QUANTIDADE DE FRUTOS PARA DETERMINAR O TAMANHO DE AMOSTRA DE CARACTERÍSTICAS DE TANGERINA PELO MÉTODO DE BOOTSTRAP.

Rogério Carvalho Guarçoni[1], Silvana Soares da Silva[2], Rafael Nobre Galvão[2], Letícia Caliman Baptisti[2], Mariana Grigório da Rocha[2], Ana Karoline Soave Bergamin[2], Maria Eduarda de Souza Roncete[2], Larissa Moreira Batista[2], Fabiana Carvalho Rodrigues[2], Wilton Soares Cardoso[2], Sebastião Antônio Gomes[1], Lucas Louzada Pereira[2].

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). Centro Regional de Desenvolvimento Rural – Centro Serrano, Rodovia BR 262, Km 94, CEP 29.278.000, Domingos Martins-ES, rogerio.guarconi@incaper.es.gov.br, sagomes@incaper.es.gov.br.
[2]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Campus Venda Nova do Imigrante, Departamento de Engenharia de Produção, Rua Elizabete Perim, s/n - São Rafael, Venda Nova do Imigrante - ES, 29375-000, silvanasilvasierry@gmail.com, rafaelnobregalvao@hotmail.com, lele.caliba@gmail.com, marygrirocha@gmail.com, karolbergamim@gmail.com, dudaroncete99@gmail.com, larymoreira23@gmail.com, fabiana.rodrigues@ifes.edu.br, wilton.cardoso@ifes.edu.br, lucas.pereira@ifes.edu.br.

Resumo – Em ensaios agrícolas, os pesquisadores devem definir o número mínimo de dados visando aumentar a precisão através das informações obtidas, além de melhorar a relação custo/benefício dos experimentos, gerando novas tecnologias com menores custos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi determinar a quantidade mínima de frutos necessária para dimensionar o tamanho de amostra e determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação em percentagem de 1 a 10%, para avaliar características de Tangerina Ponkan. O trabalho foi conduzido no IFES de Venda Nova do Imigrante, onde foram mensuradas, após a colheita, as características massa de suco, massa, diâmetro e altura de frutos de 120 frutos de tangerina Ponkan. Para determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação em percentagem, para as características estudadas, são necessários pelo menos 105 frutos. Os tamanhos de amostras para avaliar as características massa de suco, altura de fruto, massa de fruto e diâmetro de fruto variaram, respectivamente, de 1331, 474, 461 e 158 frutos para o erro de estimação em percentagem de 1% até 14, 5, 2 e 5 frutos para o erro de 10%.

Palavras-chave: Simulação, Tangerina Ponkan, Erro de estimação, Dimensionamento amostral.
Área do Conhecimento: Agronomia

Em pesquisas agrícolas, o dimensionamento da amostra necessário para a estimação da média de determinada variável em função do erro, deve-se considerar a precisão experimental baseadas nas limitações de recursos financeiros, de mão-de-obra e de tempo. Os pesquisadores devem definir o número mínimo de dados visando aumentar a precisão através das informações obtidas, além de melhorar a relação custo/benefício dos experimentos, gerando novas tecnologias com menores custos. Nos testes utilizados para a determinação do número de dados consideram que o aumento deste diminui o erro até determinado ponto e, a partir do qual, os ganhos com precisão não se alteram.

Vários estudos com várias metodologias são encontrados nas literaturas, são utilizados para a determinação do tamanho mínimo de dados de maneira a deixar o método empírico de lado. Dentre os métodos, o do modelo da regressão linear com resposta a platô foi utilizado por vários autores como Leonardo el al. (2014) que estudaram o tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro Vitória e Paranaiba et al. (2009) que determinaram do tamanho ótimo de parcelas experimentais em ensaio de uniformidade com arroz. A qualidade das análises dos dados experimentais dependem do tamanho adequado da amostra e segundo Fonseca e Martins (2010), o tamanho da amostra é diretamente proporcional à confiabilidade desejada da estimativa e da variabilidade dos dados e inversamente proporcional ao erro amostral.

Vários autores já realizaram ensaios para determinar do tamanho de amostra em função do erro amostral em várias culturas, como Toebe et al. (2014) que utilizaram uma amostra com 120 frutos e observaram que foram necessários menos frutos para a mensuração de características de maçã Royal

Gala do que maça Fuji na colheita, para todos os erros de estimação da média; Guarçoni et al. (2016) que dimensionaram o tamanho de amostras em função do erro de estimação para as características acidez tituláve, pH e umidade de goiaba utilizando 125 frutos; Galvão et al. (2017) que utilizaram 120 frutos para avaliar características de lima ácida de tahiti em função do erro e Toebe et al. (2012) estimaram o tamanho da amostra necessária para avaliar características de frutos de pêssego cultivar 'Eldorado', utilizando 120 frutos para estimar médias de várias características, através de estudos de simulação utilizando o método bootstrap.

Para estudar a precisão experimental de ensaios agrícolas é de suma importância o desenvolvimento de pesquisas estimam o número de dados necessários para o dimensionamento dos tamanhos de amostras em função da confiabilidade desejada, da variabilidade dos dados e dos erros de estimação.

O objetivo deste estudo foi determinar a quantidade mínima de frutos necessária para dimensionar o tamanho de amostra e determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação em percentagem de 1 a 10%, para avaliar características de Tangerina Ponkan.

Metodologia

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análises de Alimentos do IFES, Campus de Venda Nova do Imigrante. Uma amostra com 120 frutos de tangerina Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) foi colhida ao acaso de um pomar comercial situado no município de Conceição de Castelo, nos quatro quadrantes, na porção mediana externa das plantas. Em cada fruto foram mensuradas, após a colheita, as características massa de suco, massa, diâmetro e altura de frutos.

O diâmetro e a altura foram mensurados utilizando um paquímetro digital em mm, as massas de suco e de fruto foram determinadas numa balança digital, com seus valores expressos em gramas.

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Lilliefors. Para todas as características foram calculados os valores mínimos, máximos e médios, a variância e o coeficiente de variação.

A quantidade de frutos (X) e seus respectivos coeficientes de variação CV(X), foram agrupados utilizando o método de bootstrap onde foram realizadas 1000 simulações de amostras com 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 frutos (Leonardo et al., 2014).

Os pares [X, CV(X)] obtidos foram utilizados para estimar os parâmetros do modelo de regressão linear com resposta a platô, sendo que o número mínimo necessário para determinar o tamanho da amostra ocorre quando o modelo linear se transforma em um platô, conforme equação a seguir.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon_i \quad se\ X_i \leq X_0$$
$$Y_i = P + \varepsilon_i \quad se\ X_i > X_0$$

Sendo que Y_i é a variável resposta, β_0 é o coeficiente linear do modelo linear do segmento anterior ao platô, β_1 o coeficiente angular deste mesmo segmento, ε_i o erro associado a i-ésima observação e P é o platô e é o ponto de ligação dos dois segmentos.

O dimensionamento de cada amostra (n) foi obtido a partir da quantidade mínima de frutos necessária para determinar o tamanho da amostra, sendo n determinado baseado no valor de $t_{\alpha/2}$ que é o valor crítico da distribuição t de Student com n-1 graus de liberdade e em α igual a 5% de probabilidade, s^2 a estimativa da variância e E o erro de estimação (KRAUSE et al., 2013; CARGNELUTTI FILHO et al., 2014; TOEBE et al., 2014).

Utilizando os erros de estimação em percentagem (E%) da estimativa da média (m) iguais 1, 2, ..., 10%, o tamanho de cada amostra (n) foi calculado por meio da expressão abaixo (KRAUSE et al., 2013; TOEBE et al., 2011; GUARÇONI et al., 2016).

$$n = \left(100 . \frac{t_{\alpha/2} \cdot s}{E\% . m} \right)^2$$

Para a realização das simulações do método de bootstrap, foi utilizado o software livre R (R Core Team, 2015) e para a obtenção dos modelos de regressão linear com resposta a platô, foi utilizado o programa SAEG (Ribeiro Júnior e Melo, 2008) para determinar o número de frutos necessários para a

determinação do tamanho da amostra, sendo os modelos testados pelo teste de F e os parâmetro pelo teste de t.

Resultados

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos das 1000 simulações amostrais utilizando o método bootstrap, com 40, 50,...,120 frutos e seus respectivos coeficientes de variação, para as características massa de suco, massa, diâmetro e altura de fruto.

Tabela 1 - Agrupamento das diferentes quantidades de frutos e seus respectivos coeficientes de variação das características massa de suco, massa, altura e diâmetro de fruto.

Quantidade de Frutos	Coeficiente de variação – CV (%)			
	Massa de Suco (g)	Massa de Fruto (g)	Diâmetro de Fruto (mm)	Altura de Fruto (mm)
40	2,799855	1,649549	0,9560439	1,772841
50	2,636546	1,540096	0,9137961	1,603515
60	2,458281	1,413484	0,7829888	1,456926
70	2,169842	1,284574	0,7195342	1,355049
80	2,079681	1,188788	0,6756225	1,304884
90	1,977846	1,118628	0,6389819	1,196650
100	1,827473	1,047100	0,6113156	1,148437
110	1,766386	1,030970	0,5798951	1,069825
120	1,683368	0,993294	0,5557566	1,049853

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos obtidos das 1000 simulações amostrais, dos resultados obtidos na tabela 1, utilizando o método de bootstrap, com 40, 50,...,120 frutos e seus respectivos coeficientes de variação, para as características massa de suco, massa, altura e diâmetro de fruto. Na Tabela 2 estão apresentados os modelos de regressão, quantidade mínima de frutos determinar o tamanho de amostra em função do erro de estimação e o R^2. As quantidades de frutos necessários para determinar os tamanhos das amostras para as características massa de suco, massa, altura e diâmetro de fruto foram, respectivamente, 104, 97, 95 e 105 (Figura 1).

Tabela 2 - Modelos de regressão, quantidade mínima de frutos determinar o tamanho de amostra em função do erro de estimação e o R^2.

Característica	Modelo	Quantidade de frutos	R^2
Massa de Suco (g)	Y=3,4317-0,01647**X	104	R^2=0,9775**
Massa de Fruto (g)	Y=2,0785-0,01096**X	97	R^2=0,9914**
Diâmetro de Fruto (mm)	Y=1,22005-0,00675**X	95	R^2=0,9574**
Altura de Fruto (mm)	Y=2,1152-0,01013**X	105	R^2=0,9621**

* = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, pelos testes F e t; ns = não significativo.

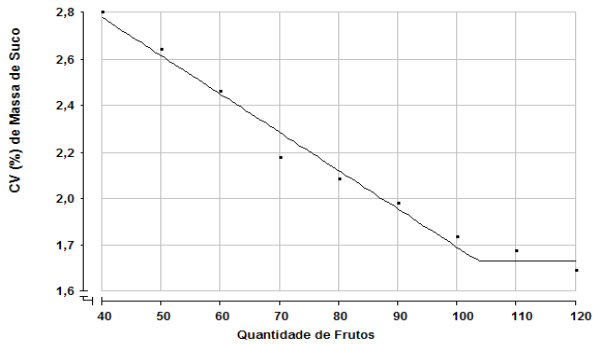
Os valores mínimos, máximos e médios, as variâncias e os coeficientes de variação das quatro características, obtidos de 105 frutos em função o erro de estimação, estão apresentadas na Tabela 3. Os dados das quatro características se ajustaram à distribuição normal, pelo teste de Lilliefors. Pode-se inferir que os dados são adequados para o dimensionamento do tamanho amostral pela distribuição t de Student.

Nos resultados da Tabela 4 estão apresentados os tamanhos de amostras das quatro características, utilizando α igual a 5% e número de frutos igual a 105, devido ao maior valor encontrado nas simulações, em função do erro de estimação de 1 a 10% (Figura 1).

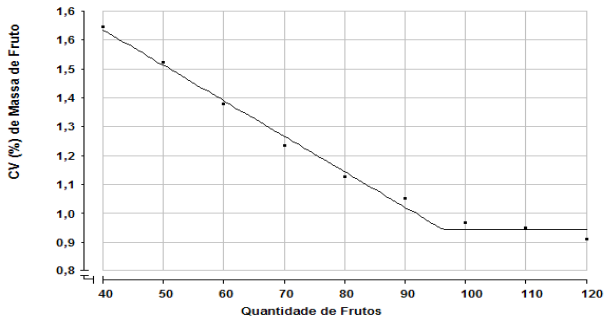
Verificou-se que os tamanhos das amostras para as características massa de suco, massa de fruto, diâmetro de fruto e altura de fruto, variaram, respectivamente, de 1331, 474, 461 e 158 frutos para o erro de estimação em percentagem de 1% até 14, 5, 2 e 5 frutos para o erro de 10. Estes resultados estão de acordo com os coeficientes de variação apresentados na Tabela 3, que foram para as mesmas características, respectivamente, 18,38; 10,96; 10,81 e 6,32%.

Figura 1 – Coeficiente de variação e quantidade de frutos pelo método da regressão linear com resposta a platô para as características massa de suco (A), massa (B), diâmetro de fruto (C) e altura (D).

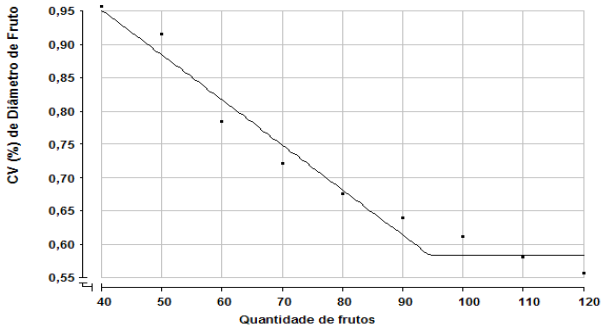
A



B



C



D

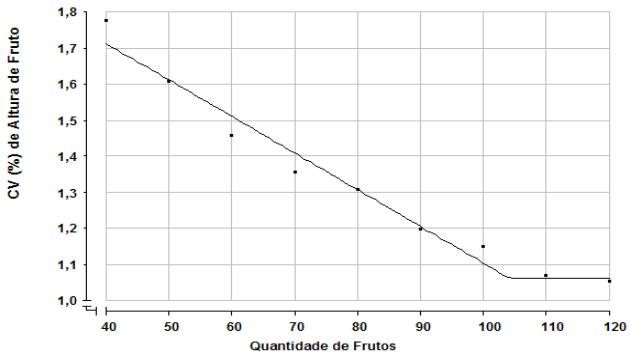


Tabela 3 – Valores mínimos, máximos, médios, variância e coeficiente de variação de 105 frutos para as quatro características físicas de Tangerina Ponkan na colheita.

Característica	Valor mínimo	Valor máximo	Média	Variância	CV (%)
Massa de Suco (g)	53,01	145,50	81,08	221,96	18,38
Massa de Fruto (g)	171,50	289,50	230,03	618,20	10,81
Diâmetro de Fruto (mm)	73,83	100,59	85,92	29,49	6,32
Altura de Fruto (mm)	54,11	99,52	70,86	60,30	10,96

Tabela 4 – Tamanho de amostra para a estimação da média de 4 características de goiaba mensuradas na colheita, para erros de estimação iguais a 1, 2, ..., 10% da estimativa da média, obtidos de 105 frutos avaliados.

Característica	Erro de estimação (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Massa de Suco (g)	1331	333	148	84	54	37	28	21	17	14
Massa de Fruto (g)	461	116	52	29	19	13	10	8	6	5
Diâmetro de Fruto (mm)	158	40	18	10	7	5	4	3	2	2
Altura de Fruto (mm)	474	119	53	30	19	14	10	8	6	5

Discussão

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, fica evidente que o coeficiente de variação em função do número de frutos decresce até um certo ponto para todas as características e, a partir daí o aumento da quantidade de frutos para determinar o tamanho de amostras para as características, não colabora para aumentar a precisão.

A Figura 1 mostra que o número de mínimo de frutos necessários para determinar o tamanho da amostra em função do erro de estimação encontrado nessa pesquisa, foi inferior aos utilizados por Guarçoni et al. (2016) utilizaram 125 frutos para o dimensionamento do número de frutos de goiaba em função do erro de estimação, para as características acidez titulável, pH e umidade, Toebe et al. (2012) que utilizaram 120 frutos para determinar o tamanho da amostra necessária para avaliar características de frutos de pêssego cultivar 'Eldorado', Toebe et al. (2014) que estimaram as médias de características das variedades de maçã Royal Gala e Fuji, utilizando 120 frutos e Galvão, et al. (2017) que determinaram o tamanho da amostra em função do erro estudando 120 frutos.

Essa variabilidade do tamanho da amostra entre as características, observadas nesse estudo, já foi verificada em outros trabalhos para outras culturas como Toebe et al. (2012) observaram tamanho de amostra na colheita variando 2 frutos para a característica luminosidade até 79 frutos para firmeza da polpa do pessegueiro, para um erro de estimação igual a 5%; Krause et al. (2013) que observaram para o erro de estimação de 4%, que devem ser amostrados em média 83, 35 e 10 frutos, respectivamente, para avaliação da massa, do comprimento e do diâmetro de frutos do abacaxizeiro da cultivar Pérola, em experimentos com adubação. Essa variabilidade também foi observada por outros autores como Toebe et al. (2014) com maçã, Cargnelutti et al. (2010) com híbridos de mamoneira e Cargnelutti et al. (2014) que trabalhou com mudas de nogueira-pecã.

Conclusão

Para determinar os tamanhos de amostras em função dos erros de estimação em percentagem, para as características estudadas, são necessários pelo menos 105 frutos.

Os tamanhos de amostras para avaliar as características massa de suco, altura de fruto, massa de fruto e diâmetro de fruto variaram, respectivamente, de 1331, 474, 461 e 158 frutos para o erro de estimação em percentagem de 1% até 14, 5, 2 e 5 frutos para o erro de 10%. A característica massa de suco foi a que exigiu o maior tamanho de amostra, seguida em ordem decrescente pelas características altura, massa e diâmetro de fruto, para todos os erros de estimação em percentagem.

Agradecimento: Órgão Financiador FAPES - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo.

Referências

CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S.J.; BRUM, B.; SILVEIRA, T.R.; TOEBE, M. STORCK, L. Tamanho de amostra de caracteres em híbrido de mamoneira. **Ciência Rural**. V.40, n.2, p.280-287, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; POLETTO, T.; MUNIZ, M.F.B.; BAGGIOTTO, C.; POLETTO, I.; FRONZA, D. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de mudas de nogueira-pecã. **Ciência Rural**. V.44, n.12, p.2151-2156, 2014.

FONSECA, J.S., MARTINS, G.A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 331p.

GALVÃO, R.N.; SILVA, S.S.; LIMA, C.S.; COSTA, E.F.; BOTTACIN, C.D.; PIZZOL, J.S.T.; PETERLI, F.A.A.O.; MARTINUZZO, I.D.; RODRIGUES, F.C.; FAVARATO, L.F.; PEREIRA, L.L.; GUARÇONI, R.C. Dimensionamento de amostra para avaliar características de lima ácida "tahiti". In: 12 SLACA – Latin American Symposium of Food Science, 2017, Campinas. Anais... Campinas: UNICAMP, 2017. (Aceito para publicação nos Anais do 12 SLACA – Latin American Symposium of Food Science, 2017)

GUARÇONI, R.G.; PEREIRA, L.L.; CAETANO, L.C.S, FAVARATO, L.F.; CARDOSO, W.S.; SOUZA, J.L.; PEISINO, F.M. Tamanho de amostra para a estimação de características físico-químicas de goiaba. In: XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência, 2016, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2016, 5p.

KRAUSE, W.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D; NIED, A.H.; GONÇALVES, R.Q. Tamanho de amostra para avaliação de caracteres de frutos de abacaxizeiro em experimentos com adubação usando parcelas grandes. **Revista Brasileira de Fruticultura**. V.35, n.1, p.183-190. 2013.

LEONARDO, F.A.P.; Pereira, W.E.; Silva, S.M.; Araújo, R.C. Tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro 'Vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**. V. 36, n. 4, p.909-916, 2015.

PARANAIBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**. V.27, n.2, p.255-268, 2009.

R CORE TEAM. A Language and Environment for Statistical Computing. Viena, Austria. Disponível em: https://www.R-project.org, 2015.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A.L.P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa: Folha, 2008. 288 p.

TOEBE, M.; BOTH, V.; BRACKMANN, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; THEWES, F.R. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de pêssego na colheita e após o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**. V.42, n.2, p.209-2012, 2012.

TOEBE, M.; BOTH, V.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BRACKMANN, A.; STORCK, L. Dimensionamento amostral para avaliar firmeza de polpa e cor da epiderme em pêssego e maçã. **Revista Ciência Agronômica**. V.42, n.4, p.1026-35, 2011.

TOEBE, M.; BOTH, V.; THEWES, F.R. CARGNELUTTI FILHO, A.; BRACKMANN, A.; Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de maçã. **Ciência Rural**. V.44, n.5, p.759-767, 2014.