

VALIDAÇÃO TÉCNICA DA AMOSTRAGEM VISUAL DA PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO

Lucas Caixeta Vieira⁽¹⁾, Rouverson Pereira da Silva⁽²⁾, Leonardo Campos de Assis⁽³⁾, Felipe Santinato⁽⁴⁾, Carlos Diego da Silva⁽⁵⁾

RESUMO: A amostragem da produtividade do café é feita de forma visual, por meio do caminhamento em zigue-zague, representando áreas de até 20 ha. Como a variabilidade espacial da produtividade é elevada, muitas vezes este tipo de amostragem não representa a realidade, devendo haver maior número de pontos amostrados. Para uma análise com base nos preceitos da Agricultura de Precisão, faz-se necessário maior número de amostragens, sempre nos mesmos pontos, em grades definidos. O presente trabalho foi realizado no município de Presidente Olegário, utilizando lavoura de 49 ha, da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, espaçada em 4,0 x 0,5, com 18 anos de idade, irrigada por pivô central. Utilizou-se o gride de 0,25 ha, totalizando 178 pontos amostrais. Em cada ponto procedeu-se a avaliação da produtividade de forma visual e real, por meio da derriça dos cafeeiros. De posse dos dados fez-se a análise da correlação dos valores pelo método de Pearson, análise descritiva e produziu-se cartas de controle e análises de distribuição de dados. Obteve-se elevada correlação entre as amostragens, validando a técnica da amostragem visual da produtividade utilizando-se a metodologia de Agricultura de Precisão.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, correlação, colheita do café

INTRODUÇÃO

A avaliação da produtividade do cafeeiro tem diversas funções no manejo da cultura, podendo ocorrer erros durante esta avaliação. Estes erros podem ocasionar sub ou superestimação das doses de insumos, erros na adoção do sistema de colheita, podendo refletir em eficiências de colheita baixas, aumentando a necessidade de repasse manual (SANTINATO et al., 2015a), afetando diretamente o custo da colheita (SANTINATO et al., 2015b) e da cultura como um todo (LANNA & REIS et al., 2012). Alguns métodos de avaliação foram propostos para estimar a produtividade, como o de Fahl et al. (2005), Favarin, et al. (2009) e de Miranda et al. (2014) que propuseram modelos matemáticos correlacionando características biométricas com a produtividade e obtiveram correlações altamente significativas comprovando a viabilidade das avaliações de estimação de produtividade. Na cafeicultura moderna têm-se adotado o sistema de Agricultura de Precisão que eleva o número de amostras por talhão, aumentando a confiabilidade de análises de solo, pragas, doenças e também de produtividade (FERRAZ et al., 2012). O uso do Controle Estatístico de Processo tem sido utilizado por alguns autores (VOLTARELLI et al., 2013; SILVA et al., 2014) para avaliar a variabilidade de dados obtidos na Agricultura, ajudando a compreender as causas de variações dos processos agrícolas. Diante disto, pressupondo-se que a avaliação visual da produtividade de lavouras cafeeiras possa apresentar boa

⁽¹⁾ Acadêmico em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa/UFV - Campus Rio Paranaíba, lucas.caixeta@ufv.br, (34) 991630347.

⁽²⁾ Prof.Dr. Rouverson Pereira da Silva, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP – Campus Jaboticabal.

⁽³⁾ Prof.Dr. Leonardo Campos de Assis, Universidade de Uberaba/UNIUBE, Uberaba, MG.

⁽⁴⁾ Dr. Felipe Santinato, Diretor Santinato & Santinato Cafés Ltda, Presidente Associação dos Cafeicultores de Patos de Minas, MG (ASSOPATOS)

⁽⁵⁾ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador e Consultor Santinato & Santinato Cafés Ltda., Rio Paranaíba, MG.

confiabilidade e, desta forma, ser utilizada com o intuito de proporcionar maior eficiência da colheita, objetivou-se neste trabalho avaliar, por meio do Controle Estatístico de Processo e utilizando-se técnicas de amostragens da Agricultura de Precisão, verificar a confiabilidade e a viabilidade técnica da amostragem visual da produtividade do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Catuaí, situada no município de Presidente Olegário, MG, nas coordenadas geográficas 18°17'49'' S e 46°32'52'' W. O clima da região é do tipo mesotérmico com inverno seco (Cwa) (KOOPEN, 1948). A precipitação pluviométrica anual média é de 1.100mm com chuvas concentradas no período de novembro a fevereiro. Utilizou-se uma lavoura de café da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, plantada em 1998, em um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), textura argilo-arenosa, a 1013 m de altitude, no espaçamento de 4,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, com 49 ha, plantada em círculo, irrigada sob Pivô Central, com emissores do tipo LEPA (*Low Energy Pressurized Application*). A lavoura apresentava 2,8 m de altura e produtividade média, encontrando-se em ano de bienalidade positiva, em torno de 60 sacas de café ben. ha⁻¹. Foram demarcados 178 pontos, a uma distância mínima de 25 x 100 m, resultando em um gride amostral de 0,25 ha. Para o georreferenciamento do experimento utilizou-se um par de receptores Trimble R8 dotado de posicionamento relativo cinético em tempo real, RTK (Real Time Kinematic) (Figura 1).

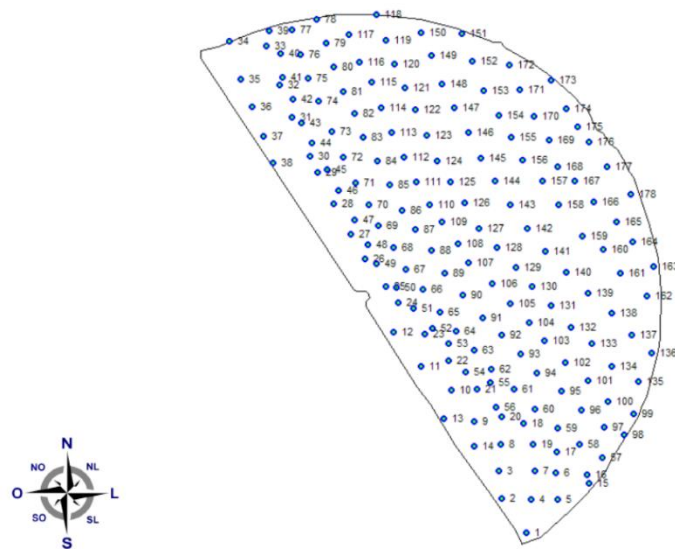


Figura 1. Detalhamento dos pontos utilizados na realização do trabalho.

Cada ponto amostral foi constituído por dez plantas de café em duas linhas, sendo cinco plantas contínuas em cada lado da linha de plantio. Em cada ponto amostral avaliou-se visualmente a produtividade e, posteriormente, se obteve a produtividade real, por meio da derrça de dez plantas. A produtividade real foi obtida coletando-se e mensurando-se o volume de café derrçado, em recipiente graduado, das dez plantas. De posse dos dados volumétricos converteu-se o valor em sacas de café ben. ha⁻¹ segundo metodologia proposta por Reis et al. (2008). De posse dos dados obtidos em campo

determinou-se o erro absoluto (EA) em cada ponto amostral, pela diferença entre os valores de produtividade real e avaliada visualmente. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se ferramentas de Controle Estatístico de Qualidade (CEQ). Inicialmente foram submetidos à análise descritiva e à análise de correlação de Pearson e, posteriormente, foram utilizados os gráficos sequenciais e cartas de controle de valores individuais (*I-chart*), utilizando-se o software Minitab16[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos parâmetros da estatística descritiva (Tabela 1) permite observar a existência de grande variabilidade para as avaliações realizadas, uma vez que os valores dos coeficientes de variação foram muito altos (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002). O desvio padrão, assim como a amplitude dos dados, podem ajudar no entendimento desse comportamento, uma vez que o desvio padrão e a amplitude para esses tratamentos foram elevados. No entanto, os valores dos coeficientes de assimetria e de curtose próximos de zero, bem como a proximidade entre os valores de média e mediana remetem à possível normalidade dos dados, constatada pelo teste de Ryan-Joiner. É interessante observar que o valor mais frequente (moda) para o Erro Relativo foi de 0,0%, tendo sido encontrado em 8% dos resultados. Constata-se ainda que a diferença entre os valores médios absolutos de produtividade real e avaliada visualmente foi de 9,9 sacas de café ben. ha⁻¹, o que pode não influenciar significativamente nas tomadas de decisão do manejo da cultura do café, sendo considerado aceitável (SANTINATO & FERNANDES, 2012).

Tabela 1. Análise descritiva para os valores de Produtividade Real, Produtividade Avaliada visualmente e Erro Relativo.

Variável	Produtividade		Erro Relativo ⁽¹⁾ (%)
	Real	Avaliada visualmente	
Média	66,57	56,69	21,89
Mediana	63,31	53,31	18,90
Moda	69,97	48,31	0,00
Amplitude	101,63	109,96	112,50
□	20,20	23,36	17,34
CV	30,34	41,21	79,23
Cs	0,68	0,56	1,10
Ck	0,25	-0,08	2,87
RJ	0,983*	0,987*	0,965*

⁽¹⁾ Valores absolutos. s: desvio-padrão; CV: Coeficiente de variação; Cs: coeficiente de assimetria; coeficiente de curtose; RJ: teste de normalidade de Ryan-Joiner; *: significativo a 5% de probabilidade; ns: não significativo a 5% de probabilidade.

Pelos resultados do viés, erro quadrático médio e erro absoluto médio constata-se que estes erros apresentaram valores que podem ser considerados satisfatórios. A avaliação visual da produtividade apresentou bom desempenho, superestimando os valores observados na média global (VIÉS) em 15,70 sacas de café ben. ha⁻¹, sendo a raiz quadrada do erro quadrático médio de 16,44 sacas de café ben. ha⁻¹. O erro absoluto médio (EMA), que fornece a magnitude média dos erros foi de 13,19 sacas de café ben. ha⁻¹. O erro percentual relativo médio foi de apenas 0,12%, o que indica o excelente ajuste da estimativa de produtividade de café pelo método visual. A correlação de Pearson entre a produtividade real e a avaliada visualmente obteve $R^2 = 0,6814$, valor

que expõe a interatividade entre as variáveis, com grau de dependência de estatística linear classificado como forte (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002). O coeficiente de correlação obtido foi de 0,827, com coeficiente de determinação de 0,6814, o que indica que a equação encontrada é capaz de descrever a relação entre as produtividades avaliada visualmente e real para 68,1% dos dados obtidos. Considerando-se a variabilidade existente na produtividade do café, pode-se considerar como bom este valor do coeficiente de correlação, reforçando a análise realizada por meio dos erros relativos. Observou-se que a avaliação visual da produtividade apresenta coeficiente de correlação de Pearson (R) de 0,827 e índice de concordância (D) de 0,990, comprovando a excelente concordância da avaliação visual com o método padrão (produtividade real). O índice de confiança (C) obtido de 0,818 faz com que o método de avaliação visual possa ser considerado como muito bom (Camargo & Sentelhas, 1997). As cartas de controle, tanto para a produtividade real do cafeeiro (Figura 2), quanto para a avaliada visualmente (Figura 3), permitem verificar a alta variabilidade do processo de amostragem, pois as distâncias entre os limites superior e inferior de controle foram elevadas, situando-se, respectivamente, acima de 90 e 110 sacas de café ben. ha⁻¹.

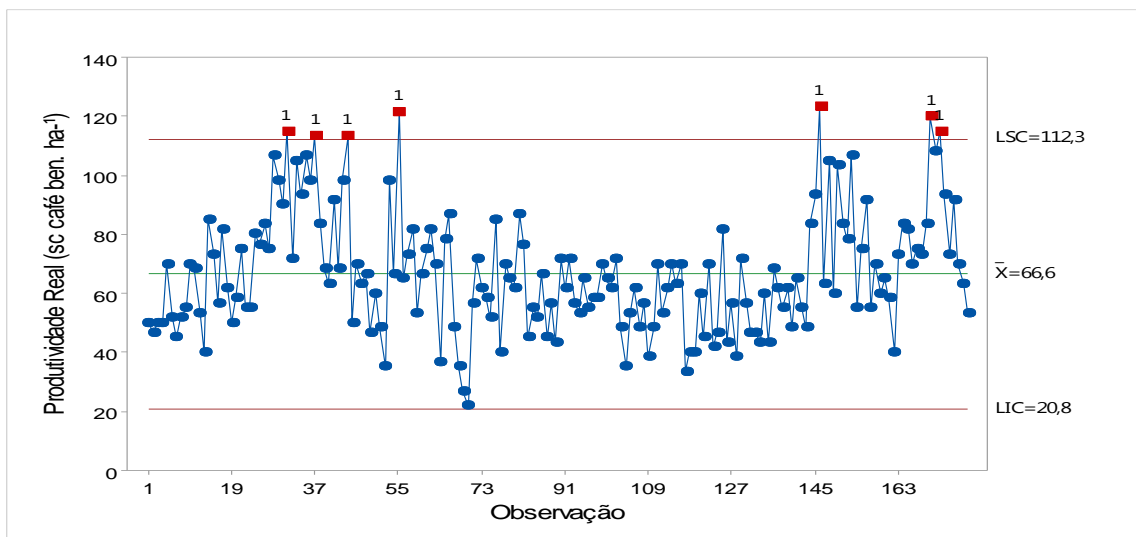


Figura 2. Carta de controle para valores individuais da produtividade real.

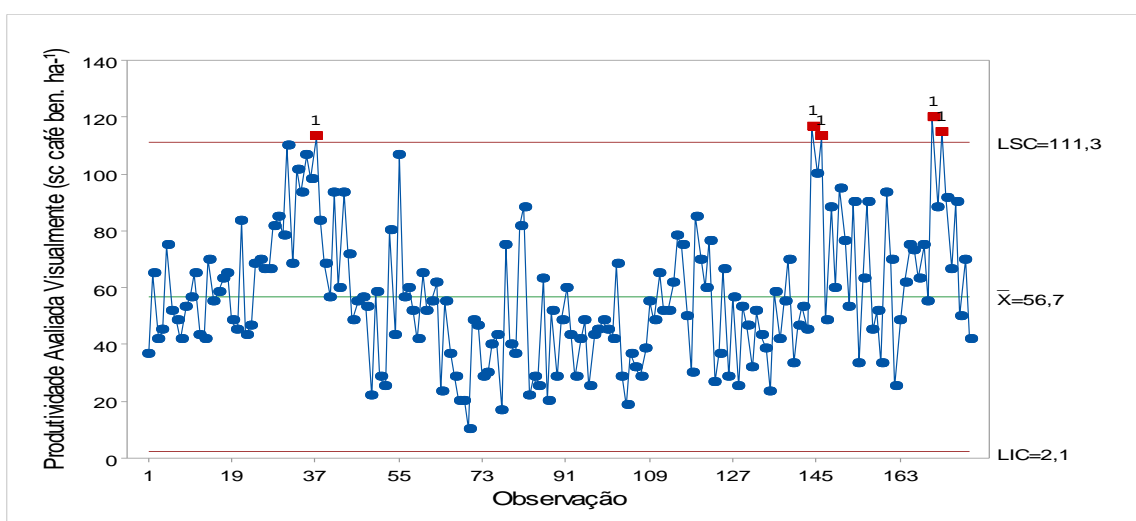


Figura 3. Carta de controle para valores individuais da produtividade avaliada visualmente.

Ambos os processos de avaliação apresentaram pontos fora de controle, que embora representem um pequeno percentual do total de pontos avaliados (3,9% e 2,8%, para produtividade real e avaliada visualmente, respectivamente), indicam a ocorrência de causas especiais que ocorrem devido aos chamados fatores 6 M's (Material, Máquinas, Mão de obra, Método, Medição e Meio ambiente). Neste caso, a ocorrência de causas especiais pode ser atribuída aos fatores Material (variabilidade intrínseca da cultura devido a fatores fisiológicos, para ambas as avaliações) e Metodologia, para a avaliação visual, que é dificultada pelo enfolhamento da cultura. Na carta de controle para valores individuais do erro relativo (Figura 4), por ser diretamente ligada às cartas anteriores, também apresentou a ocorrência de causas especiais, sendo então estas causas justificadas da mesma maneira anteriormente explicada.

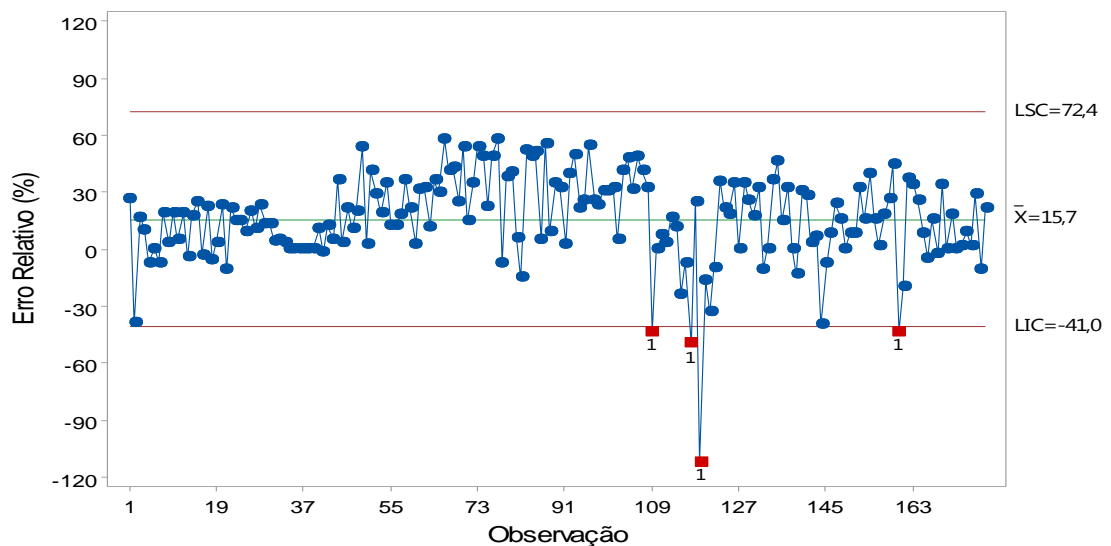


Figura 4. Carta de controle para valores individuais do erro relativo entre as amostragens de produtividade real e avaliada visualmente.

CONCLUSÕES

- 1- A avaliação visual da produtividade do cafeeiro apresentou boa correlação com a produtividade real, mostrando-se adequada para a estimação da produtividade real, podendo ser utilizada para a previsão da produtividade.
- 2- Os erros encontrados entre a avaliação visual e a produtividade real são aceitáveis, demonstrando excelente concordância da avaliação visual com o método padrão (produtividade real), com índice de confiança muito bom.
- 3- A variabilidade encontrada nas avaliações de produtividade, bem como no erro entre as mesmas, se deve à ocorrência de causas especiais de variação, que podem ser atribuídas aos fatores a fatores fisiológicos e pelo enfolhamento da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF, 2006 Rio de Janeiro. 412 p.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C; ALFONSI, E.L.; CAMARGO, M.B.P. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para estimativa da produtividade do cafeeiro, utilizando as características fenológicas determinantes do crescimento e produção. In: Simpósio de pesquisas dos cafés do Brasil, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília, 2005.

FAVARIN, J.L.; PEZZOANE, C.G.; PEREZ, M.M.; PEZZOPANE, J.R.M.; GUEREIRO, O. **Ciência Rural**, v.39, p.711-717, 2009. Atributos fenológicos e agrônômicos em cultivares de cafeeiro arábica.

FERRAZ, G.A.S.; SILVA, F.M.; COSTA, P.A.N.; SILVA, A.C.; CARVALHO, F.M. Agricultura de precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n.1, p. 59-67, 2012.

KÖEPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LANNA, G.B.M.; REIS, P.R. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v.7, n. 2, p. 110-121, 2012.

MIRANDA, J.M.; REINATO, R.A.O.; SILVA, A.B. Modelo matemático para previsão da produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.353-361, 2014.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. FEALQ, 2002. 309 p.

REIS, T.H.P.; SOARES, T.L.; GUIMARÃES, G.P.T. Informações úteis no planejamento e no gerenciamento da atividade cafeeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n. 247, p. 112-27,2008.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; CARVALHO FILHO, A.; SANTINATO, R. Número de operações mecanizadas na colheita do café. **Ciência Rural**, v.45, n.10, p.1809-1814, 2015.

SANTINATO, F.; RUAS, R.A.A.; SILVA, R.P.; DUARTE, A.; SANTINATO, R. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora **Coffee Science**, v.10, n.3, p.402-411. 2015b.

SANTINATO, R., FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2. Ed. Uberaba: Autores, 388p., 2012.

SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; CASSIA, M. T.; VIDAL, D. O.; CAVICHIOLI, F. A. Qualidade das operações de preparo reduzido do solo e transplântio mecanizado de mudas de café. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 51-60, 2014.

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; ROSALEN, D. L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M. T. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p. 1396-1406, 2013.