

II SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ENERGIA NA AGRICULTURA

Acta Iguazu

ISSN: 2316-4093

Avaliação estatística dos valores de umidade de grãos de milho entregues em uma unidade de recebimento de grãos no oeste do Paraná*

Carla Adriana Pizarro Schmidt¹, Thais Garrido², Tássio de Moraes Garcia², Edward Seabra Junior³, Genilso Gomes de Proença⁴, José Airton Azevedo dos Santos⁵

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, DAPRO – Departamento de Engenharia de Produção, Líder do GIPE – Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, Medianeira-PR. Doutora em Agronomia, professora do Curso de Engenharia de Produção e do Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio. *O presente artigo foi fruto de um projeto de extensão coordenado pelo primeiro autor.

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, DAPRO – Departamento de Engenharia de Produção, GIPE – Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, Medianeira-PR. Engenheiros de Produção.

³Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, DAPRO – Departamento de Engenharia de Produção, GIPE – Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, Medianeira-PR. Engenheiro de Produção, professor do Curso de Engenharia de Produção. Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura

⁴Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, GIPE – Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, Medianeira-PR. Técnico Agrícola, Bacharel em Sistemas de Informação, Tecnólogo em Agronegócios e Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio.

⁵Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, GIPE – Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, Medianeira-PR. Doutor em Engenharia Elétrica, professor do Curso de Engenharia Elétrica e Engenharia de Produção e do Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio.

carlaschmidt@utfpr.edu.br, thaisgarrid@gmail.com, tassiomgarcia@gmail.com, seabra.edward@gmail.com, genilsogp@gmail.com, airton@utfpr.edu.br

Resumo: O ponto de colheita do milho pode ser acompanhado por meio de uma alteração fisiológica da planta, que é o aparecimento da camada preta na ponta do grão. A necessidade de secagem dos grãos após a colheita é uma realidade, porém quanto mais úmido os grãos são colhidos mais descontos os produtores sofrem e mais energia é gasta para secagem do produto até os 11 % recomendados para a estocagem. A entrega de grãos de milho realizadas pelos produtores rurais a uma unidade de recebimento de grãos foi acompanhada e os dados foram submetidos a diversas análises estatísticas para se verificar o quanto esses dados estão distantes da umidade máxima de 23 % recomendada pela literatura para a colheita mecânica do produto. Observou-se muitos produtores entregando milho com teores mais elevados do que o desejável, sendo que nessa amostragem apresentada nesse artigo em 112 coletas feitas entre os meses de maio de junho de 2016 mais de 90 % dos produtores entregaram grãos com umidade superior a indicada, sendo que a média de umidade dos grãos entregues foi de 25,5 %. Acredita-se que uma maior conscientização dos agricultores e a busca pelo maior aproveitamento da secagem natural na lavoura e a colheita em teores mais adequados de umidade poderiam reduzir a energia gasta no processo de secagem.

Palavras-chave: agronegócio, energia na agricultura, secagem de grãos.

Statistical assessment of the humidity values of maize grains delivered on a grain-receiving unit in the western state of Paraná

Abstract: The crop point of maize can be accompanied by a physiological alteration of the plant, which is the appearance of the black layer on the tip of the grain. The need for drying the grains after harvest is a reality, but the moister the grains are harvested more discounts the producers suffer and more energy is spent for drying the product up to 11% recommended for storage. The delivery of maize grains made by rural producers to a grain-receiving unit has been accompanied and the data has undergone several statistical analyses to ascertain how far this data is distant from the maximum humidity of 23% recommended by the literature for mechanically harvesting of the product. Many producers were observed delivering maize with higher levels than the desirable, and that sampling presented in this article in 112 collections made between the months of May and June of 2016, more than 90% of the producers delivered grains with higher humidity than ideal. The average humidity of the grain delivered was 25.5 %. It is believed that greater awareness of farmers and the pursuit of the greater exploitation of natural drying in the crop and harvesting in more appropriate moisture content could reduce the energy spent in the drying process.

Key words: agribusiness, energy in agriculture, grain drying.

Introdução

A colheita do milho geralmente é realizada com base em seus estágios fisiológicos sendo que de acordo com Fahl et al. (1994), o ponto de colheita onde os grãos atingem percentuais de umidade inferiores a 30% é indicado pelo escurecimento da placenta dos grãos com conseqüente aparecimento da camada preta, fato esse conhecido de longa data. A simples observação dessa alteração fisiológica pode ajudar os agricultores no reconhecimento do ponto de colheita.

De acordo com Nunes (2016), aguardar a secagem natural do milho no campo traz benefícios, pois economiza a energia que posteriormente precisará ser gasta na secagem artificial, mas, ele explica que quanto mais o milho seca no campo, mais aparecem plantas invasoras, fato que pode ocasionar o embuchamento das colhedoras, dificultando o bom rendimento da colheita.

Posteriormente a colheita, deve-se realizar a secagem, sempre que os teores de umidade dos grãos estiverem superiores a 11 %, pois de acordo com Silva (2008), essa é a umidade ideal para esse grão ser armazenado.

A secagem dos grãos após a colheita é indispensável, mas de acordo com Groff (2013), não se pode negar que seja um processo extremamente caro e que quanto mais umidade esteja presente nesses grãos mais energia será gasta na secagem, o consumo de energia para secagem gira em torno de 540 Kcal/Kg de água.

De acordo com Oliveira (2014), existe uma correlação entre umidade inicial e tempo necessário para secagem, sendo que quanto maior for a quantidade de umidade que precisa ser removida de um grão, maior será o tempo necessário para secagem e a temperatura não pode ser superior a 82° C para milho que será utilizado em ração e 55° C para milho que será utilizado na produção de amido, mas os produtos muito úmidos não devem ser expostos a temperaturas muito elevadas, ou seja, a secagem tem que ser lenta.

Diante dos custos que o milho entregue úmido gera a quem o recebe é comum a realização de cálculos com vistas à atribuição de descontos, os quais são baseados nos teores de umidade do produto conforme descreve Silva (2009), sendo que quanto maior os teores de umidade maiores serão os descontos. São ainda levados em conta e aplicados descontos sobre impurezas presentes nos grãos.

Com o intuito de avaliar os teores de umidade presente nos grãos de milho rotineiramente entregues em uma cerealista, coletou-se dados amostrais de umidade dos produtos entregues pelos agricultores, esses dados foram submetidos a análises estatísticas e apresentados com o intuito de determinar a faixa de umidade na qual o produto é entregue. Para tanto utilizou-se de gráficos de Shewhart e de análise de capacidade verificando se as entregas atendem os requisitos de umidade máxima de 23% proposto por Silva (2008).

Material e Métodos

Foram coletados 112 resultados de umidade dos grãos de milho entregues por diferentes produtores para uma empresa que recebe esse produto e faz essa avaliação na recepção dos grãos. Os valores de umidade são levados em conta no momento do cálculo do pagamento do produto aos agricultores o que torna o estudo de tal valor de importância tanto para a empresa, que gastaria mais energia na secagem, quanto mais úmido os grãos são entregues, quanto para os agricultores, que entregam o produto e são submetidos a descontos crescentes quanto maiores forem os teores de umidade e impurezas, porém nesse estudo apenas os valores de umidade serão levados em consideração.

A coleta foi realizada ao longo dos meses de maio e junho de 2016, durante o período de colheita do milho safrinha, na região oeste do estado do Paraná. Os dados foram avaliados por meio de diversos testes estatísticos, entre eles análise descritiva, teste de normalidade, transformação de dados para normalização, análise de capacidade do processo e construção de gráficos de controle estatístico do processo (gráficos de Shewart), todos realizados com o auxílio do software Action Stat Quality®.

Os dados foram avaliados e rejeitou-se a hipótese de normalidade, o próximo passo foi tentar ajustar uma transformação aos dados para normalização. Com a transformação de Box-Cox não foi possível normalizar os dados. Utilizou-se então a transformação de Johnson para normalização dos dados. O sistema de curvas de Johnson é constituído por três famílias de distribuições, geradas a partir da Equação 01.

$$Y = \gamma + \eta k_i(X, \lambda, \varepsilon) \quad (1)$$

Em que Y representa a variável normal padronizada, X é a observação a ser transformada, teta, gamma, lambda e épsilon são os parâmetros específicos da transformação de Johnson que precisam ser estimados. Ao fim dessa transformação a função obtida para esse estudo foi dada pela Equação 2.

$$Y_i = 0,1866 + (0,8298) \operatorname{senh}^{-1} \left(\frac{X_i - (25,8901)}{0,8823} \right) \quad (2)$$

Para a elaboração do gráfico de Shewhart os testes aplicados podem ser visualizados na Figura 1, sendo que números sequenciais são apresentados sobre o gráfico sempre que um desses problemas é constatado. Sendo número 1 para pontos a mais de 3 desvios padrão da linha central até 8 para uma sequência de 8 ou mais pontos consecutivos há mais de 1 desvio padrão da linha central.

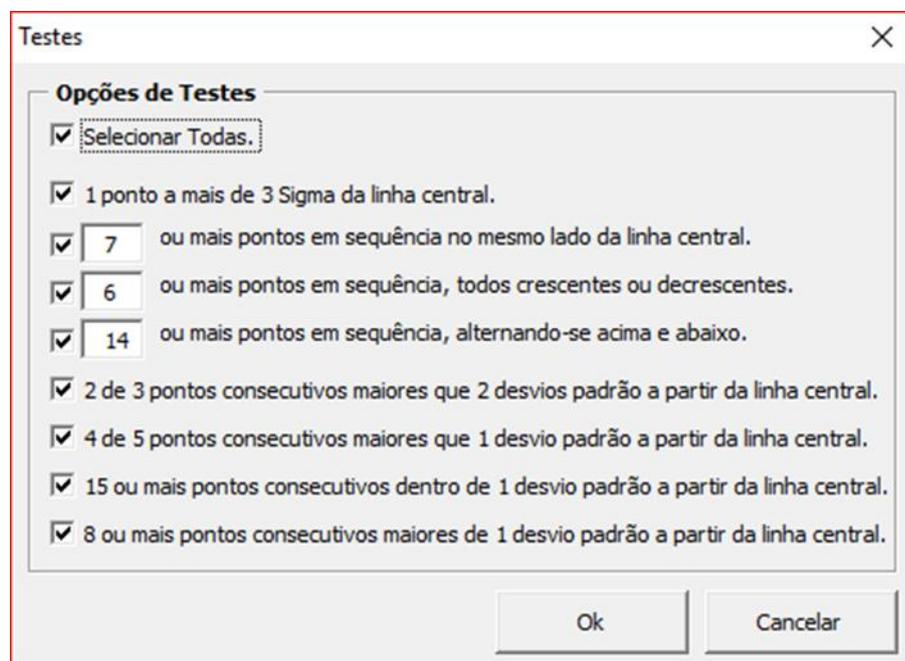


Figura 1. Imagem ilustrativa dos testes realizado pelo software nos gráficos de CEP.

Resultados e Discussão

Inicialmente três testes de normalidade foram utilizados para detectar a normalidade dos dados de umidade dos grãos de milho (Tabela 01). O valor de p associado à estatística foram desprezíveis, portanto ao nível de significância de 5 % rejeita-se a hipótese de normalidade.

Tabela 1. Testes de Normalidade.

| | Estatísticas | P-valores |
|----------------------|--------------|-----------|
| Anderson - Darling | 2,9368 | 0 |
| Kolmogorov - Smirnov | 0,1359 | 0 |
| Shapiro - Wilk | 0,8992 | 0 |

Na Figura 02 pode-se observar o Histograma construídos com os dados reais obtidos diretamente da coleta da umidade percentual existente nos grãos de milho com base na análise realizada na entrada da empresa.

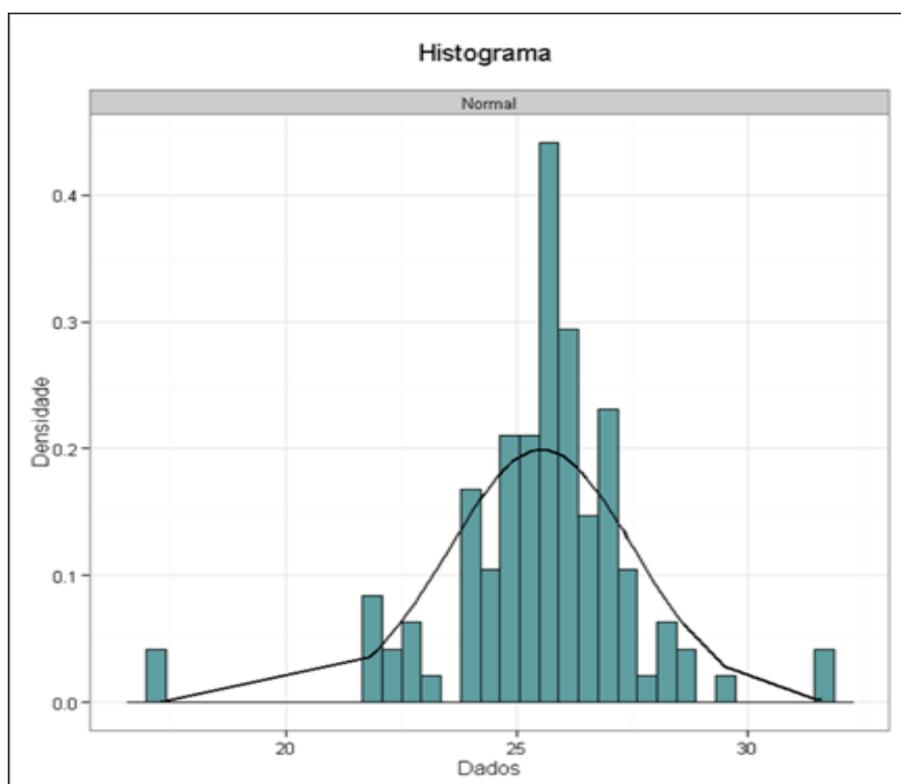


Figura 2. Histograma de distribuição dos dados reais de umidade coletados.

Percebeu-se com base no histograma e nos dados brutos que dois produtores entregaram grãos de milho com umidade superior a 30 %. De acordo com Fahl et al. (1994), a observação do estágio fisiológico do milho com o aparecimento da camada preta poderia

auxiliar esses agricultores a não entregarem o produto com teores de umidade superiores a 30 %.

De acordo com Peske, Rosenthal e Rota (2012), a secagem natural se utiliza de energias renováveis, tais como a solar e a eólica, para remover a umidade da semente e é realizada na própria planta, no período compreendido entre a maturidade fisiológica e a colheita. Dessa forma cabe destacar que a secagem natural na planta apresenta uma economia de energia e deveria ser mais adotada pelos agricultores.

Através do teste de normalidade de Anderson-Darling aplicado aos dados transformados obtem-se um valor de p de 0,6722 indicando que ao nível de significância de 5 % a transformação de Johnson normaliza a distribuição da qual provém os dados. Portanto, pode-se realizar os estudos da análise de capacidade e performance do processo assumindo distribuição normal, porém com os dados transformados.

O limite utilizado como valor máximo aceitável para a umidade foi de 23 % que é descrito por Silva (2008), como sendo o máximo aceitável para colheita mecanizada de milho, sendo que o valor 23 ao ser transformado por meio da equação de Johnson resultou no valor de -1,5444 o qual foi utilizado ao longo da apresentação dos resultados por representar nesse formato os dados normalizados.

Com base na transformação Johnson, apresenta-se os índices de capacidade e performance do processo e as probabilidades de obtermos produtos fora de especificação, expressas em partes por milhão (ppm). Os índices de performance comparam as especificações com a variabilidade total (causas comuns e causas especiais) do processo (Tabela 2).

Tabela 2. Índices de performance (longo prazo).

| Índices de Performance (Variabilidade Total) | |
|---|---------|
| PPS | -0,4826 |
| PPK | -0,4826 |

De onde se conclui que o processo está recebendo grãos de milho com teores de umidade fora das especificações, que nesse caso específico seria a umidade de 23 %, pois os valores calculados são inferiores a 1,33 e que, portanto, tanto causas comuns quanto especiais estão influenciando nesse processo.

Os índices de capacidade comparam as especificações com a variabilidade inerente (causas comuns) do processo (Tabela 3). Em relação aos valores calculados para a

performance esses valores aumentaram mostrando que as causas comuns são mais significativas para a capacidade do processo, pois os valores foram inferiores a 1,33.

Tabela 3. Índices de capacidade (curto prazo).

| Índices de Capacidade (Variabilidade Inerente) | |
|---|---------|
| CPS | -0,8176 |
| CPK | -0,8176 |

Com os dados amostrais e a transformação de Johnson calcula-se a quantidade observada e esperada de produtos fora de especificação em um milhão de oportunidades (ppm). Realizando uma transformação para percentual observou-se que os valores de umidade nos grãos entregues à empresa indicaram que 90 % dos produtos recebidos estavam fora das especificações e os índices esperado para o futuro também se mantiveram com a mesma expectativa apresentando valores ainda superiores conforme ilustra a Tabela 4.

Tabela 4. Índices observados e esperados em ppm (parte por milhão)

| | Índices Observados | Índices Esperados (Variabilidade Total) | Índices Esperados (Variabilidade Inerente) |
|-----------|---------------------------|--|---|
| PPM > LSE | 901785,7143 | 926179,3542 | 992914,3829 |
| PPM Total | 901785,7143 | 926179,3542 | 992914,3829 |

A Figura 3 ilustra o histograma da distribuição dos dados transformados em comparação com as especificações, cabendo destacar que o valor -1,544 corresponderia ao valor de 23 % de umidade. Para o melhor entendimento do gráfico da Figura 3 este pode ser comparado com o Histograma dos dados reais sem transformação ilustrado na Figura 1.

Percebeu-se que ao longo do período avaliado a maior parte dos produtores não conseguiram atender as especificações e conseqüentemente sofreram descontos na entrega de seu produto por conta de excesso de umidade. Além dos descontos a entrega de produtos exageradamente úmidos ocasionam um gasto maior de energia necessária para secagem, bem como um tempo maior quanto maior sejam os teores de umidade conforme explicam Groff (2012) e Oliveira (2014).

A recomendação de Silva (2008) diz respeito a umidade adequada para a colheita e não para o armazenamento a qual é descrita pelo mesmo autor como sendo de 11 %, ou seja, a análise estaria cobrando uma coisa possível e verificou-se que grande parte dos produtores não estão levando em conta os teores de umidade para a realização da colheita.

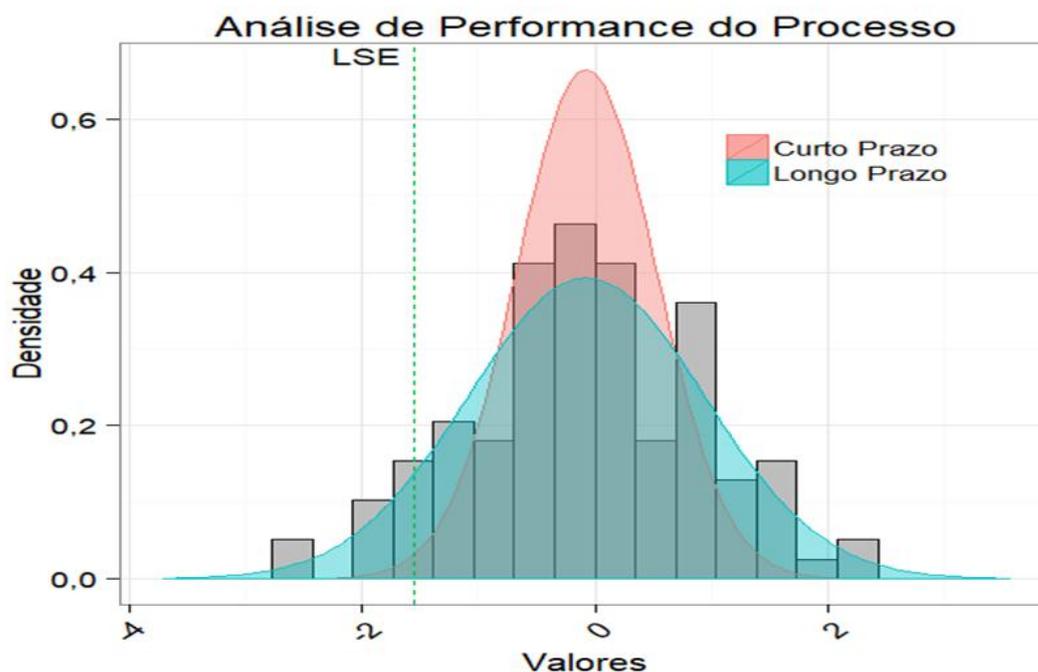


Figura 3. Gráfico da performance do processo a longo e curto prazo.

Para avaliar a estabilidade do processo apresentamos o gráfico de valores individuais e amplitudes móveis (Figura 03). Conforme Korzenowski e Werner (2012), o gráfico de Controle Estatístico de Processo também conhecido como Gráfico de Shewhart, pode ser considerado robusto em relação a leves desvios da normalidade dos dados, tais como os observados nas distribuições com coeficiente de assimetria menor do que 1,5.

Porém, percebeu-se que a assimetria dos dados foi de -4,29, portanto em módulo muito elevada, o que impede definitivamente que os dados sejam utilizados sem nenhum tipo de transformação, sendo que a quantidade de alarmes poderia ser muito superior à realidade, por conta do uso de dados não adequados à análise gráfica de Shewart a qual se refere ao gráfico de controle estatístico de um processo (CEP). Dessa forma utilizou-se para a construção do gráfico os valores transformados por meio da Equação 01 como nos testes anteriores.

Em três pontos os valores saíram dos limites de controle, em duas delas para baixo, o que seria bom para a empresa e para os produtores, tendo em vista que valores baixos de umidade nos grãos são desejáveis, mas mostra que o processo não está estável ou seja tem muita variação nos teores de umidade dos produtos entregues para a empresa, sendo que os teores de umidade mesmo no mesmo dia de entrega apresentam grandes variações. Porém em um dos casos o limite superior foi ultrapassado o que foi muito ruim, pois já se pode notar que

o processo já está operando em valores muito acima dos máximos 23 % de umidade desejáveis para os grãos colhidos mecanicamente, esse valor que extrapolou os 3 desvios padrão para cima foi realmente preocupante.

O valor médio de umidade encontrado para todas as 112 amostras contabilizadas neste estudo foi de aproximadamente 25,5 % sendo que os limites de controle variaram entre 22,5 % e 28,5 % o que indicou claramente que os grãos nesse período foram colhidos com umidades acima do desejáveis 23 % indicados pela literatura.

O valor máximo de umidade observado nos dados foi de 31,6 % ou seja quase 32 % e o menor 17,3 %.

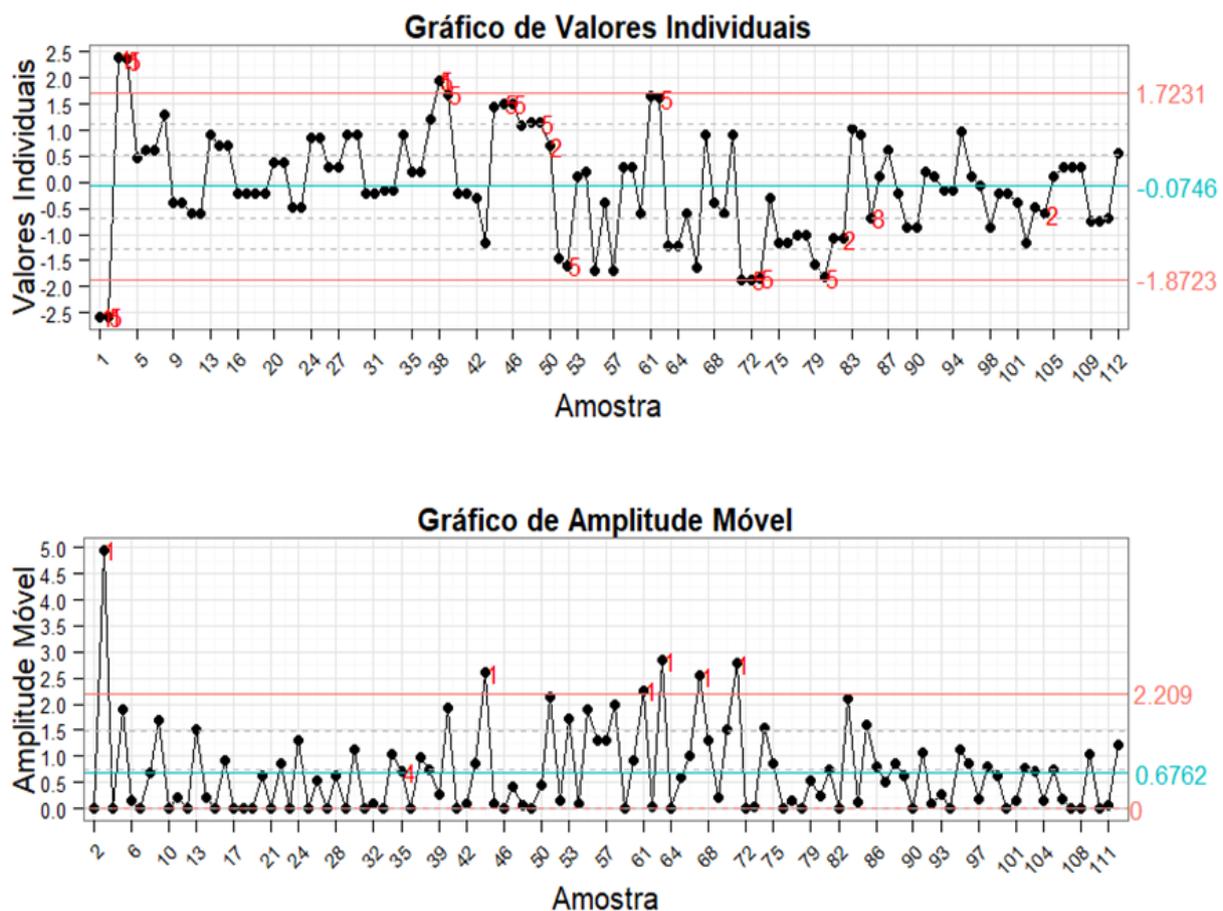


Figura 4. Gráficos para valores individuais de amplitudes móveis.

Ao se comparar o gráfico de Shewart construído com os dados sem nenhuma transformação (Figura 4), este apresenta uma quantidade superior de alarmes, sendo que alguns deles seriam alarmes falsos em relação aos limites de controle, tendo em vista que a não normalidade dos dados pressupõe a necessidade de transformação dos mesmos ou uso de outros tipos de distribuição que sejam capazes de corrigir as distorções. Tal gráfico foi

apresentado apenas para se verificar os erros que poderiam ser ocasionados pelo uso indevido dos dados não normais, como se estes fossem normais.

Cabe destacar que limites de controle nada tem a ver com os limites de especificação avaliados na análise de capacidade já apresentada, os limites de controle são obtidos com base apenas nos dados brutos de onde se obtém o valor médio e os valores médios adicionado e subtraído de 3 desvios padrão que indicam os limites superior e inferior de controle.

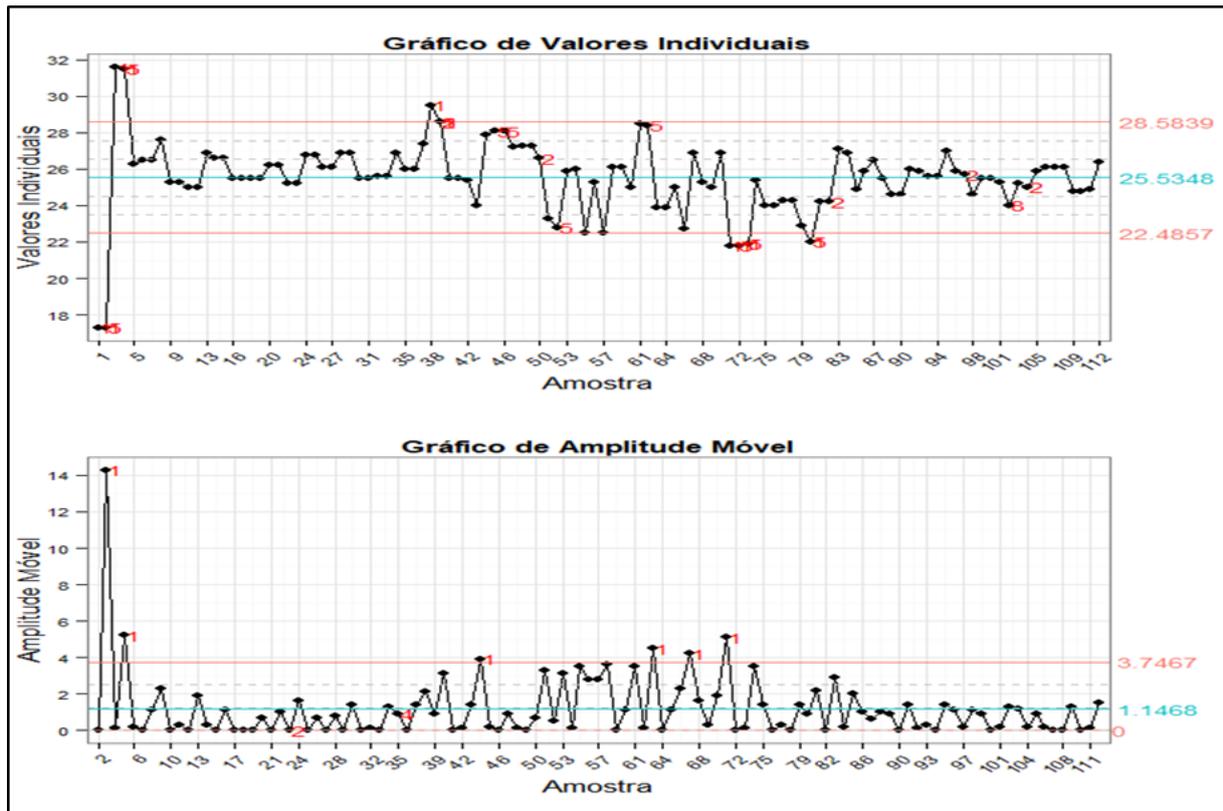


Figura 5. Gráficos para valores individuais de amplitudes móveis.

Avaliou-se ainda a correlação entre a umidade relativa do ar ambiente e a umidade presente nos grãos e o valor encontrado foi muito baixo, sendo que não se pode verificar uma relação estatística entre esses fatores.

A Figura 6 ilustra os valores da variação da umidade relativa da região ao longo do período de estudo onde se pode notar que os valores da umidade relativa do ar variaram entre 66,29 % e 85,08 % com média de 77,5 % de umidade. Por meio da simples análise gráfica pode-se notar que ao longo do período no qual a umidade relativa se manteve mais baixa entre as amostras 51 e 71 não se pode observar um reflexo na umidade dos produtos entregues que

continuaram apresentando umidades dentro da faixa de 20 a 30% e variando bastante entre as diferentes amostras.

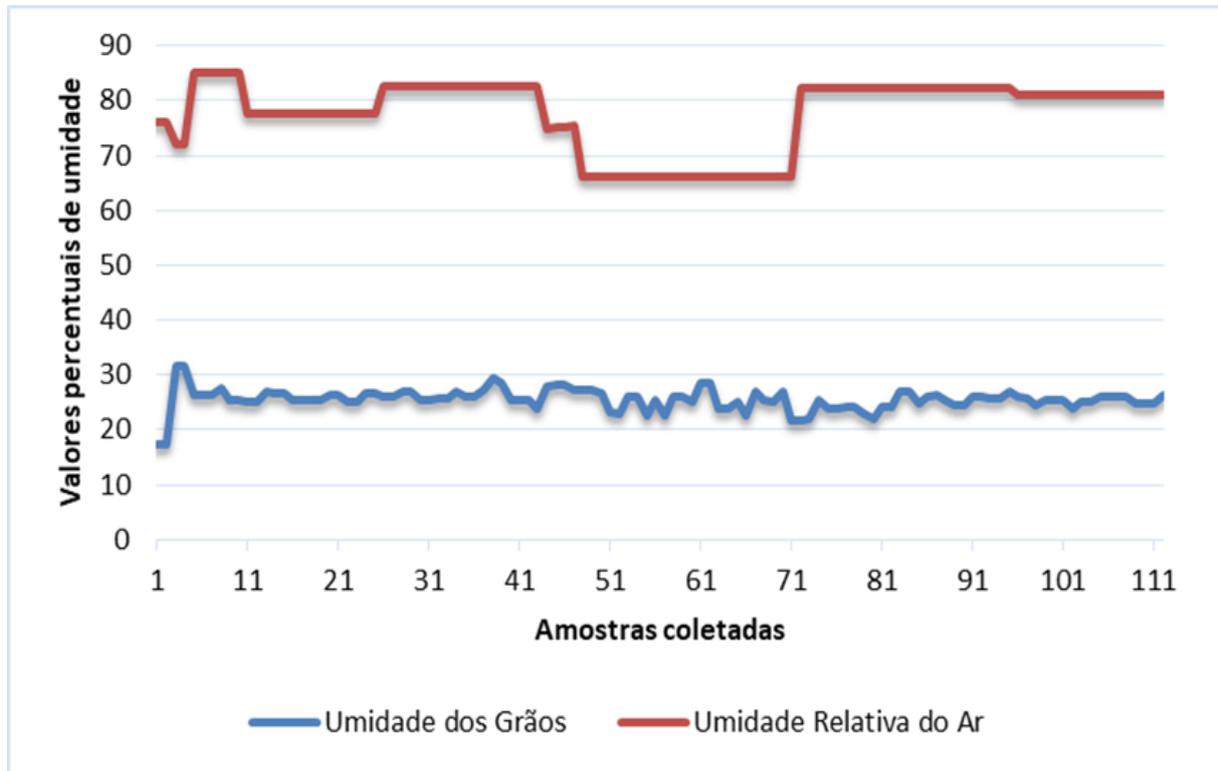


Figura 6. Gráfico ilustrativo da umidade dos Grãos em relação a umidade relativa do ar no período do estudo.

Conclusões

Pode-se concluir que o processo não está sob controle, pois apresenta desvios ocasionados pela colheita do produto com grandes variações nos teores de umidade, sendo que em alguns casos inclusive encontrou-se valores superiores a 30 %, indicando uma colheita prematura.

O processo não se mostrou capaz, pois os grãos de milho apresentaram excesso de umidade que deveria ser no momento da colheita de no máximo 23 %, conforme recomenda a literatura e em 90 % dos casos este esteve acima desse valor, representando uma quantidade excessiva de agricultores colhendo o produto acima dos limites de umidade recomendados, o que pode ocasionar descontos no momento da entrega e gastos que não seriam necessários na secagem do produto. Considera-se que a conscientização dos produtores da região a respeito do problema que uma colheita prematura ocasiona, em termos de descontos para o produtor e gastos de energia para a indústria e a economia que poderia ser gerada com a busca pelo aumento do tempo de secagem dos grãos na lavoura poderia motivar uma redução nos teores médios de umidade dos grãos entregues na região.

Não se conseguiu observar correlação entre os teores de umidade dos grãos e a umidade relativa do ar ao longo do estudo. Mas se pode observar grãos sendo entregues no mesmo dia com percentuais muito diferentes de umidade.

Referências

GROFF, R. Secagem de grãos. **Seed News**, Pelotas, v.6, n.2, 2012. Disponível em: http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/print_artigo62.html. Acesso em: 31 de out. 2017.

KORZENOWSKI, A. L.; WERNER, L. Probabilidade do erro do tipo I nas cartas X e S de Shewhart sob não normalidade. **Produção**, São Paulo, v.22, n.4, p.807-816, 2012.

NUNES, J.L.S. **Colheita**. Agrolink, 12 de setembro de 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/colheita_361414.html. Acesso em: 25 out. 2017.

OLIVEIRA, V. **Avaliação energética e econômica da secagem de grãos utilizando secador de coluna com caldeira aquatubular**. Dissertação de Mestrado em Energia na Agricultura da UNIOESTE, 2014. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/785/1/DissertacaoVanderleyOliveira.pdf>. Acesso em: 10 de set. 2017.

PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D.; ROTA, G.R.M. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª edição. Pelotas: Editora rua Pelotas, 2012. 573p.

SILVA, L. C. **Da semente ao consumo**. Grãos Brasil, Ano VIII, n.34, p.23 -27, 2009.

SILVA, J. S. (Ed). **Tecnologia de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008.

Recebido para publicação em: 01/12/2017

Aceito para publicação em: 04/12/2017

Edição Especial: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura
Acta Iguazu, v. 6, n. 5, p. 92-103, 2017.