ hp^+/hp$ comparado ao $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$.

5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente ensaio, associados a resultados similares obtidos por outros autores (BENITES, 2003; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2005; BENITES *et al.*, 2010; POMA *et al.*, 2017), permitem concluir pela viabilidade de emprego da combinação duplo heterozigota $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ no aumento da conservação pós-colheita de frutos, não somente em relação ao genótipo normal, mas também relativamente aos heterozigotos simples rin^+/rin e nor^+/nor^A . Os possíveis efeitos deletérios da dupla combinação $rin^+/rin\ nor^+/nor^A$ na coloração externa e interna dos frutos são similares às do heterozigoto simples rin^+/rin (amplamente empregado em híbridos comerciais), e podem ser atenuados pelo emprego simultâneo dos alelos og^c e hp na combinação $rin^+/rin\ nor^+/nor^A\ og^{c+}/og^c\ hp^+/hp$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; BENITES, F. R. G.; SANTOS JÚNIOR, A. M. Yield and fruit quality of tomato hybrids heterozygous for ripening and color mutant alleles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.6, p.555-561, jun. 2005.

BENITES, F. R. G. **Estudos genético-fisiológicos dos mutantes alcobaça (alc), non-ripening (nor) e ripening-inibitor (rin) em tomateiro**. 2003. 106p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2003.

BENITES, F. R. G.; MALUF, W. R.; PAIVA, L. V.; FARIA, M. V.; JUNIOR, V. C. A.; GONÇALVES, L. D. Allelism test between the alcobaça and non-ripening mutants in tomato plants. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, Edição Especial, p. 1669-1673, 2010.

CÁ, J. A.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, M. V.; LICURSI, V.; MORETTO, P. Híbridos de tomateiro longa-vida com frutos de maior intensidade de coloração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.9, p.1377-1384, set. 2006.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.14-18, maio 1995.

DELLA VECCHIA, P.T.; KOCH, P.S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 3-4, março 2000.

FARIA, M. V.; MALUF, W. R.; DE RESENDE, J. T. V.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; NASCIMENTO, I. R.; BENITES, F. R. G.; DE MENEZES, C. B.; AZEVEDO, S. M. Rin, nor(A), og(c) and hp mutants in tomatoes with different genetic backgrounds. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.793-800, maio 2006.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

MINOLTA, K. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. 2007. Disponível em: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf>. Acesso em: 15 set 2018.

MOORE, S.; VREBALOV, J.; PAYTON, P.; GIOVANNONI, J. Use of genomics tools to isolate key ripening genes and analyse fruit maturation in tomato. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.377, p.2023-2030, October 2002.

POMA, B. A.; MALUF, W. R.; GOUVEIA, B. T.; DE OLIVEIRA, A. M. S.; FERREIRA, R. P. D.; CARVALHO, R. C. Fruit color and post-harvest shelf life in tomato affected by the ogc, norA, and rin alleles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.9, p.743-750, set. 2017.

RINALDI, M.M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B.N.; SALES, R.N.; AMARAL, R.D.A. Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. **B.CEPPA**, Curitiba, v.29, n.2, p.305-316, jul./dez. 2011.

SANTOS JÚNIOR, A. M.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; NASCIMENTO, I. R.; BENITES, F. R. G.; GOMES, L. A. A. Yield, quality and conservation of heterozygous tomatoes in alcobaça, nonripening and ripening inhibitor loci. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1203-1210, dez. 2005.