



PAULO DE TARSO PIZARRO SILVA

**PREDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE PARA SELEÇÃO DE
HÍBRIDOS DE TOMATE DE MESA**

**LAVRAS - MG
2018**

PAULO DE TARSO PIZARRO SILVA

**PREDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE PARA SELEÇÃO DE
HÍBRIDOS DE TOMATE DE MESA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Profª. Dra. Flavia Maria Avelar Gonçalves

Coorientador

Dr. Gustavo Evangelista Oliveira

**LAVRAS - MG
2018**

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

Silva, Paulo de Tarso Pizarro.

Predição de produtividade para seleção de híbridos de tomate
de mesa / Paulo de Tarso Pizarro Silva. - 2018.

38 p.

Orientador(a): Flavia Maria Avelar Gonçalves.

.
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Tomate de mesa. 2. Melhoramento genético. 3. Regressão
linear. I. Gonçalves, Flavia Maria Avelar. II. Título.

PAULO DE TARSO PIZARRO SILVA

**PREDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE PARA SELEÇÃO DE
HÍBRIDOS DE TOMATE DE MESA**

YIELD PREDICTION FOR SELECTION OF FRESH TOMATO HYBRIDS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 05 de março de 2018.

Dr. Gustavo Evangelista Oliveira UFLA

Dr. Paulo Rodrigues Pelóia UNICAMP

Profª. Dra. Flavia Maria Avelar Gonçalves
Orientadora

Dr. Gustavo Evangelista Oliveira
Coorientador

**LAVRAS - MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida. Sem Ele nada seria possível.

À minha esposa Fernanda, que me apoiou em todo o decorrer do curso mesmo muitas vezes estando ausente como pai e marido.

Aos meus pais, Benedito Lino da Silva e Damaris Pizarro Silva, por terem me dado condições de estudar, o que me garantiu chegar até aqui.

À minha orientadora Flavia Avelar, pela paciência e comprometimento com esse trabalho e à Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo programa de Mestrado Profissional

Agradeço à Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., por me permitir separar esse tempo de estudo e especialmente aos colegas de trabalho Gustavo Oliveira e Paulo Peloia por me ajudarem nas análises dos dados e escrita da tese.

À FAPEMIG e CAPES, pelo apoio financeiro e por acreditar nos profissionais que tanto precisam desse conhecimento para continuar a contribuir com a agricultura do país.

RESUMO

O tomate de mesa se destaca no Brasil como hortaliça de grande importância econômica pelo valor da produção e também socialmente, pela geração de empregos. Nesse contexto, as empresas buscam o desenvolvimento de novos híbridos, que entre outras qualidades, sejam produtivos nas diferentes regiões de produção do fruto. Esse trabalho de pesquisa e desenvolvimento gera um alto custo em viagens e alimentação para as empresas, devido à necessidade de seus funcionários estarem presentes nos diferentes locais para colheita e avaliação de produção dos híbridos. O objetivo desse trabalho foi propor um modelo para avaliação da produtividade de híbridos de tomate de mesa que seja feita com melhor aproveitamento dos recursos financeiros. Para tal, foram feitos três experimentos nos anos de 2016 e 2017 na Estação Experimental da Syngenta Proteção de Cultivos em Holambra-SP. Foi realizado o ajuste de modelos com base nos resultados do experimento 1 (dados de treinamento), no qual, os melhores modelos foram selecionados e testados com os dados dos experimentos 2 e 3 (dados de teste). Para cada uma das variáveis-resposta estudadas (PCA, PCAA, PCAA, PC23A e PMF), foram ajustados modelos de regressão linear múltipla para todas as combinações possíveis, entre 1 a 11, das variáveis independentes, pencas colhidas. A seleção dos melhores modelos foi feita com base no método gráfico, em que ponderou-se o ganho no coeficiente de determinação (R^2) em função do aumento do número de pencas que eram adicionadas ao modelo. Os modelos selecionados foram, então, avaliados na base de dados de teste por meio dos parâmetros: correlação, erro absoluto médio e erro absoluto percentual médio. Para verificar a possível ocorrência de diferenças significativas entre os genótipos, as médias das variáveis peso comercial de frutos AAA (PCAAA), AA(PCAA) e A (PCA), AA+AAA (PC23A) e peso médio de frutos comerciais (PMF) foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, comparadas pelo teste de agrupamento Scott-Knott (5%). Após essa análise, o agrupamento dos genótipos com os dados preditos foi comparado com o agrupamento dos genótipos com os dados reais para se verificar a precisão dos dados estimados. Entre as variáveis estudadas, PCAA e PC23A apresentaram estimativas confiáveis, considerando os baixos erros absolutos percentuais entre dados reais e preditos, em torno de 5%, e também por apresentarem similaridade no agrupamento pelo teste Scott-Knott. A variável PMF, apesar de não ter apresentado a mesma ordem no agrupamento pelo teste Scott-Knott nos dois experimentos, também se mostrou viável para ser usada como fator de decisão na seleção de híbridos de tomate, pois os erros percentuais médios foram 3,49 e 3,62% nos experimentos 2 e 3, respectivamente. Concluiu-se, então, que o modelo de quatro pencas (2, 3, 6 e 9) é o melhor para se estimar a produtividade de híbridos de tomate de mesa.

Palavras-chave: Tomate de mesa. Melhoramento genético. Regressão linear.

ABSTRACT

The fresh table tomato stands out in Brazil as a vegetable of great economic importance for the value of production and also socially for the generation of jobs. In this context, the companies seek the development of new hybrids, which among other qualities, are productive in the different regions of fruit production. This research and development work generates a high cost of travel and food for the companies, due to the need of its employees to be present in the different places for harvesting and evaluation of hybrids production. The objective of this work was to propose a model to evaluate the yield of fresh tomato hybrids that is made with better use of financial resources. For that, three experiments were carried out in the years 2016 and 2017 at the Experimental Station of Syngenta Crop Protection in Holambra - SP. Model fit was made based on the results of experiment 1 (training data), in which the best models were selected and tested with data from experiments 2 and 3 (test data). For each of the response variables studied (PCA, PCAA, PCAAA, PC23A and PMF), multiple linear regression models were fitted for all possible combinations, from 1 to 11, of the independent variables, collected. The selection of the best models was based on the graphical method, in which the gain in the coefficient of determination (R^2) was weighted as a function of the increase in the number of tomato cluster that were added to the model. The selected models were then evaluated in the test database using the parameters: correlation, mean absolute error and mean absolute percentage error. In order to verify the possible occurrence of significant differences among the genotypes, the means of the variables commercial fruit weight AAA (PCAAA), AA (PCAA) and A (PCA), AA + AAA (PC23A) and average commercial fruit weight were submitted to analysis of variance and later, compared by the Scott-Knott clustering test (5%). After this analysis, the clustering of the genotypes with the predicted data was compared with the clustering of the genotypes with the real data to verify the accuracy of the estimated data. Among the variables studied, PCAA and PC23A presented reliable estimates, considering the low percentage absolute errors between real and predicted data, around 5%, and also because they presented similarity in the clustering by the Scott-Knott test. The PMF variable, although it did not present the same order in the cluster by the Scott-Knott test in both experiments, is also feasible to be used as a decision factor in the selection of tomato hybrids, since the mean percentage errors were 3.49 and 3.62% in experiments 2 and 3, respectively. It was concluded that the model with four clusters (2, 3 6 e 9) is the best to estimate fresh tomato hybrids yield.

Keywords: Fresh tomato. Plant breeding. Linear regression.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa, e valores de precipitação pluviométrica ocorridas no período experimental de março/2016 a agosto/2016. Estação meteorológica da Estação Experimental da Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., Holambra, SP.	16
Tabela 2 - Classificação de frutos de tomate adotada para o grupo Salada Longa Vida.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Identificação da posição das pencas na planta do tomateiro.....	18
Figura 2 - Caixa de madeira utilizada para a classificação de frutos de tomate do grupo Salada, com peneiras de 85 mm (A) e 65 mm (B).	19
Tabela 3 - Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa, e valores de precipitação pluviométrica ocorridas no período experimental de janeiro/2017a agosto/2017. Estação meteorológica da Estação Experimental da Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., Holambra, SP.	20
Tabela 4 - Valores de coeficiente de determinação (R^2) para os melhores modelos de pencas para as variáveis peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A), peso médio por planta de frutos comerciais (PMF) do Experimento 1, Holambra, SP, 2016.	26
Tabela 5 - Custo médio por viagem considerando gastos com alimentação, combustível e estadia quando necessário de acordo com a distância média percorrida.....	27
Tabela 6 - Coeficientes das equações lineares ($Y= I + aP2 + bP3 + cP6 + dP9$), erro absoluto médio (E), erro absoluto percentual médio (E%) e correlação linear simples (r) dos valores preditos e valores reais, das variáveis peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A) e peso médio de frutos comerciais (PMF), dos experimentos 2 e 3, Holambra, SP, 2017.	28
Tabela 7 - Quadrados médios (QM) da análise de variância para peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A), peso médio por planta de frutos comerciais (PMF) dos dados reais (DR) e preditos (DP) do Experimento2, Holambra, SP, 2017.	30
Tabela 8 - Quadrados médios (QM) da análise de variância para peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A), peso médio por planta de frutos comerciais (PMF) dos dados reais e preditos do Experimento 3, Holambra, SP, 2017.	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Tomate.....	10
2.2	Mercado.....	12
2.3	Melhoramento do tomateiro	12
2.4	Predição de Produtividade.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	Experimento 1	16
3.2	Caracteres Avaliados	18
3.3	Delineamento experimental	19
3.4	Experimentos 2 e 3.....	19
3.5	Predição da Produtividade	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

O tomate, por apresentar facilidade e versatilidade de uso, é a hortaliça mais popular e também importante economicamente, pelo valor da produção, socialmente, pelos empregos diretos e indiretos que gera, e ainda pelo valor nutritivo, pois é rico em vitamina A, complexo B, glicose, frutose, lipídio, proteína e sais minerais como: fósforo, cálcio, potássio e magnésio (FILGUEIRA, 2013; MAKISHIMA, 2003). Atualmente, atuam em torno de 30 empresas nacionais e internacionais no ramo de sementes desse fruto, com pesquisa e melhoramento genético buscando cultivares mais adaptadas às condições locais, que ofereçam mais produtividade, tolerância às doenças, frutos de qualidade, com boa coloração, sabor e também vida de prateleira (TREICHEL, 2016).

A produção total de tomate no Brasil no triênio 2012-14 foi de 4 milhões de toneladas, sendo 63% para consumo natural e 37% para consumo industrial (Reetz et al., 2014). A produção de tomate de mesa, para consumo *in natura*, é bem pulverizada, ocorrem do norte ao sul do país abrangendo várias regiões produtoras, e se destacam como maiores produtores os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia. Dentre as várias tipologias de fruto existentes no mercado, o segmento Redondo ou Salada Longa Vida é o mais comercializado (TREICHEL, 2016). Considerando a importância econômica da cultura e a diversidade ambiental em que é cultivada, é extremamente importante que os genótipos obtidos pelos programas de melhoramento genético expressem seu potencial produtivo nos vários ambientes onde serão plantados, sendo assim necessária a avaliação de ensaios nas diferentes regiões produtoras.

Os ensaios de desenvolvimento de híbridos de tomate são onerosos e demandam bastante tempo dos pesquisadores, pois são necessárias visitas semanais para a colheita e classificação de frutos. Além disso, a cultura tem ciclo de seis meses em condições de campo aberto, e o período de colheita pode se estender além dos 60 dias. Portanto, o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da produção de tomate, que permita estimar e comparar os diferentes híbridos sem a necessidade de avaliações semanais no decorrer da colheita iria reduzir os custos com deslocamento e também com mão de obra, tornando o processo mais eficiente.

Deste modo, o objetivo desse trabalho foi propor um modelo que permita estimar e comparar a produtividade de diferentes híbridos de tomate de mesa com melhor aproveitamento dos recursos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tomate

Originalmente, o tomateiro integrava o gênero *Solanum* juntamente com a batata. Em 1754, Miller separou os tomates das batatas, criando um novo gênero denominado *Lycopersicon* para diferenciar de *Solanun* (ALVARENGA, 2013).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem como origem a região andina, desde o Equador, passando pela Colômbia, Peru, Bolívia, até o Norte do Chile. Quanto à sua domesticação, parece não ter dúvida de que aconteceu no México antes de ser introduzido na Espanha e suas colônias durante o século XVI. Depois da Espanha, o tomate foi introduzido na Itália e demais países da Europa. Inicialmente, foi considerado como um fruto venenoso, devido à sua coloração vermelho brilhante e por isso cultivado como planta ornamental e só começou a ser cultivado como produto alimentício na metade do século XVI, no sul da Europa. Os europeus introduziram o tomate em várias partes da Ásia no século XVII e na América do Norte e Japão no século XVIII. Por volta do final do século XVIII, o tomate estava presente em toda Europa como cultivo alimentício. No Brasil, a introdução do tomate deve-se a imigrantes europeus (principalmente italianos, espanhóis e portugueses), no final do século XIX. Hoje o tomate é conhecido e consumido mundialmente devido à sua versatilidade de uso em vários tipos de pratos como pizzas, saladas, molhos, hamburgers, ketchup e bebidas (ALVARENGA, 2013; HEUVELINK, 2005).

O tomateiro é uma planta perene, de porte arbustivo que se cultiva como anual. A planta pode desenvolver-se de forma rasteira, semiereta e ereta e pode ter hábito de crescimento determinado ou indeterminado. As plantas de crescimento determinado não têm dominância apical, cada haste ou ramificação apresenta um ramo floral apical, o qual limita o seu desenvolvimento vegetativo. Nas plantas de crescimento indeterminado, o caule ou ramo principal cresce mais que as ramificações laterais, apresentando dominância apical. A cada três folhas lançadas, há a emissão de um ramo floral constituindo as unidades de fonte e dreno. A floração é um processo afetado por vários fatores, dentre eles: cultivar, temperatura, luminosidade, nutrição mineral e, entre outros, órgãos da planta. A precocidade, rendimento e qualidade dos frutos de tomate são, evidentemente, influenciados pela diferenciação e desenvolvimento da flor. A inflorescência é do tipo racimo (cachos) e tem número variável de flores. As flores são hermafroditas conferindo à planta a autogamia, com baixa frequência de fecundação cruzada, menor que 5% (ALVARENGA, 2013).

Dependendo da cultivar e condições climáticas, a primeira inflorescência aparece 21 dias após o transplantio. Cultivares de crescimento indeterminado podem atingir 1,8m de altura ou mais, por isso são tutoradas verticalmente para que não cresçam sobre o solo e não ocorram danos aos frutos. Quando se opta por conduzir a planta com duas hastes, eliminam-se as brotações laterais deixando apenas o primeiro broto abaixo da primeira inflorescência. Após a planta atingir o número de cachos desejados, faz-se a poda apical, que consiste na eliminação do broto terminal das hastes do tomateiro, interrompendo, assim, o crescimento vertical da planta. As desbrotas laterais e poda apical contribuem para aumentar a proporção de frutos de maior tamanho, pois direciona a alocação de fotoassimilados para os frutos. Os frutos se desenvolvem durante um longo período de tempo, variando desde 49 até 63 dias, do período inicial até o ponto de colheita, resultando em tempos de colheita que podem variar de semanas até meses, dependendo das condições ambientais. Os frutos são colhidos manualmente, e o estágio de colheita depende da demanda e da distância do mercado consumidor em que será direcionado. Portanto, cultivares de tomate de mesa demandam uso intenso de mão de obra e alto custo de produção (HEUVELINK, 2005; SILVA et al., 2010).

A produtividade do tomateiro é determinada pelo acúmulo de biomassa, que é dividido entre os órgãos da planta. A produção total de biomassa é determinada pela quantidade de fotossíntese que as plantas conseguiram realizar durante o período de crescimento, pela quantidade de fotoassimilados que é influenciada pela sanidade das plantas, temperatura, umidade, interceptação de luz, duração do período de crescimento e práticas culturais como densidade de plantas, desbaste e desbrotas. Entretanto, uma alta produção de biomassa não garante altos rendimentos, pois apenas a biomassa alocada nos frutos que determina a produtividade do cultivo. A baixa produtividade pode ser resultado de baixo pegamento de frutos, que pode ocorrer em consequência da baixa produção de pólen, ou falhas na polinização, germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico, produção de óvulos ou não ocorrência da fertilização. Ela também pode ser consequência do subdesenvolvimento dos frutos devido sua incapacidade de importar fotoassimilados de outras partes da planta, resultado de baixo número de sementes em relação a outros frutos da planta, ou por fatores ambientais como temperatura e intensidade luminosa. O tamanho do fruto é fortemente influenciado pela disponibilidade de fotoassimilados. Os tomates tendem a ser menores quando a planta está com uma alta carga de frutos, assim o desbaste de frutos pode aumentar o tamanho dos remanescentes (HEUVELINK, 2005).

2.2 Mercado

O tomate é uma das principais hortaliças produzidas no Brasil, esse fruto pode chegar ao mercado de maneira *in natura* ou processado. No ano de 2016 o valor da produção agrícola dessa hortaliça foi de 881 milhões de dólares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMERCIO DE SEMENTES E MUDAS - ABCSEM, 2017). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), no ano de 2016, a área colhida no Brasil foi de 64.644 hectares. Segundo Reetz et al. (2014), no triênio de 2012-14 a produção total de tomate no Brasil foi de 4 milhões de toneladas, sendo 63% para consumo natural e 37% para consumo industrial. A produção de tomate de mesa, para consumo *in natura*, é bem pulverizada, ocorre do norte ao sul do país abrangendo várias regiões produtoras, no qual se destacam como maiores produtores os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia. Dentre as várias tipologias de fruto existentes no mercado, o segmento Redondo ou Salada Longa Vida é o mais comercializado (TREICHEL, 2016).

No período de 1990-2012, entre os quinquênios inicial e final do período, a área cultivada de tomate para mesa expandiu em 19%, a produtividade aumentou 40% e a produção 67,6%. Portanto, a contribuição da área para expansão da produção foi de 28,4% e da produtividade, 71,6% (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2017). O aumento de produtividade alcançado nos últimos anos é fruto, principalmente, de novas tecnologias, em especial, do melhoramento genético e das inovações no processo de produção, já que a área colhida não sofreu grandes variações (SILVA et al., 2010).

O mercado de sementes de hortaliças movimentada, anualmente, o valor aproximado de R\$ 800 milhões no Brasil. Nesse segmento o tomate se destaca representando 25% do mercado, aproximadamente R\$ 200 milhões de faturamento para as empresas envolvidas. Atualmente, em torno de 30 empresas nacionais e internacionais atuam no ramo de sementes desse fruto, com pesquisa e melhoramento genético buscando cultivares mais adaptadas às condições locais, que ofereçam mais produtividade, tolerância às doenças, frutos de qualidade, com boa coloração, sabor e, também, vida de prateleira (TREICHEL, 2016).

2.3 Melhoramento do tomateiro

No final do século XIX já existiam inúmeras cultivares de tomate apresentando diferentes cores e com diversas finalidades. Por serem de polinização aberta, as cultivares eram propagadas pelos agricultores que podiam facilmente coletar sementes dos frutos para as próximas gerações. Como o tomate é uma planta autógama, inicialmente o melhoramento foi feito pelos próprios

agricultores, que selecionaram cultivares que eram plantadas localmente nas comunidades onde viviam (PADOVANI, 1989; WATSON, 1996).

No Brasil, a primeira cultivar de grande importância econômica foi o tomate do grupo Santa Cruz; acredita-se que essa cultivar tenha surgido como um híbrido natural entre as cultivares Rei Humberto e Redondo Japonês ou Chacareiro na lavoura de um agricultor na cidade de Suzano-SP, que após ser levada para a cidade de Santa Cruz-RJ por colonos japoneses, teve uma rápida aceitação no mercado do Rio de Janeiro e por isso recebeu o nome de Santa Cruz, em seguida difundiu-se por todo o país, se tornando o grupo mais plantado (ALVARENGA, 2013). Em 1969, o pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, Iroshi Nagai (1935-2003), obteve por meio do melhoramento genético a cultivar Ângela, que tinha como maior atributo o aumento do tamanho do fruto em relação às outras cultivares. Posteriormente, o mesmo pesquisador lançou a cultivar Ângela Gigante I-5.100, que no início da década de 90 chegou a ocupar 70% de toda a área de tomate para consumo *in natura* no país, esse feito representou um dos maiores avanços no melhoramento de tomate para consumo *in natura* (MELO; MELO, 2003).

Nessa mesma década, a produção de tomate no Brasil sofreu grandes mudanças tecnológicas, dentre as mais importantes destaca-se a utilização de sementes híbridas de cultivares que produzem frutos do tipo Longa Vida (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000). No Brasil, os primeiros híbridos F₁ de tomate foram lançados comercialmente no ano de 1988, pela empresa Agroflora. Esses apresentaram superioridade agrônômica em relação às principais cultivares da época, com resistência às principais doenças da época, plantas com maior vigor e produtividade, além de oferecerem maior conservação pós-colheita dos frutos, sendo essa última característica a causa do surgimento da expressão “tomate longa vida”, que possibilitava a redução de perdas na comercialização. Devido a essas vantagens, desde então, um grande número de híbridos têm sido lançados anualmente pelas várias empresas produtoras de sementes presentes no Brasil (ALVARENGA, 2013).

2.4 Predição de Produtividade

Predição é uma suposição do que ainda não aconteceu. Predizer o que ocorrerá no futuro é algo difícil, especialmente quando se trata da predição de produtividade de cultivos na agricultura, especialmente porque a produtividade é influenciada por vários fatores, desde o clima até a quantidade de fertilizantes utilizados (HUSSAIN; HATIBARUAH, 2015; MARINKOVIC et al., 2009). Uma das ferramentas que pode ser usada para predizer a produtividade agrícola é a

simulação por meio de um modelo, que pode ser definido como um protótipo, ou mesmo uma representação simplificada de um sistema.

A modelagem em agricultura pode ser usada para ajudar a definir as prioridades da pesquisa. Usando um modelo é possível estimar a importância e o efeito dos parâmetros e definir quais devem ser estudados em pesquisas futuras (DOURADO NETO et al., 1998). Segundo Shastry, Sanjay e Bhanusree (2017), os modelos preditivos auxiliam na tomada de decisões corretas e de maneira eficiente e eficaz.

Os modelos podem ser classificados como conceituais, físicos ou matemáticos. Quando é possível, por meio de equações, descrever o comportamento de um sistema, a representação desse sistema é feita por um modelo matemático. Com o avanço da computação, a modelagem matemática tem se tornado cada vez mais comum. Entre as várias classificações de modelo matemático, o modelo empírico, ou como muitas vezes é chamado, modelo estatístico ou de correlação, tem sido usado como ferramenta para a predição de produtividade em cultivos (ACOCK; ACOCK, 1991; CARVALHO et al., 2004; DOURADO NETO et al., 1998; SANCHEZ; SOLIS; BUSTAMANTE, 2014; STEINMETZ; DEIBLER; SILVA, 2013).

As análises de regressão são as técnicas mais simples que interpretam dados experimentais usando modelos matemáticos ou funções que descrevem certos fenômenos ou processos. Foram as primeiras técnicas usadas para modelagem de produtividade de plantas (MARINKOVIC et al., 2009). Apesar de apresentar algumas limitações, o método de correlação tem as vantagens de obter valores razoáveis de produtividade sem o uso de dados biológicos e de estabelecer os intervalos de confiança para as variáveis estimadas (BAKEMA; JANSEN, 1986).

Steinmetz, Deibler e Silva (2013), concluíram que para estimar a produtividade de grãos de arroz irrigado, os modelos de regressão que utilizam como variáveis preditoras a radiação solar global e a temperatura mínima do ar, em diferentes períodos de desenvolvimento da planta, mostraram-se adequados. Dalchiavon et al. (2012) usaram modelagem de regressões lineares e múltiplas para selecionar os melhores componentes de produção para explicar a variabilidade da produtividade de grãos de arroz em terras altas. Carvalho (2004) testou um modelo de regressão para a produtividade de cafeeiros e verificou que as estimativas de produtividade apresentaram comportamento similar ao dos dados observados, porém os erros relativos percentuais foram bastantes discrepantes, superestimando a produção. De Villiers (2017) trabalhou com modelos estatísticos para prever a produtividade de tomate cultivado em campo aberto na África do Sul por meio do uso de dados meteorológicos.

Diferentemente do proposto neste trabalho, a maioria dos artigos disponíveis na literatura sobre predição de produtividade relacionam esta característica não somente com os fatores de

produção da planta, mas também com variáveis ambientais (CARMONA et al., 2002; DEIBLER et al., 2007; HUSSAIN; HATIBARUAH, 2015; MOTA, 1994; PEDRO JÚNIOR et al., 1995; QADDOUM; HINES, 2012; SANCHEZ; SOLIS; BUSTAMANTE, 2014; ZAEFIZADEH et al., 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os três experimentos foram conduzidos na Estação Experimental da Syngenta Proteção de Cultivos, no município de Holambra, SP(22° 38' 57,79"S; 47° 05' 33,56"O; 600 m de altitude). O clima é classificado como Cfa, quente e temperado, segundo a classificação de Köppen.

3.1 Experimento 1

O experimento 1 foi conduzido entre 16 de fevereiro e 17 de agosto de 2016 em condições de campo. As temperaturas médias mensais máxima, mínima e precipitação no local onde o experimento foi conduzido estão apresentadas na Tabela 1. O índice pluviométrico registrado durante a condução do experimento foi de 342,8 mm.

Tabela 1 - Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa, e valores de precipitação pluviométrica ocorridas no período experimental de março/2016 a agosto/2016. Estação meteorológica da Estação Experimental da Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., Holambra, SP.

Mês	Temperatura (C°)		Umidade Relativa (%)		Precipitação (mm)
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
Março	18,6	30,8	53,8	75,3	177,0
Abril	16,5	31,5	40,9	96,0	5,0
Mai	12,9	25,8	52,5	96,1	118,0
Junho	12,0	23,6	51,7	91,8	0,4
Julho	14,9	26,6	42,4	83,3	1,4
Agosto	16,4	27,5	44,7	83,5	41,0

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura moderadamente arenosa, de boa profundidade, boa capacidade de retenção de água, bom arejamento e topografia plana, possibilitando drenagem satisfatória e o uso da mecanização. O preparo de solo foi feito com uma aração e duas gradagens. As análises químicas e granulométricas das amostras de solo colhidas nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm para o experimento, foram realizadas no Pirasolo Laboratório Agrotécnico Ltda., Piracicaba, SP. A correção do solo e a adubação de plantio e cobertura foram realizadas de acordo com a análise de solo seguindo-se a recomendação de adubação e calagem do Boletim 100 IAC.

As mudas foram produzidas em casa de vegetação na estação experimental de Holambra, SP, em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, sendo utilizado o substrato de fibra de coco AMAFIBRA – tipo 11, pH 5,8; condutividade elétrica – 1,1 dS/m, densidade = 89 kg/m³ e capacidade de retenção de umidade = 308 ml/L. A irrigação foi realizada por sistema de microaspersão e a adubação das mudas foi feita três vezes por semana com nitrato de cálcio, nitrato de potássio, MKP (fosfato monopotássico) e sulfato de magnésio nas doses de 0,5, 0,4, 0,6 e 0,2 g/L de água, respectivamente.

As adubações de cobertura foram realizadas duas vezes por semana a partir de 25 dias após a instalação do experimento no local definitivo. Utilizou-se o sistema de fertirrigação localizado por meio de gotejamento. As quantidades de fertilizantes foram distribuídas com base no estágio de desenvolvimento da cultura (ALVARENGA, 2013), sendo divididas em três fases. Na primeira e da terceira à quinta semana após o transplântio das mudas (SAT), aplicou-se 1,67 Kg de nitrato de cálcio, 1,25 Kg de fosfato monopotássico e 0,535 Kg de nitrato de potássio; na segunda fase, da sexta à 11ª SAT, foram aplicados 2,1 Kg de nitrato de cálcio, 1,73 Kg de fosfato monopotássico e 0,945 Kg de nitrato de potássio; e na terceira fase, da 12ª a 17ª SAT, utilizou-se 1,1 Kg de nitrato de cálcio e 1,74 Kg de nitrato de potássio.

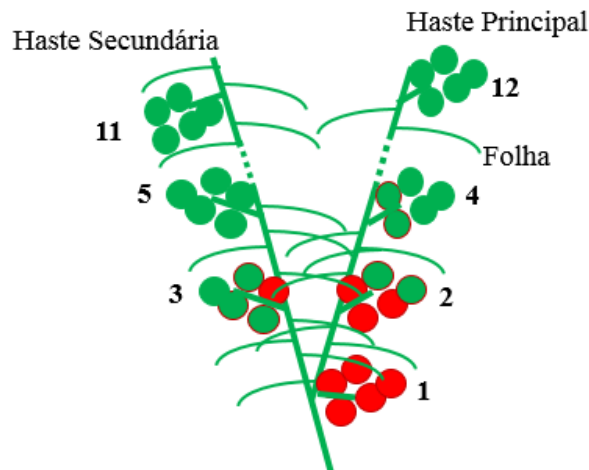
O controle fitossanitário foi realizado de maneira preventiva com aplicações de defensivos agrícolas (fungicidas, inseticidas e acaricidas) registrados para a cultura do tomateiro. Por sua vez, o controle de plantas daninhas entre os canteiros foi realizado por meio de capina mecânica sempre que necessária para evitar a competição de daninhas com as plantas.

O transplântio das mudas para a área experimental ocorreu no dia 16 de março de 2016, 30 dias após a semeadura, quando as mudas apresentavam 3 a 4 folhas definitivas.

As plantas foram conduzidas no sistema com uma planta por cova e foi realizada a retirada dos brotos axilares deixando apenas duas hastes por planta. Foram conduzidas até a 12º penca e, em seguida, foi realizado o desponete, prática comum na produção de tomate destinada ao consumo *in natura*. A poda consiste na eliminação do broto terminal das hastes do tomateiro, de maneira que seja interrompido o crescimento vertical da planta (ALVARENGA, 2013).

As pencas foram enumeradas de 1 a 12, sendo que a primeira e a segunda penca da haste principal receberam os números 1 e 2 e a primeira penca da haste secundária o número 3 e assim, seguindo em zigue-zague até a 12º penca, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Identificação da posição das pencas na planta do tomateiro.



As pencas foram identificadas e colhidas separadamente conforme o desenvolvimento da planta e o estágio de maturação dos frutos. Os dados estão expressos em valor médio da penca por parcela.

3.2 Caracteres Avaliados

Os frutos foram classificados pelo sistema usualmente adotado pela cadeia produtiva de tomate, a qual separa os frutos em três categorias AAA, AA e A, de acordo com o diâmetro transversal (Tabela 2). A classificação dos frutos foi feita com o auxílio de uma caixa de madeira dotada de duas peneiras que fazem a separação dos frutos, conforme ilustrado na Figura 2.

Tabela 2 - Classificação de frutos de tomate adotada para o grupo Salada Longa Vida.

Diâmetro transversal do fruto (mm)	Tipo
Maior que 85	AAA
Maior que 65 e até 85	AA
Menor que 65	A

Figura 2 - Caixa de madeira utilizada para a classificação de frutos de tomate do grupo Salada, com peneiras de 85 mm (A) e 65 mm (B).



Os seguintes caracteres foram avaliados durante o período de colheita do experimento:

- PCA: peso médio por planta de frutos comerciais A, em quilogramas.
- PCAA: peso médio por planta de frutos comerciais AA, em quilogramas.
- PCAA: peso médio por planta de frutos comerciais AAA, em quilogramas.
- PC23A: peso médio por planta de frutos comerciais AA e AAA, em quilogramas.
- PMF: constitui a relação entre o peso comercial dividido pelo número de frutos comerciais, expresso em gramas/fruto.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com 12 genótipos de crescimento indeterminado, quatro repetições em parcelas lineares de 10 plantas. O espaçamento foi de 1,5m entre linhas e 0,5m entre plantas. Dos 12 genótipos avaliados, nove são híbridos (214103, 214312, 214320, 413498, 413504, 413518, 413524, 413669 e 213071) e três híbridos comerciais (Paronset, Compack e Itaipava) do grupo salada, utilizado como testemunhas.

3.4 Experimentos 2 e 3

O experimento 2 foi conduzido no período de 23 de janeiro a 27 de junho de 2017 e o experimento 3, de 10 de março a 21 de agosto de 2017. Os tratos culturais foram os mesmos realizados no Experimento 1.

No período compreendido entre janeiro e agosto de 2017, as temperaturas médias mensais, máxima e mínima, e a precipitação no local onde o experimento foi conduzido estão apresentadas na Tabela 3. De acordo com os registros locais, o índice pluviométrico durante a condução do experimento 2 (Janeiro a Junho) foi de 744,56 mm e do experimento 3 (Março a Agosto), de 291mm.

Tabela 3 - Médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa, e valores de precipitação pluviométrica ocorridas no período experimental de janeiro/2017 a agosto/2017. Estação meteorológica da Estação Experimental da Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., Holambra, SP.

Mês	Temperatura (C°)		Umidade Relativa (%)		Precipitação (mm)
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
Janeiro	18,580	37,618	31,6	100,0	396,49
Fevereiro	18,889	38,143	34,8	99,5	87,67
Março	19,389	33,079	53,3	100,0	75,40
Abril	14,194	31,433	52,7	99,3	37,40
Mai	12,437	30,646	41,3	100,0	133,0
Junho	5,745	30,697	33,7	100,0	14,60
Julho	7,167	28,841	31,5	97,3	0,00
Agosto	8,717	33,105	29,5	100,0	30,40

Para o experimento 2 foram utilizados 13 genótipos (114572, 114594, 150029, 214452, 414929, 411451, TL130060, 412029, TL145408, Comodo, Dylla, Paronset e Compack) e para o experimento 3 foram utilizados 12 genótipos em comum, estando ausente o híbrido TL145408. Apenas os híbridos Paronset e Compack foram comuns nos três experimentos.

A metodologia de colheita penca a penca e os caracteres avaliados foram os mesmos utilizados no Experimento 1 (Tabela 2 e Figura 2).

3.5 Predição da Produtividade

A metodologia para predição de produtividade de híbridos de tomate consistiu no ajuste de modelos com base nos resultados do Experimento 1 (dados de treinamento), no qual os melhores modelos foram selecionados e testados com os dados dos Experimentos 2 e 3 (dados de teste).

Para cada uma das variáveis-resposta estudadas (PCA, PCAA, PCAA, PC23A e PMF), foram ajustados modelos de regressão linear múltipla para todas as combinações

possíveis, entre 1 a 11, das variáveis independentes, pencas colhidas. Isso resultou em 4094 modelos distintos para cada variável resposta (Equação 1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \quad (1)$$

em que Y é a variável dependente; X_1, X_2, \dots, X_k são as variáveis independentes; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ são os parâmetros da regressão; e representa o erro residual.

A seleção dos melhores modelos foi feita com base no método gráfico, em que se ponderou o ganho no coeficiente de determinação (R^2) em função do aumento do número de pencas que eram adicionadas ao modelo.

Os modelos selecionados foram, então, avaliados na base de dados de teste por meio dos parâmetros correlação, erro absoluto médio (Equação 2), e erro absoluto percentual médio (Equação 3).

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x'_i| \quad (2)$$

em que n é o número de parcelas, x_i é o dado real da i -ésima parcela e x'_i é o dado predito da i -ésima parcela.

em que n é o número de parcelas, E_i é o erro absoluto médio da i -ésima parcela e x_i é o dado real da i -ésima parcela.

$$E\% = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{x_i} * 100 \quad (3)$$

Para verificar a possível ocorrência de diferenças significativas entre os genótipos, as médias das variáveis PCAA, PCAA, PCA, PC23A e PMF foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, comparadas pelo teste de agrupamento Scott-Knott (5%). Após essa análise, o ranqueamento dos genótipos com os dados preditos foi comparado com o ranqueamento dos genótipos com os dados reais para se verificar a precisão dos dados estimados. Para realização das análises utilizou-se o software JMP®, Version 12. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007 e para o teste de agrupamento Scott-Knott utilizou-se o software R (R Core Team, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos gráficos de 1 a 5, estão apresentados os valores do coeficiente de determinação (R^2) em função do número de pencas que são adicionadas ao modelo para cada variável resposta (PAAAA, PCAA, PCA, PC23A, PMF). Observa-se nesses gráficos, aumento do R^2 na medida em que vão sendo adicionadas pencas aos modelos.

Gráfico 1 - Coeficiente de determinação (R^2) em função do número de pencas adicionadas ao modelo para a variável resposta peso por planta de frutos comerciais AAA (PAAAA) do Experimento1, Holambra, SP, 2016.

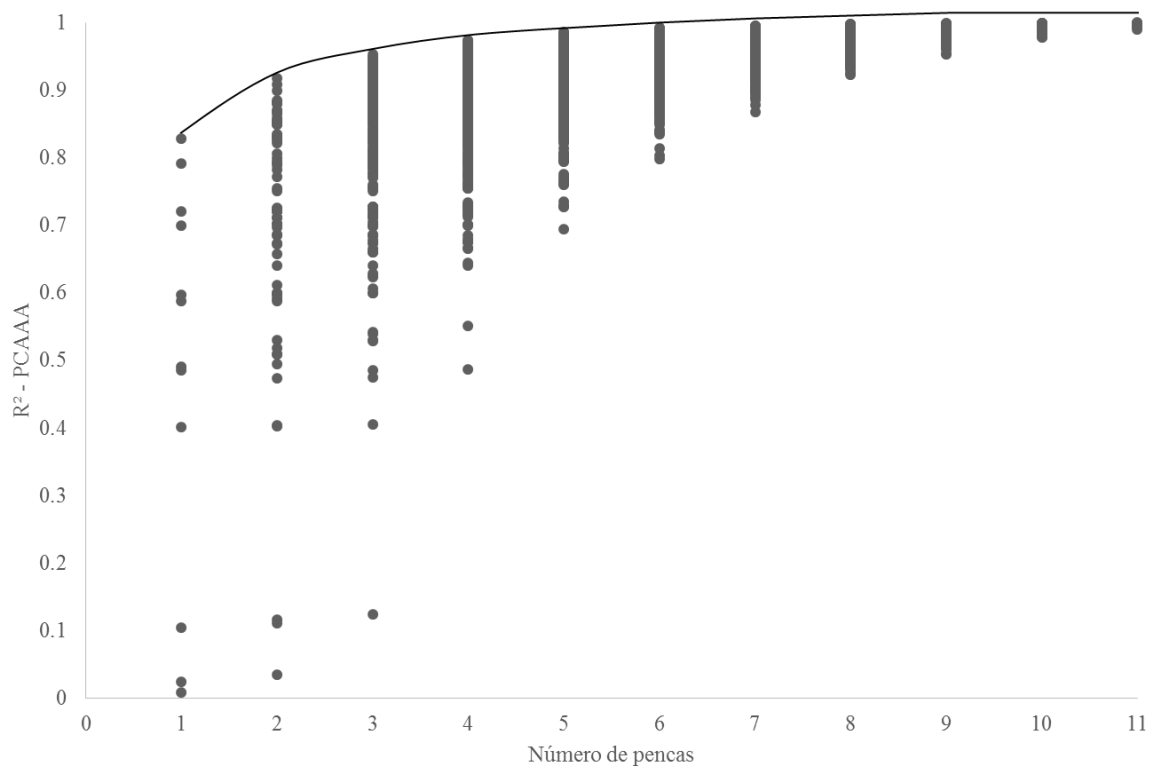


Gráfico 2 - Coeficiente de determinação (R^2) em função do número de pencas adicionadas ao modelo para a variável resposta peso por planta de frutos comerciais AA (PCAA) do Experimento1, Holambra, SP, 2016.

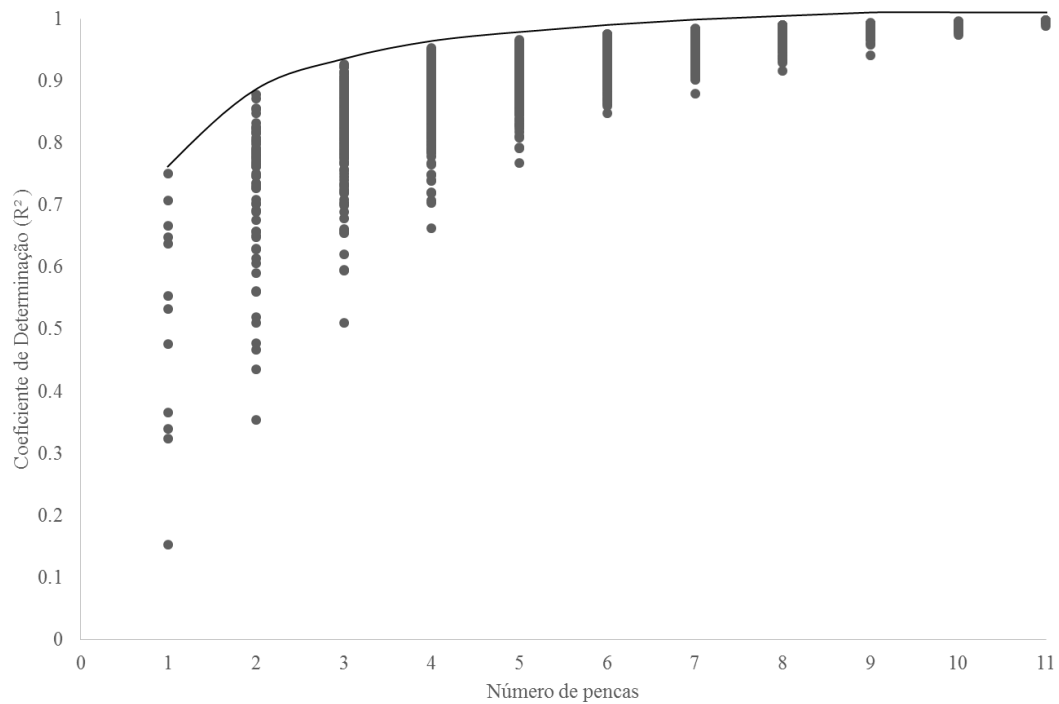


Gráfico 3 - Coeficiente de determinação (R^2) em função do número de pencas adicionadas ao modelo para a variável resposta peso por planta de frutos comerciais A (PCA) do Experimento1, Holambra, SP, 2016.

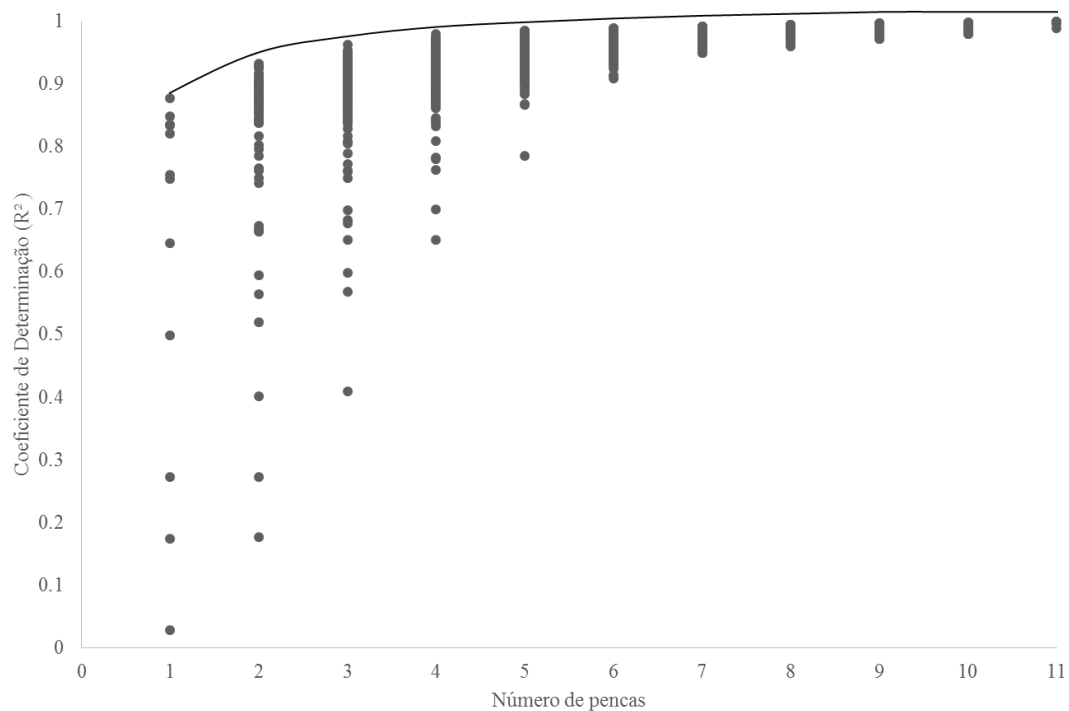


Gráfico 4 - Coeficiente de determinação (R^2) em função do número de pencas adicionadas ao modelo para a variável resposta peso por planta de frutos comerciais AA e AAA (PC23A) do Experimento1, Holambra, SP, 2016.

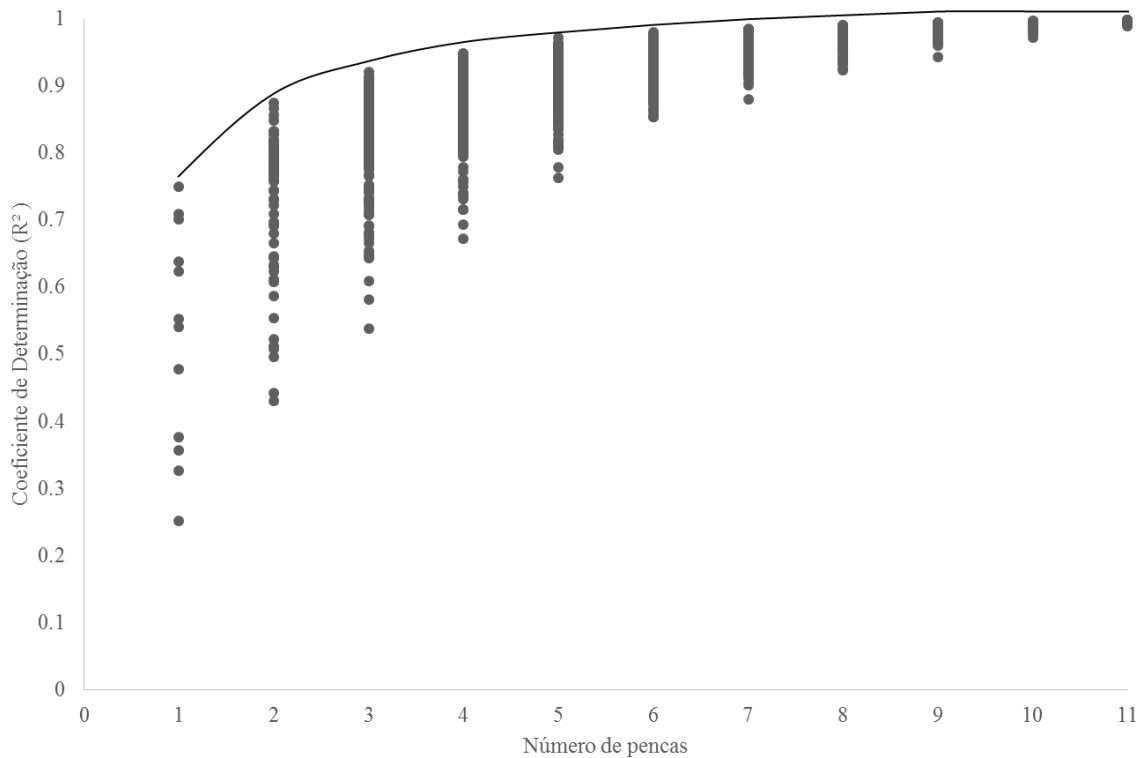
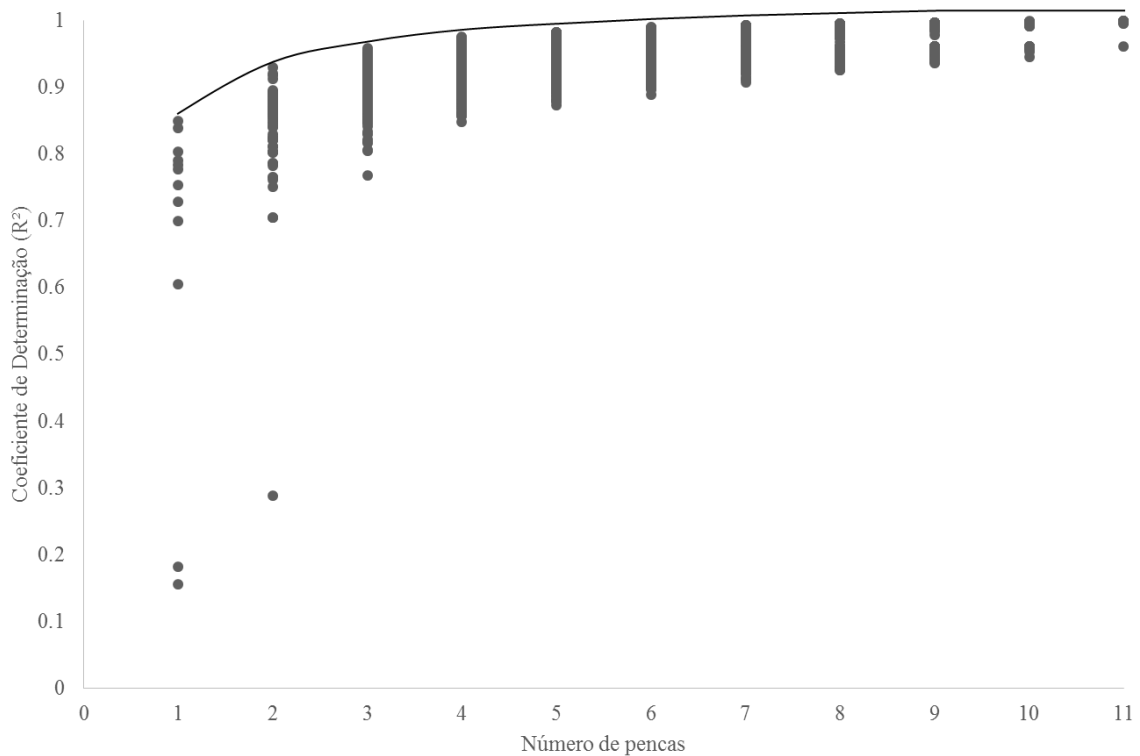


Gráfico 5 - Coeficiente de determinação (R^2) em função do número de pencas adicionadas ao modelo para a variável resposta peso médio de frutos comerciais (PMF) do Experimento1, Holambra, SP, 2016.



Os coeficientes de determinação (R^2) para os melhores modelos de pencas para as variáveis peso médio por planta de frutos comerciais AAA (P meta AAA), AA (P meta AA), A (P meta A), AA e AAA (P meta 23A) e peso médio de frutos comerciais (PMF) do Experimento 1 estão apresentados na Tabela 4.

Segundo os valores de R^2 , a variável PCA, frutos de menor calibre, é melhor estimada nas combinações de pencas localizadas na parte superior da planta, decrescendo os valores de R^2 a medida que nas combinações entram pencas localizadas em posições mais baixas. Enquanto que a variável P meta AAA, frutos de maior calibre, é melhor estimada com combinações de pencas da parte inferior da planta. Esses resultados estão de acordo com Streck, Buriol e Schneider (1996) que observaram em cultivos de estufa, que frutos localizados nas inflorescências superiores são pequenos e também com Kinet e Peet (1997), que relatam que o tamanho do fruto está estreitamente relacionado com vários parâmetros, entre eles a posição do fruto na penca e a posição da penca na planta.

Na condução de cultivares de crescimento indeterminado, quando se opta por conduzir as plantas com duas hastes, deve-se selecionar, como sendo a segunda haste, o primeiro broto imediatamente abaixo da primeira penca. Após a desbrota, novas inflorescências são emitidas a cada duas ou três folhas, dependendo da cultivar e do ambiente (SILVA et al., 2010). Observa-se no campo que o desenvolvimento da 1ª penca da haste secundária ocorre ligeiramente após o desenvolvimento da 2ª penca da haste principal (Figura 1), em consequência, o amadurecimento dos frutos e período de colheita dessas duas pencas acontecem quase que concomitantemente. Na escolha do modelo, essa característica é muito importante, pois possibilita reduzir o custo com viagens, considerado que em uma única visita seria possível coletar os dados das duas pencas.

Em ensaio de híbridos de tomate são necessárias, em média, nove visitas no período de plantio até a última colheita. O custo por viagem, incluindo combustível e alimentação de duas pessoas varia desde R\$ 120,00 até R\$ 1250,00 em lugares mais distantes, mais de 200km, onde são necessários gastos com estadia (Tabela 5).

Tabela 4 - Valores de coeficiente de determinação (R^2) para os melhores modelos de pencas para as variáveis peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A), peso médio por planta de frutos comerciais (PMF) do Experimento 1, Holambra, SP, 2016.

PCAAA		PCAA		PCA		P23A		PMF	
Pencas	R^2	Pencas	R^2	Pencas	R^2	Pencas	R^2	Pencas	R^2
3	0,828	8	0,751	6	0,877	8	0,749	8	0,849
4	0,791	7	0,707	8	0,848	5	0,708	6	0,838
2	0,720	5	0,667	7	0,835	7	0,700	9	0,803
3, 4	0,917	4, 8	0,878	6, 10	0,932	3, 8	0,875	5, 6	0,929
2, 3	0,908	3, 8	0,871	5, 8	0,928	4, 8	0,867	2, 8	0,921
3, 5	0,899	3, 9	0,857	6, 7	0,927	5, 8	0,855	5, 8	0,918
2, 3, 6	0,954	3, 4, 9	0,927	3, 6, 7	0,963	3, 4, 8	0,920	2, 4, 7	0,959
3, 4, 5	0,949	3, 4, 8	0,924	6, 7, 10	0,953	3, 6, 8	0,914	2, 5, 8	0,956
1, 3, 4	0,948	3, 6, 8	0,923	3, 6, 10	0,952	3, 4, 9	0,912	2, 4, 8	0,952
1, 3, 4, 6	0,975	3, 4, 8, 10	0,953	3, 6, 7, 10	0,980	1, 4, 7, 9	0,948	2, 3, 9, 11	0,975
2, 3, 5, 6	0,973	3, 4, 7, 9	0,951	3, 4, 6, 7	0,973	3, 4, 8, 10	0,947	2, 5, 8, 12	0,975
2, 4, 7, 9	0,971	3, 4, 6, 9	0,950	3, 6, 7, 11	0,972	3, 4, 7, 9	0,946	2, 4, 7, 8	0,973
2, 3, 6, 9	0,954	2, 3, 6, 9	0,937	2, 3, 6, 9	0,955	2, 3, 6, 9	0,935	2, 3, 6, 9	0,968
2, 4, 5, 7, 9	0,986	2, 3, 4, 8, 10	0,966	3, 4, 6, 7, 10	0,985	2, 3, 4, 8, 10	0,971	2, 3, 5, 8, 12	0,983
1, 3, 4, 5, 6	0,986	3, 4, 6, 8, 9	0,964	3, 6, 7, 10, 11	0,984	1, 4, 6, 9, 11	0,964	1, 2, 5, 8, 12	0,983
2, 3, 5, 6, 8	0,983	3, 4, 6, 8, 11	0,963	1, 3, 6, 7, 10	0,983	1, 4, 6, 7, 9	0,962	2, 4, 5, 7, 10	0,982

Tabela 5 - Custo médio por viagem considerando gastos com alimentação, combustível e estadia quando necessário de acordo com a distância média percorrida.

Distância Média (Km)	Custo Médio (R\$)
30-60	107,60
60-120	160,00
120-180	260,00
270	720,00
400	1250,00

Os frutos localizados na parte superior da planta, por estarem mais expostos, estão mais sujeitos a danos fisiológicos causados por chuva e sol, como a rachadura dos frutos e a escaldadura. Devido à menor qualidade dos frutos das pencas superiores, esses em época de alta oferta do produto no mercado, acabam nem sendo colhidos e o produtor retirado da lavoura, muitas das vezes, antes dos frutos atingirem o ponto de colheita.

Levando em consideração as peculiaridades das primeiras e últimas pencas, foi escolhido o modelo que obteve uma alta correlação positiva entre os dados preditos e os dados reais, mas que também fosse operacionalmente eficiente, como o modelo de quatro pencas 2, 3, 6 e 9 (Tabela 6).

Tabela 6 - Coeficientes das equações lineares ($Y = I + aP_2 + bP_3 + cP_6 + dP_9$), erro absoluto médio (E), erro absoluto percentual médio (E%) e correlação linear simples (r) dos valores preditos e valores reais, das variáveis peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A) e peso médio de frutos comerciais (PMF), dos experimentos 2 e 3, Holambra, SP, 2017.

Variável	Intercepto (I)	Penca 2 (P2)	Penca 3 (P3)	Penca 6 (P6)	Penca 9 (P9)	Experimento 2			Experimento 3		
						E	E%	r	E	E%	r
PCA	0,138645	2,66015	1,13667	3,76471	3,02536	0,132	27,57	0,93	0,136	18,92	0,86
PCAA	0,717601	1,20919	2,30123	2,65598	3,63563	0,363	5,62	0,95	0,383	5,80	0,97
PCAAA	0,063997	2,21234	1,98237	1,69232	0,66326	0,114	114,15	0,96	0,153	49,79	0,95
PC23A	0,499672	1,41741	2,50623	2,49976	3,57709	0,359	5,26	0,94	0,359	4,65	0,96
PMF	4,414325	0,08552	0,21356	0,30802	0,33404	6,114	3,49	0,90	6,237	3,62	0,95

Segundo Ramalho et al. (2012), entre as habilidades requeridas para um bom melhorista de plantas, está a capacidade de gerenciar bem os recursos disponíveis. Considerando um experimento, na faixa de 60-120 km de distância, onde seriam necessárias em média, sete visitas no período de colheita, o custo total em viagens seria de R\$ 1.120,00. Tendo a possibilidade de reduzir o número de viagens de colheita para três, uma visita para colher as pencas 2 e 3, mais duas visitas para colher as pencas 6 e 9, esse custo cairia para R\$ 360,00, ou seja, uma redução de 32%. Dessa forma, o modelo mostrou-se bem consistente com os objetivos do trabalho de pesquisa e desenvolvimento de híbridos.

Nas Tabelas 7 e 8, observa-se que a fonte de variação genótipos foi significativo, ao nível de 1% pelo teste F para os Experimentos 2 e 3, indicando que existe variabilidade entre os híbridos avaliados em cada experimento.

Outra medida de precisão de experimentos é o coeficiente de variação experimental (CV) (Tabelas 7 e 8), que se constitui numa estimativa do erro experimental em relação à média geral do ensaio. Cruz et al. (2012), após analisarem experimentos de tomate cultivado em ambiente protegido, propuseram uma classificação para a variável produção peso de frutos, sendo o CV considerado baixo, quando menor que 0,9%; médio, quando de 0,9-31,5%; alto, quando de 31,5-46,8% e muito alto, quando maior que 46,8%. Levando-se em consideração a classificação de Cruz et al. (2012), nos Experimentos 2 e 3, a variável peso médio de frutos (PMF) foi classificada como tendo CV médio (Tabelas 7 e 8), mais uma vez afirmando a qualidade experimental.

Tabela 7 - Quadrados médios (QM) da análise de variância para peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A), peso médio por planta de frutos comerciais (PMF) dos dados reais (DR) e preditos (DP) do Experimento2, Holambra, SP, 2017.

FV	GL	PCAAA		PCAA		PCA		PC23A		PMF	
		DR	DP	DR	DP	DR	DP	DR	DP	DR	DP
Genótipos	12	0,8101*	0,6726*	6,1916*	4,9888*	0,5044*	0,5253*	3,9551*	3,6795*	1417,49*	1457,15*
Blocos	3	0,0097	0,0275	0,7367	0,8711	0,0639	0,1426	0,9078	1,0207	290,1	260,94
Resíduo	36	0,0158	0,0343	0,5480	0,5225	0,1222	0,1289	0,5719	0,5789	86,91	282,71
Média		0,269	0,351	6,511	6,367	0,744	0,774	6,782	6,589	169,0	167, ^o
CV (%)		46,7	52,7	11,4	11,4	47,0	46,4	11,1	11,5	5,5	10, ^l

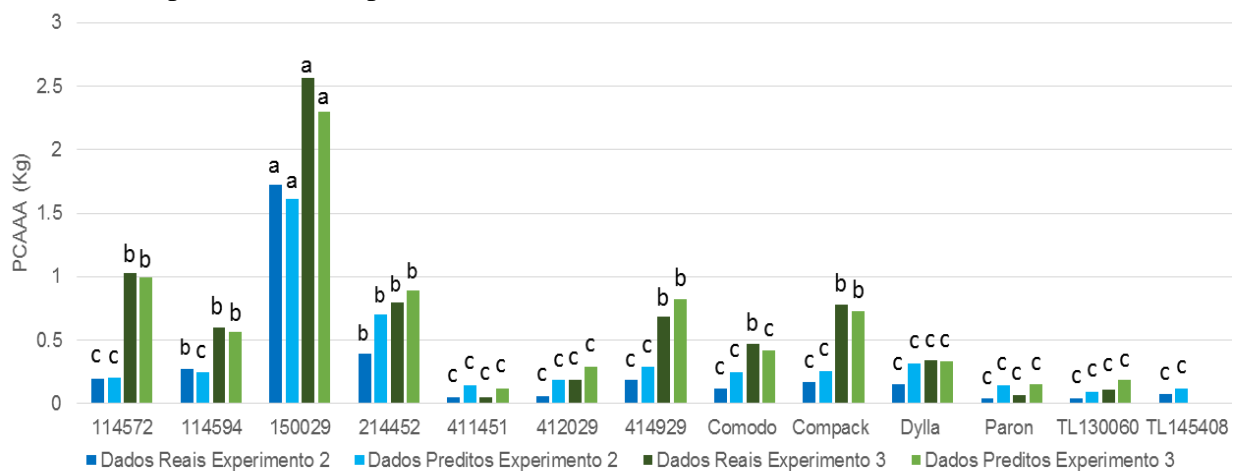
* Diferenças significativas a 1 % pelo teste F.

Tabela 8 - Quadrados médios (QM) da análise de variância para peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA), AA (PCAA), A (PCA), AA e AAA (PC23A), peso médio por planta de frutos comerciais (PMF) dos dados reais e preditos do Experimento 3, Holambra, SP, 2017.

FV	GL	PCAAA		PCAA		PCA		PC23A		PMF	
		DR	DP	DR	DP	DR	DP	DR	DP	DR	DP
Genótipos	11	1,8774*	1,4456*	9,7655*	8,0854*	0,3899*	0,2876*	4,1829*	4,0553*	2088,19*	1458,58*
Blocos	3	0,0415	0,1428	0,2364	0,3500	0,0252	0,0395	0,0871	0,0990	77,87	109,48
Resíduo	33	0,0642	0,1370	0,9195	0,8294	0,0214	0,0232	1,0924	0,9893	44,07	91,56
Média		0,642	0,652	7,167	7,030	0,841	0,870	7,809	7,607	167,0	162,0
CV (%)		39,4	56,8	13,4	13,0	17,4	17,5	13,4	13,1	4,0	5,9

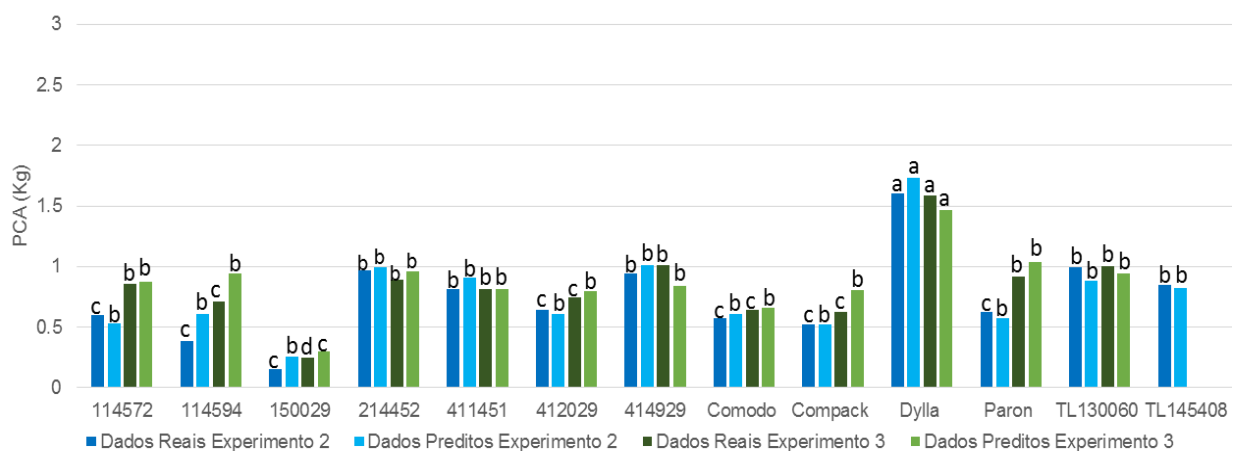
Comparando os dados reais dos híbridos e os dados preditos, para a variável PCAA, pode-se observar que o agrupamento, pelo teste de Scott-Knott, ficou praticamente igual, diferindo apenas para o híbrido 114594, no Experimento 2, e o híbrido Comodo, no Experimento 3 (Gráfico 6). Já para a variável PCA verificou-se que houve diferença entre os dados reais e preditos nos Experimentos 2 e 3 para os genótipos 114594, 150029, 412029, Comodo e Compack (Gráfico 7). No entanto, isto não afeta a tomada de decisão, pois o melhor híbrido de cada experimento permaneceu o mesmo.

Gráfico 6 - Peso médio por planta de frutos comerciais AAA (PCAAA) dos dados reais e preditos dos Experimentos 2 e 3, Holambra, SP, 2017.



Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

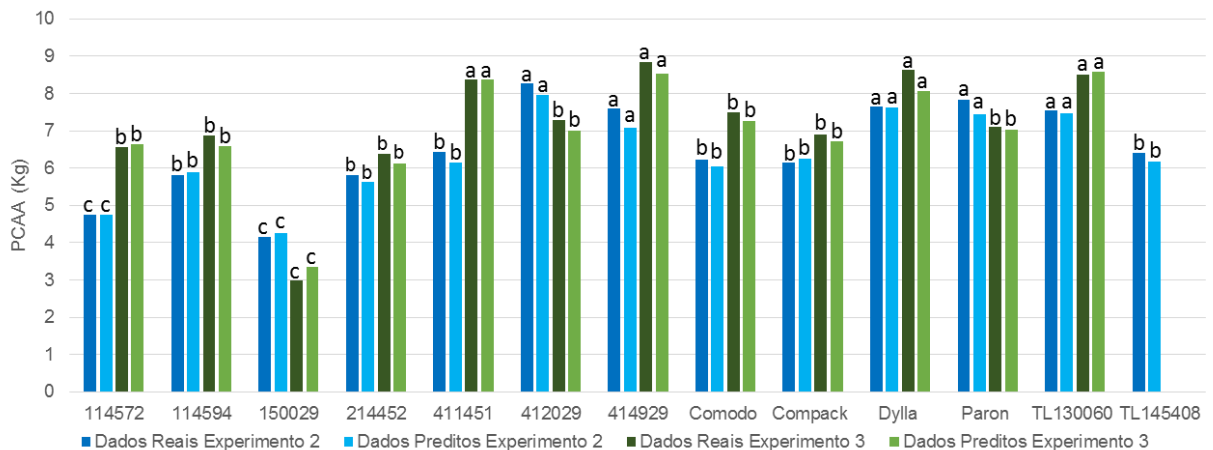
Gráfico 7 - Peso médio por planta de frutos comerciais A (PCA) dos dados reais e preditos dos Experimentos 2 e 3, Holambra, SP, 2017.



Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

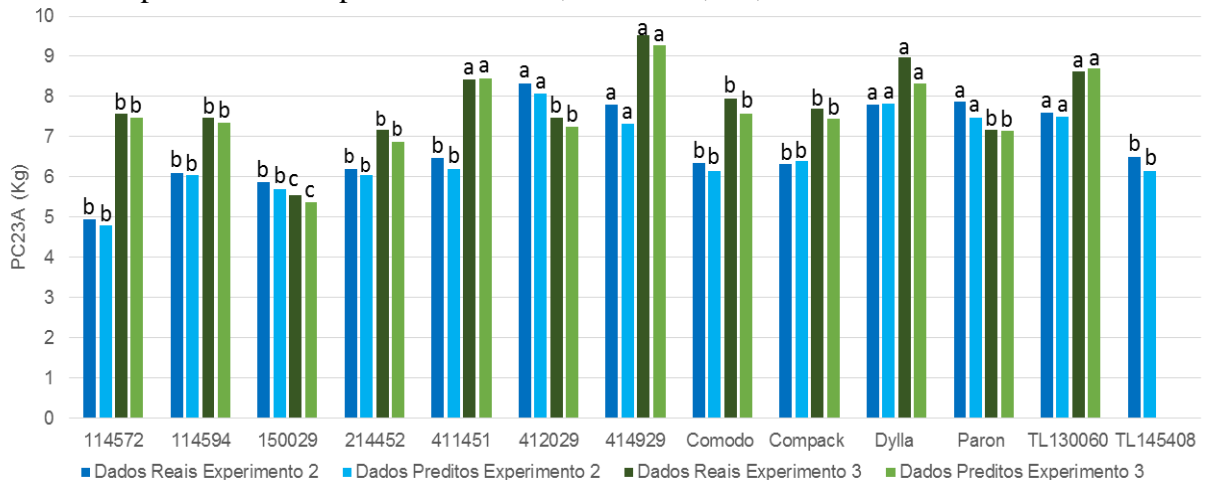
Para as variáveis PCAA e PC23A não houve diferença significativa entre o agrupamento dos dados reais e os dados preditos, uma vez que os grupos, pelo teste Scott-Knott, permaneceram inalterados (Gráficos 8 e 9). Esses resultados eram esperados, pois os erros associados à estimativa dos dados preditos (Tabela 6) foram baixos, em torno de 5%, e o coeficiente de correlação entre os dados preditos e dados reais foi maior que 0,94.

Gráfico 8 - Peso médio por planta de frutos comerciais AA (PCAA) dos dados reais e preditos dos Experimentos 2 e 3, Holambra, SP, 2017.



Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Gráfico 9 - Peso médio por planta de frutos comerciais AA e AAA (PC23A) dos dados reais e preditos dos Experimentos 2 e 3, Holambra, SP, 2017.

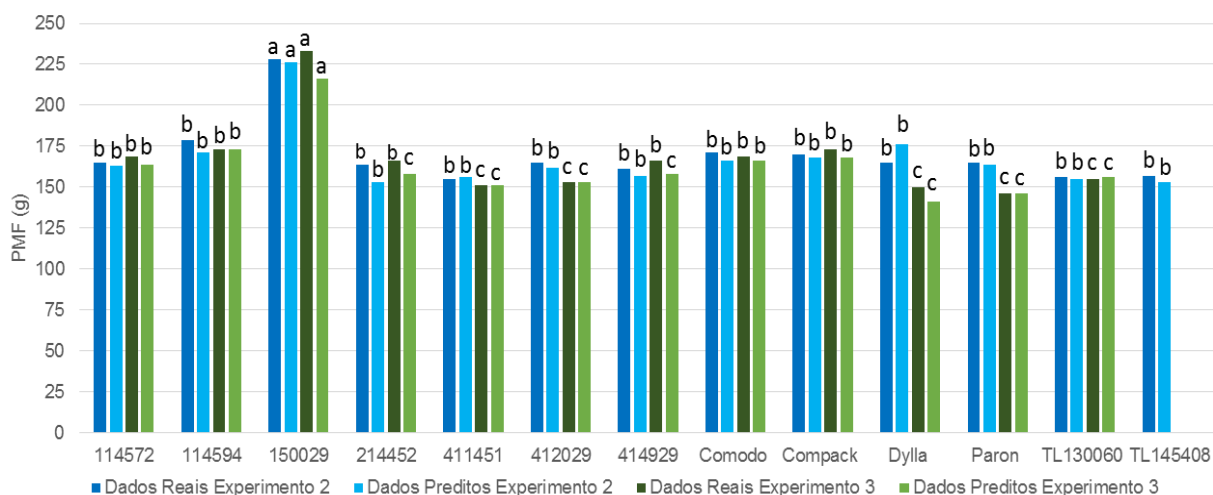


Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Segundo o Centro de Pesquisas Avançadas em Economia Aplicada – CEPEA (2017), os frutos classificados na categoria A, são comercializados em média com valor 50% inferior aos classificados como AA e o oposto ocorre com os frutos de tamanho superior ao AA, classificados como AAA, sendo que os frutos AAA em períodos de alta oferta e/ou baixa demanda podem apresentar preços superiores a 50% do AA. Considerando que em 2017 o custo de produção de um hectare de tomate de mesa foi em média 100 mil reais (CEPEA, 2017), nas principais regiões produtoras do país, os frutos de melhores tamanhos, classificados como AA e AAA assumem maior importância em relação aos classificados como A, para que o produtor obtenha o retorno de seu investimento na lavoura.

No Gráfico 10, são apresentados os agrupamentos dos híbridos para a variável PMF. No Experimento 2, não houve diferença no agrupamento entre os dados reais e os dados preditos. Já para o Experimento 3, observa-se que a estimativa dos híbrdos 214452 e 414929 ficaram subestimadas. Embora essa variável não tenha importância para o produtor, pois os frutos são comercializados por tamanho e não por seu peso médio, para a pesquisa, essa variável é relevante para a caracterização dos híbrdos, dado que o peso médio pode ser usado para inferir sobre o tamanho dos mesmos.

Gráfico 10 - Peso médio por planta de frutos comerciais (PMF) dos dados reais e preditos dos Experimentos 2 e 3, Holambra, SP, 2017.



Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Entre as variáveis estudadas, PCAAe PC23A apresentaram estimativas confiáveis, considerando os baixos erros absolutos percentuais entre dados reais e preditos (Tabela 6) e também por apresentarem similaridade no agrupamento pelo teste Scott–Knott (Gráficos 8 e 9). A variável PMF, apesar de não ter apresentado a mesma ordem no agrupamento pelo teste Scott-Knott, também se mostra viável para ser usada como fator de decisão na seleção de híbridos de tomate, pois os erros percentuais médios foram 3,49 e 3,62% nos Experimentos 2 e 3, respectivamente (Tabela 6).

5 CONCLUSÃO

O modelo utilizando quatro pencas, ou seja, pencas 2, 3, 6 e 9 é o melhor para estimar a produtividade de híbridos de tomate de mesa.

REFERÊNCIAS

- ACOCK, B.; ACOCK, M. Potential for using long-term field research data to develop and validate cropsimulators. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 1, p. 56-61, 1991.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2 ed. rev. e ampl. Lavras: Editora da UFA, 2013. 455 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMERCIO DE SEMENTES E MUDAS. 2017. Disponível em: <<http://www.abcsem.com.br/noticias/3339/publicacao-mapeamento-e-quantificacao-da-cadeia-produtiva-das-hortalicas>>. Acesso em: 6 fev. 2018.
- BAKEMA, A. H.; JANSEN, D. M. Using a simulation model to evaluate weather effects. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE MPACT OF WEATHER PARAMETERS ON GROWTH AND YIELD OF RICE, 1 st, 1986, Los Baños. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1986. p. 283-290.
- CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. Evolução das cadeias produtivas de tomate industrial e para mesa no Brasil, 1990-2016. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 47, n. 1, jan./mar. 2017.
- CARMONA, L. C. et al. Relação entre elementos meteorológicos e rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 289-294, 2002.
- CARVALHO, L. G. et al. Modelo de regressão para a previsão de produtividade de cafeeiros no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 204-211, 2004.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Especial Hortaliças: quanto custa produzir alface, cenoura e tomate no Brasil?. 2017. Disponível em: <<http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/quanto-custa-produzir-hortalicas-no-brasil.aspx>>. Acesso em: 27 dez. 2017.
- CRUZ, E. A. et al. Coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 220-233, 2012.
- DALCHIAVON, F. C. et al. Correlação linear entre componentes da produção e produtividade do arroz de terras altas em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1629-1642, 2012.
- DEIBLER, A. N. et al. Análise de parâmetros meteorológicos de ensaios de épocas de semeadura de arroz irrigado em Cachoeirinha, RS. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 12, n. 2, p. 106-112, 2007.
- 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, 2000.

DE VILLIERS, M. **Predicting tomato crop yield from weather data using statistical learning techniques**. 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10019.1/101084>> Acesso em: 20 jan. 2018.

DOURADO NETO, T. D. et al. Principles of crop modeling and simulation: uses of mathematical models in agricultural science. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, p. 46-50, ago. 1998.

FILGUEIRA, F. A. R. Tomate: a hortaliça cosmopolita. In: _____. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2013. p. 189-234. (Solanáceas II).

HEUVELINK, E. (Ed.). **Tomatoes**. Cambridge: CABI, 2005. v. 13.

HUSSAIN, S. A. I.; HATIBARUAH, D. Modeling for prediction of tomato yield and its deviation using Artificial Neural Network. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, Thennur, v. 29, n. 2, p. 102-108, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **LSPA–Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - 2016**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default_publ_completa.shtm>. Acesso em: 6 fev. 2018.

KINET, J.; PEET, M. Tomato. In: WIEN, H. C. (Ed.). **The physiology of vegetable crops**. Wallingford: Cabi, 1997. p. 207-258.

MAKISHIMA, N. O popular tomate. In: PROGRAMA BRASILEIRO PARA MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação do tomate**. São Paulo: CEAGESP, 2003. (Documentos, 26).

MARINKOVIC, B. et al. “Data mining approach for predictive modeling of agricultural yield data”. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SENSING TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE, FORESTRY AND ENVIRONMENT, 1 st. 2009, Novi Sad. **Proceedings...** Novi Sad, October 2009. p. 1-5.

MELO, P. C. T.; MELO, A. M. T. Hiroshi Nagai (1935–2003): sua vida e contribuições à olericultura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 734, 2003.

MOTA, F. S. Influência da radiação solar e do “frio” no período reprodutivo sobre o rendimento do arroz irrigado em Pelotas e Capão do Leão. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 413, p. 22-23, 1994.

PADOVANI, M. I. **Tomate: o “fruto do amor” que conquistou o mundo**. 2. ed. São Paulo, Ícone, 1989.

PEDRO JÚNIOR, M. J. et al. Estimativa da produtividade de arroz irrigado por inundação em função da temperatura do ar e da radiação solar na região de Pindamonhangaba – SP. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 96-100, 1995.

QADDOUM, K.; HINES, E. L. Reliable yield prediction with regression neural networks. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIGNAL PROCESSING, COMPUTACIONAL GEOMETRY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 12., 2012, Instanbul **Proceedings...** Instanbul: WSEAS, 2012. p. 1.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora UFLA, 2012. 522 p.

REETZ, E. R. et al. **Anuário brasileiro de hortaliças - 2014**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2014. 88 p.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANCHEZ, A. G.; SOLIS, J. F.; BUSTAMANTE, W. O. Attribute selection impact on linear and nonlinear regression models for crop yield prediction. **The Scientific World Journal**, London, p. 1-10, 2014. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/509429/>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

JMP®, Version 12. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007

SHASTRY, A.; SANJAY, H. A.; BHANUSREE, E. Prediction of crop yield using regression techniques. **International Journal of Soft Computing**, Dubai, v. 12, n. 2, p. 96-102, 2017.

SILVA, A. A et al. **Tomate**. Vitória: Incaper, 2010. 430 p.

STEINMETZ, S.; DEIBLER, A. N.; SILVA, J. B. Estimativa da produtividade de arroz irrigado em função da radiação solar global e da temperatura mínima do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 2, p. 206-211, 2013.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Efeito da densidade de plantas sobre a produtividade do tomateiro cultivado em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 105-112, 1996.

TREICHEL, M. et al. **Anuário brasileiro do tomate 2016**. Santa Cruz do Sul : Gazeta, 2016. 84 p. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/flip/anuario-tomate-2016/files/assets/basic-html/index.html#21>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

WATSON, B. **Taylor's guide to heirloom vegetables**. New York: H. Mifflin, 1996.

ZAEFIZADEH, M; KHAYATNEZHAD, M; GHOLAMIN, R. Comparison of Multiple Linear Regressions (MLR) and Artificial Neural Network (ANN) in Predicting the Yield Using its Components in the Hulless Barley. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.**, v. 10, n. 1, p. 60-64, 2011.