

# **APLICAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE, EM PROCESSO PRODUTIVO POR BATELADAS, NO MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS EM UMA EMPRESA DO ESTADO DO CEARÁ**



**Evne dos Santos Siqueira (UFC)**

evne.santos@gmail.com

**Joao Welliandre Carneiro Alexandre (UFC)**

jwca@ufc.br

**SILVIA MARIA DE FREITAS (UFC)**

silvia@dema.ufc.br

**MAXWEEL VERAS RODRIGUES (UFC)**

maxweelveras@gmail.com

**Francisco Clenilson Silva Monteiro (FANOR)**

clenilson\_15@hotmail.com

*Os defensivos agrícolas são produtos químicos fabricados a partir de princípios ativos, cujo processo produtivo ocorre, em geral, por bateladas (lotes). Monitorar esse processo é importante, pois, contribui para reduzir os danos à saúde humana e ao meio ambiente. Nesse sentido, os Gráficos de Controle Estatístico de Processo são ferramentas poderosas. O objetivo deste trabalho é, portanto, apresentar a aplicação dos gráficos de controle estatístico de processos por bateladas, em uma indústria de fabricação de defensivos*

*agrícolas localizadas no estado do Ceará. Este estudo é de natureza aplicada, estudo de caso e, como aborda um problema real com proposta de solução acadêmica, é classificado também como pesquisa solução de problemas. Para a elaboração dos gráficos foram selecionadas amostras do teor (ou concentração) do ativo na fabricação de defensivos agrícolas. Como conclusão central, este artigo mostra que os gráficos de controle para medidas individuais e amplitudes móveis, aplicados para o caso particular da empresa pesquisada, são adequados para monitorar um processo de produção em bateladas e se revelam eficientes na detecção de causas especiais.*

*Palavras-chave: Processos em bateladas, Gráficos de controle, Defensivos agrícolas*

## 1. Introdução

Os defensivos agrícolas desempenham um importante papel no agronegócio, pois contribuem, na medida em que são usados adequadamente, para o aumento na oferta de alimentos para a população.

Assim como os medicamentos, os defensivos agrícolas são produtos químicos produzidos a partir de princípios ativos que somados a outras substâncias irão compor a formulação do produto para que ele se torne aplicável (AGROLINK, 2016).

O controle de qualidade desses defensivos envolve análise química e físico-química do produto formulado (CRQ – Conselho Regional de Química, 2017) em que parâmetros como densidade, pH e concentração (teor) são analisados. Para isso, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece os limites de especificação para esses parâmetros, para que o uso do defensivo seja eficaz e não prejudique os seres humanos e o meio ambiente. Portanto, é importante que esses parâmetros sejam monitorados durante o processo de fabricação do defensivo agrícola, de modo a atender a legislação, e para isso o Controle Estatístico de Processos (CEP) se apresenta como um instrumento poderoso.

A literatura define, em geral, três tipos de CEP conforme o sistema de produção adotado pela indústria (RAMOS, 2000): o **CEP tradicional**, que é empregado onde há uma grande quantidade de informação disponível e os produtos manufaturados costumam ser discretos (unidades individuais). É aplicado à produção em massa, produção intermitente e também ao processo contínuo; o **CEP para pequenos lotes**, que é empregado onde há pouca informação e uma grande diversificação de produtos que se utilizam do mesmo equipamento. É aplicado na produção intermitente e enxuta; e o **CEP para processos contínuos ou em batelada (ou lotes)**, cuja aplicação é adequada para processos de natureza contínua, o que dificulta a definição precisa do que seja uma unidade do produto, tem baixo ou alto volume de produção, assim como diferenciação de produto, e é normalmente produzido pelo mesmo equipamento.

Uma das ferramentas mais importantes do CEP são os Gráficos de Controle Estatístico de Processos (GCEP), adequados para o monitoramento *online* dos processos produtivos. No caso a ser abordado neste trabalho, o processo de fabricação de defensivos agrícolas se dá por meio de processos em bateladas, que na realidade, são comuns em indústrias químicas ou farmacêuticas.

Nesse sentido surge uma questão de interesse: *Qual o GCEP mais adequado para o monitoramento de processos em bateladas e como são elaborados?*

Para contribuir na resposta a essa questão, o objetivo deste trabalho é, portanto, apresentar a aplicação dos gráficos de controle estatístico de processos por bateladas, em uma indústria de fabricação de defensivos agrícolas localizadas no estado do Ceará. No desenvolvimento do artigo será apresentada, também, a análise da capacidade do processo.

Nas próximas seções serão abordados o referencial teórico que dá suporte ao trabalho, a metodologia de pesquisa, os resultados e análises e, por fim, a conclusão e referências bibliográficas.

## **2. Conceituando o gráfico de controle por batelada**

Uma característica importante na construção dos gráficos de controle inicialmente propostos por Shewhart(1931) e largamente discutivos na literatura especializada, é que na determinação dos limites de controle para o gráfico para a média, leva-se em consideração a variabilidade dentro de cada amostra ou subgrupo racional, partindo-se do princípio que essa variabilidade é natural e faz parte do processo.

Em se tratando de um processo produtivo em batelada, podem ocorrer dois tipos de variações: uma variação dentro de cada batelada ou lote, aqui denominada de transversal; e uma variabilidade entre as bateladas, denominada aqui de longitudinal.

A partir da Tabela 1, que representa a matriz de dados de um processo por batelada, cabe a seguinte discussão: é comum nos procesos que haja diferenças entre as bateladas

(variabilidade longitudinal), principalmente se os lotes não são homogêneos e que as fontes de variação são diferentes daquelas que levam à variabilidade dentro dos lotes (variabilidade transversal). Caso não seja possível reduzir a variabilidade entre os lotes, ela deve ser incorporada ao processo, isto é, utilizada na determinação dos limites de controle para a média. A variabilidade, portanto, dentro de cada lote, poderia subestimar a variabilidade do processo.

Sendo assim, as diferenças entre bateladas devem ser entendidas como parte do comportamento do processo e, portanto, devem ser incorporadas no gráfico de controle aplicado (RAMOS, 2000).

Dentro deste contexto e conforme Ramos (2000) e a matriz de dados da Tabela 1, os gráficos de controle por bateladas são construídos a partir do Gráfico  $\bar{X}$  (média), para monitorar o nível da qualidade; e o Gráfico Rm (amplitude móvel), para monitorar a variabilidade do processo, que é utilizada na determinação dos limites de controle para a média. Convém informar que não é objetivo deste artigo aprofundar na teoria dos gráficos  $\bar{X}$  e Rm, que são largamente estudados na literatura, todavia, para maiores detalhes, ver Costa, Epprecht e Carpinetti (2004) e Montgomery (2004).

Tabela 1- Matriz de dados para a construção do gráfico de controle por lotes

Lote	Descrição das amostras					$\bar{X}$	Rm
1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	.....	$X_{1,n}$	$\bar{x}_1$	-
2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	.....	$X_{2,n}$	$\bar{x}_2$	$ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $
3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	.....	$X_{3,n}$	$\bar{x}_3$	$ \bar{x}_2 - \bar{x}_3 $
.	.	.	.	.....	.	.	.
L	$X_{L,1}$	$X_{L,2}$	$X_{L,3}$	.....	$X_{L,n}$	$\bar{x}_L$	$ \bar{x}_{L-1} - \bar{x}_L $
Total						$\bar{\bar{X}} = \sum \bar{X} / L$	$\overline{Rm} = \frac{\sum Rm}{L - 1}$

Fonte: adaptação de Ramos (2000)

Os limites de controle para o gráfico por batelada são definidos por:

i) Gráfico  $\bar{X}$

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + \frac{3}{d_2} * \bar{R}_m$$

$$LM_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - \frac{3}{d_2} * \bar{R}_m$$

ii) Gráfico  $R_m$

$$LSC_{R_m} = D_4 * \bar{R}_m$$

$$LM_{R_m} = \bar{R}_m$$

$$LIC_{R_m} = D_3 * \bar{R}_m$$

Em que,

- LSC = limite superior de controle
- LM = linha média (linha central)
- LIC = limite inferior de controle
- $d_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  são constantes e tabeladas

Para efeito deste artigo, assume que a característica da qualidade a ser monitorada,  $X$ , segue distribuição normal com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ , média e variância do processo, respectivamente.

No presente estudo, a empresa coleta uma única amostra de cada batelada e a partir da análise dessa amostra individual toma-se a decisão quanto a aprovação do lote. Sendo assim, as amostras utilizadas para construir o gráfico de controle possuem tamanho unitário.

Portanto, no presente trabalho o Gráfico  $\bar{X}$  é equivalente ao Gráfico X, para medidas individuais - o Gráfico Rm permanece o mesmo. Para maiores detalhes do gráfico para medidas individuais ver Werkema (1995).

### 3. Análise da capacidade do processo

Após a construção dos gráficos de controle e assumindo que o processo está sob controle, ou seja, que há apenas causas aleatórias atuando no processo e que todos os pontos caem dentro dos limites de controle, em ambos os gráficos, o interesse agora recai na análise da capacidade do processo, isto é, investigar se o processo atende as especificações definidas em projeto ou pelos órgãos legais.

Nessa discussão, Carpinetti (2012, p.154) ressalta que a análise da capacidade do processo consiste em avaliar a dispersão de uma variável em comparação com um padrão estabelecido. Para a fabricação de defensivos agrícolas a capacidade do processo é importante, pois o não cumprimento das especificações pode levar danos a saúde humana e ao meio ambiente, além acarretar na interdição da fábrica por parte dos órgãos legisladores em casos de fiscalização.

Os índices de capacidade  $C_p$  (capacidade potencial do processo) e  $C_{pk}$  (capacidade real do processo) são os mais aplicados nessa análise e têm como suposição importante a condição de que a variável de interesse X, que representa a característica da qualidade que está sendo monitorada, segue uma distribuição normal (MONTGOMERY, 2004).

Em um teste de hipóteses em que se testa se os dados seguem uma distribuição normal, pode ser visto em Morettin e Bussab (2006) que, caso o nível descritivo (p-valor) do teste seja maior que 0,05, não se rejeita a hipótese de normalidade.

Assim, os índices de capacidades que serão aqui determinados, segundo Montgomery (2004), são dados por

$$C_p = (LSE - LIE) / 6\sigma$$

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right]$$

Em que:

- LSE = Limite Superior de Especificação
- LIE = Limite Inferior de Especificação
- $\mu$  = média do processo
- $\sigma$  = desvio padrão do processo

Na prática, em geral os valores de  $\mu$  e  $\sigma$  são desconhecidos. Nesse caso devem ser utilizados  $\bar{x}$  (média geral dos lotes) e  $R_m/d_2$  (média das amplitudes móveis), os respectivos estimadores.

Se a média do processo estiver centrada no valor nominal, que consiste no valor alvo da especificação, usa-se o índice  $C_p$ ; caso a média do processo não estiver centrada, utiliza-se o índice  $C_{pk}$ , que considera a média do processo e avalia se é capaz de atingir o valor nominal (alvo) da especificação.  $C_p$  será igual ao  $C_{pk}$  quando a média do processo coincidir com o alvo da especificação. Em geral se considera um processo capaz quando  $C_p = C_{pk} \geq 1,33$ . (CARPINETTI, 2012, p.155).

#### 4. Metodologia de pesquisa

O presente estudo consiste em uma pesquisa científica de natureza aplicada, pois trata-se de uma investigação de um processo industrial e visa contribuir para a melhoria da qualidade do produto fornecido pela empresa. A pesquisa é classificada quanto aos objetivos como sendo pesquisa exploratória, pois explora um cenário desconhecido, e quanto ao procedimento é classificada como sendo estudo de caso descritivo (ver Markoni e Lakatos (2007), para maiores detalhes sobre esses conceitos).

Este trabalho consiste em, a partir de um problema particular do mundo real, investigar a solução por meio acadêmico. Dentro dessa abordagem é classificado como *Pesquisa Solução de Problemas*, segundo o que tratam Phillips e Pugh (1989).

O estudo consiste em construir o gráfico de controle baseado nos dados de concentração de ativo do produto A 85% coletados em fevereiro/2017. Esse produto corresponde a cerca de 40% do faturamento da empresa. Cada amostra coletada, para a construção do gráfico, corresponde à 100ml retirado de cada batelada que então é analisado pelo laboratório de controle de qualidade da empresa para fornecer o teor da amostra, ou seja, o teor do lote (ou batelada).

A empresa na qual se realizou o presente trabalho é fabricante de defensivos agrícolas localizada no estado do Ceará. A fábrica possui cinco plantas e produz herbicidas, inseticidas, e fungicidas, totalizando uma produção anual de cerca de 60 milhões de litros. Durante a fabricação dos defensivos agrícolas, o processo de formulação tem sido alvo de estudos de redução de custo, pois 70% do custo do defensivo se concentra na etapa de formulação. Durante a formulação, o ingrediente ativo possui um nível de concentração (ou teor) especificado pela legislação e outro especificado internamente pela empresa, que serão discutidos na Seção 5.

## 5. Aplicação do gráfico de controle por batelada

Foram coletadas 30 amostras de teor consecutivos referente a 30 bateladas de formulado de A 85% (uma amostra por batelada) fabricados entre janeiro e fevereiro de 2017 e calculado as amplitudes móveis (Rm), conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2- Matriz dos dados coletados do Teor para o produto A 85%

Ordem da batelada	Teor Ativo (X)	Rm	Ordem da batelada	Teor Ativo (X)	Rm
1	<b>540,90</b>	-	16	<b>536,68</b>	2,12
2	<b>543,55</b>	2,65	17	<b>537,55</b>	0,87
3	<b>532,89</b>	10,66	18	<b>537,50</b>	0,05
4	<b>534,18</b>	1,29	19	<b>534,50</b>	3,00
5	<b>523,87</b>	10,31	20	<b>536,29</b>	1,79
6	<b>537,16</b>	13,29	21	<b>539,25</b>	2,96
7	<b>537,57</b>	0,41	22	<b>540,09</b>	0,84
8	<b>539,25</b>	1,68	23	<b>538,41</b>	1,68
9	<b>535,39</b>	3,86	24	<b>537,55</b>	0,86
10	<b>537,13</b>	1,74	25	<b>530,71</b>	6,84
11	<b>532,40</b>	4,73	26	<b>531,99</b>	1,28
12	<b>521,30</b>	11,10	27	<b>536,22</b>	4,23
13	<b>540,51</b>	19,21	28	<b>543,09</b>	6,87
14	<b>531,48</b>	9,03	29	<b>537,51</b>	5,58
15	<b>538,80</b>	7,32	30	<b>540,51</b>	3,00

Fonte: sistema ERP da empresa (2017)

Os dados do formulado A 85% apresentam média  $\bar{X}$  de 536,14 g/L (gramas por litro de produto fabricado na batelada), média da amplitude móvel  $\bar{R}_m$  de 4,80 g/L. Os limites de controle para os Gráficos X e Rm são:

$$LSC_x = 548,91$$

$$LSC_{R_m} = 15,69$$

$$LM_x = 536,14$$

$$LM_{R_m} = 4,80$$

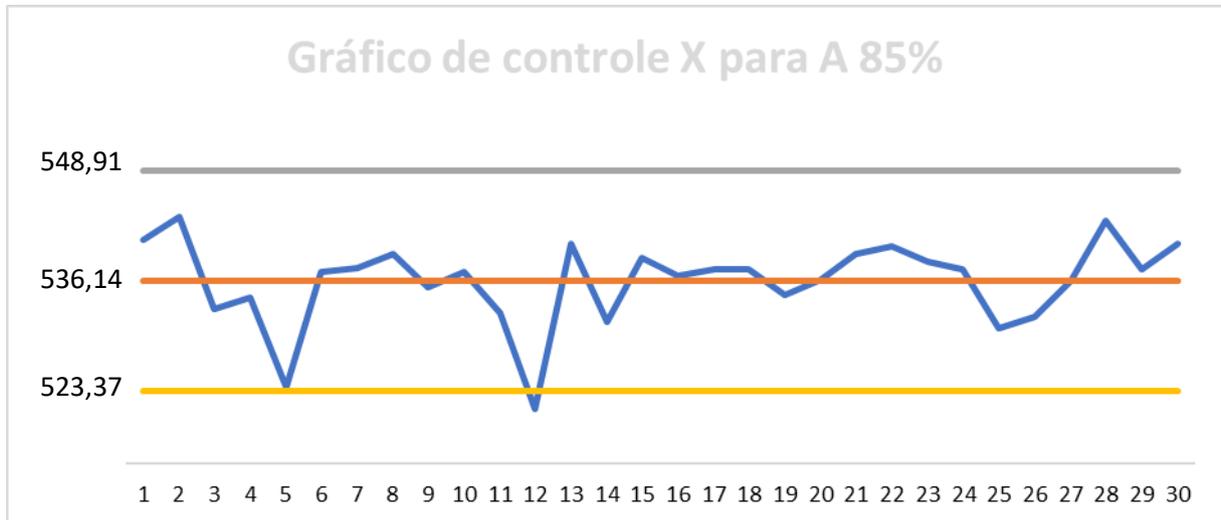
$$LIC_x = 523,37$$

$$LIC_{R_m} = 0$$

Em que os valores das constantes são:  $d_2 = 1,128$ ;  $D_3 = 0$ ;  $D_4 = 3,267$  (ver Ramos, 2000).

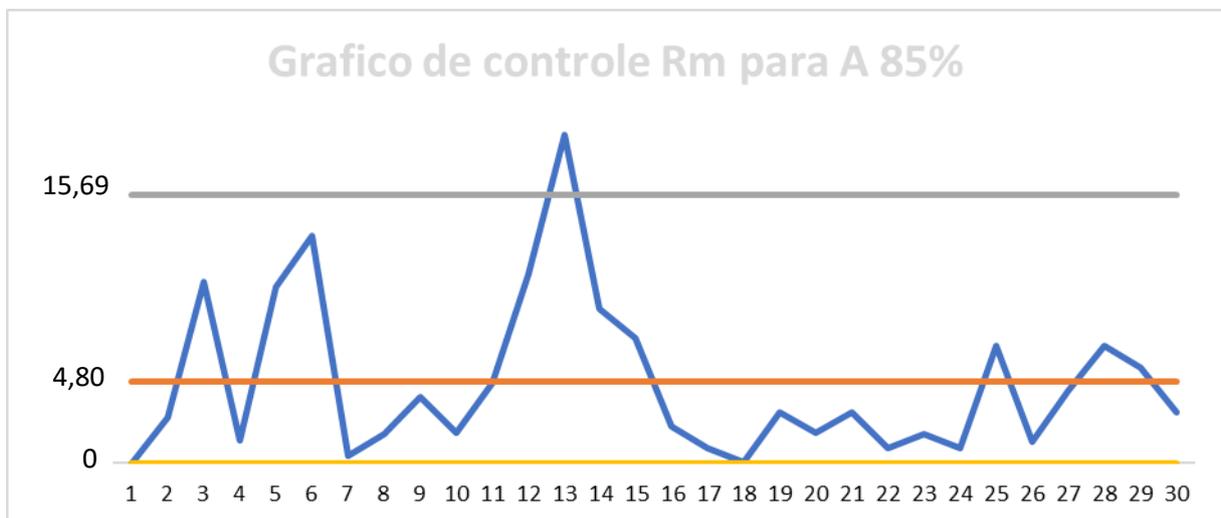
Os gráficos de controle para as medidas individuais e amplitude móveis são apresentados nos Gráfico 1 e Gráfico 2, respectivamente.

Gráfico 1- Gráfico de controle das medidas individuais para A 85%



Fonte: Elaborado pelos autores

Gráfico 2- Gráfico de controle da amplitude móvel para A 85%



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao analisar o Gráfico 1 observa-se que o valor do teor do lote 12 (521,30) está abaixo do limite inferior de controle. Quanto ao Gráfico 2, a amplitude móvel 13, correspondente a diferença em módulo do teor do lote 12 com o lote 13, se apresenta acima do limite superior

de controle. Esses resultados indicam que o processo não é estável e, portanto, há alguma causa especial que afeta o teor. Após rastrear a potencial causa, se detectou que não houve a homogeneização de forma adequada, o que foi prontamente corrigida o que gerou o retorno ao estado de controle na amostra 13 (teor = 540,54g), observada no Gráfico 1 (esta causa especial afetou o valor da amplitude móvel 13, mostrada no Gráfico 2).

Assim, o valor do teor 12 foi retirado da planilha de dados e recalculado os limites de controle dos dois gráficos. Os novos limites de controle são:

$$LSC_x = 547,77$$

$$LSC_{R_m} = 13,66$$

$$LM_x = 536,65$$

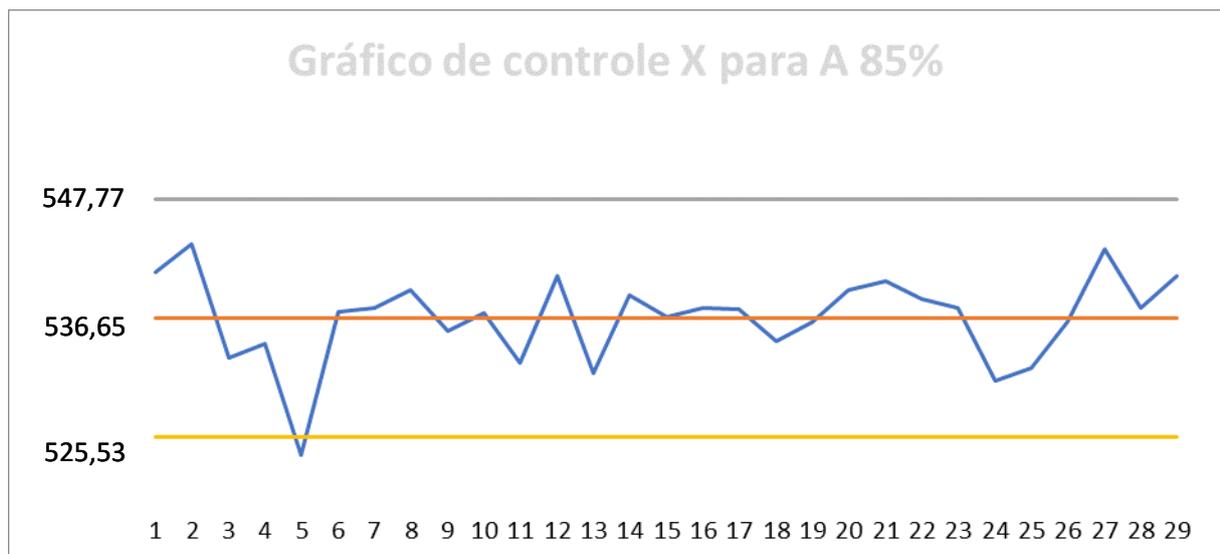
$$LM_{R_m} = 4,18$$

$$LIC_x = 525,53$$

$$LIC_{R_m} = 0$$

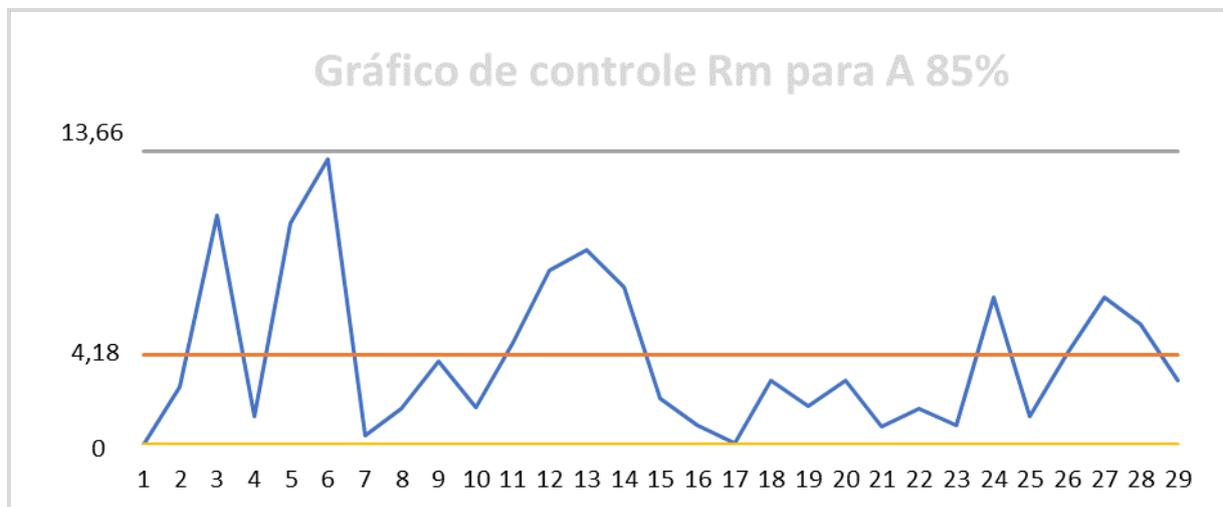
Os Gráfico 3 e Gráfico 4 mostram os novos comportamentos dos Gráficos X e Rm, respectivamente.

Gráfico 3- Gráfico das medidas individuais para A 85% sem o ponto 12



Fonte: Elaborado pelos autores

Gráfico 4- Gráfico de controle da amplitude móvel para A 85% sem o ponto 12



Fonte: Elaborado pelos autores

Aqui, novamente, o Gráfico 3 indica a ocorrência de uma causa especial no processo: o valor do teor do lote 5 (523,87 g) está abaixo do limite inferior de controle – o Gráfico 4 mostra que o processo está sob controle quanto à variabilidade entre os lotes. A causa especial que afetou o teor foi, novamente, a não homogeneização de forma adequada.

Identificada a causa especial, o ponto 5 foi retirado dos dados e recalculado os novos limites de controle. Convém informar que, agora, a planilha contém informações de 28 lotes dos 30 lotes originais, o que é um número suficiente para a construção dos gráficos de controle.

Desta forma, sem os pontos 12 e 5, os novos dados apresentam média  $\bar{X}$  de 537,11 g/L e média da amplitude móvel  $\bar{R}_m$  de 3,57 g/L. Os novos limites de controle são:

$$LSC_x = 546,61$$

$$LSC_{R_m} = 11,67$$

$$LM_x = 537,11$$

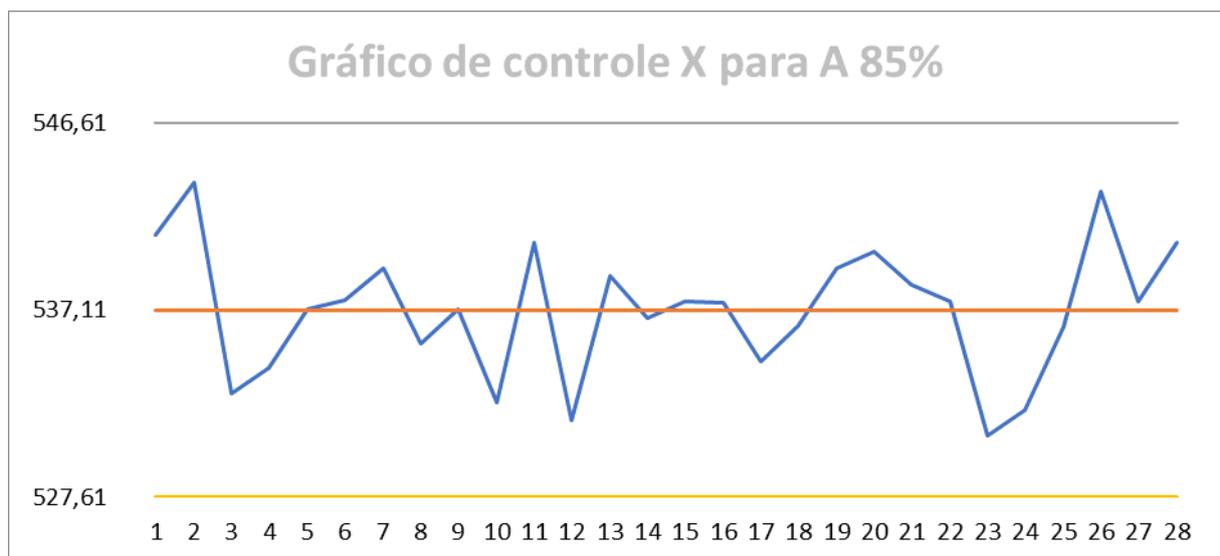
$$LM_{Rm} = 3,57$$

$$LIC_x = 527,61$$

$$LIC_{Rm} = 0$$

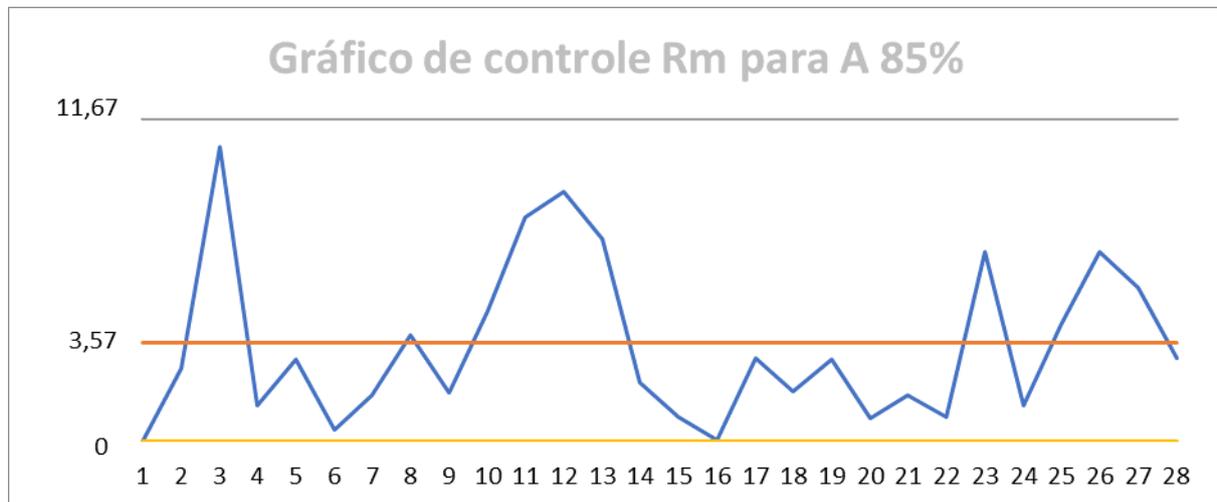
Os Gráfico 5 e 6 apresentam os novos gráficos de controle para medidas individuais e amplitude móvel, respectivamente.

Gráfico 5- Gráfico de controle das medidas individuais para A 85% sem os pontos 5 e 12



Fonte: Elaborado pelos autores

Gráfico 6- Gráfico de controle da amplitude móvel para A 85% sem os pontos 5 e 12



Fonte: Elaborado pelos autores

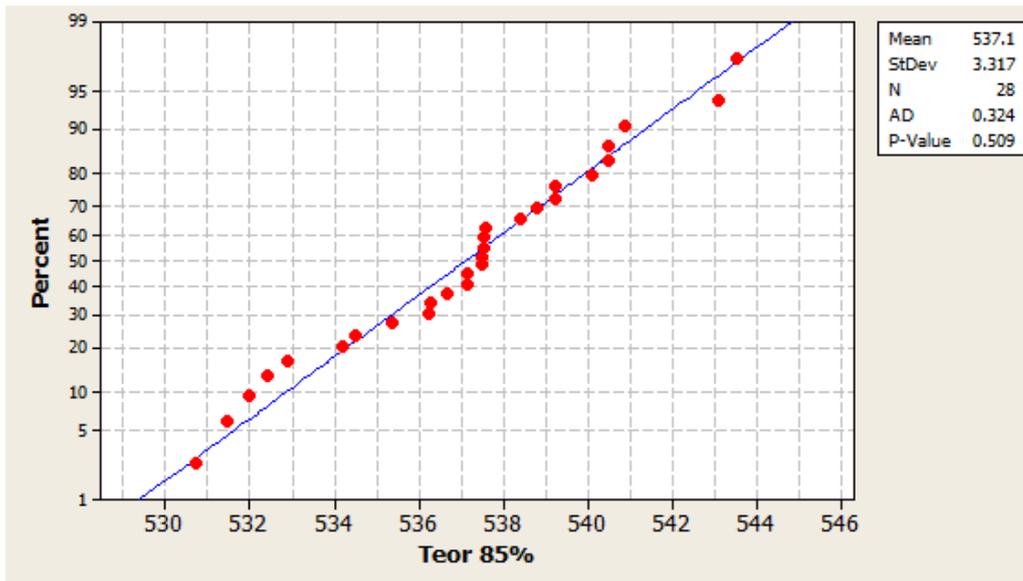
Observa-se que agora os Gráficos 5 e Gráfico 6 sinalizam que o processo está estável, sob controle, pois apresentam todos os pontos dentro dos limites de controle, com uma distribuição aleatória dos dados.

Os Gráficos 5 e Gráfico 6 podem, portanto, serem assumidos como definitivos para monitorar o processo – os gráficos anteriores são considerados gráficos de controle experimentais, no sentido de que o processo estava em análise preliminar até se chegar a um estado de controle.

Determinados os gráficos de controle padrão é possível, agora, analisar a capacidade do processo, que pode ser realizada por meio da análise gráfica (Histograma) e determinação dos índices de capacidades  $C_p$  e  $C_{pk}$ , no caso deste trabalho.

Para se verificar se os dados seguem distribuição normal, suposição para se determinar esses índices, foi utilizado o teste de Anderson-Darling através do *software* Minitab, que apresentou um p-valor (*p-value*) de 0,509, conforme mostra a Figura 1, o que leva a não rejeição da normalidade dos dados.

Figura 1- teste de normalidade de Anderson-Darling para os dados de teor 85%



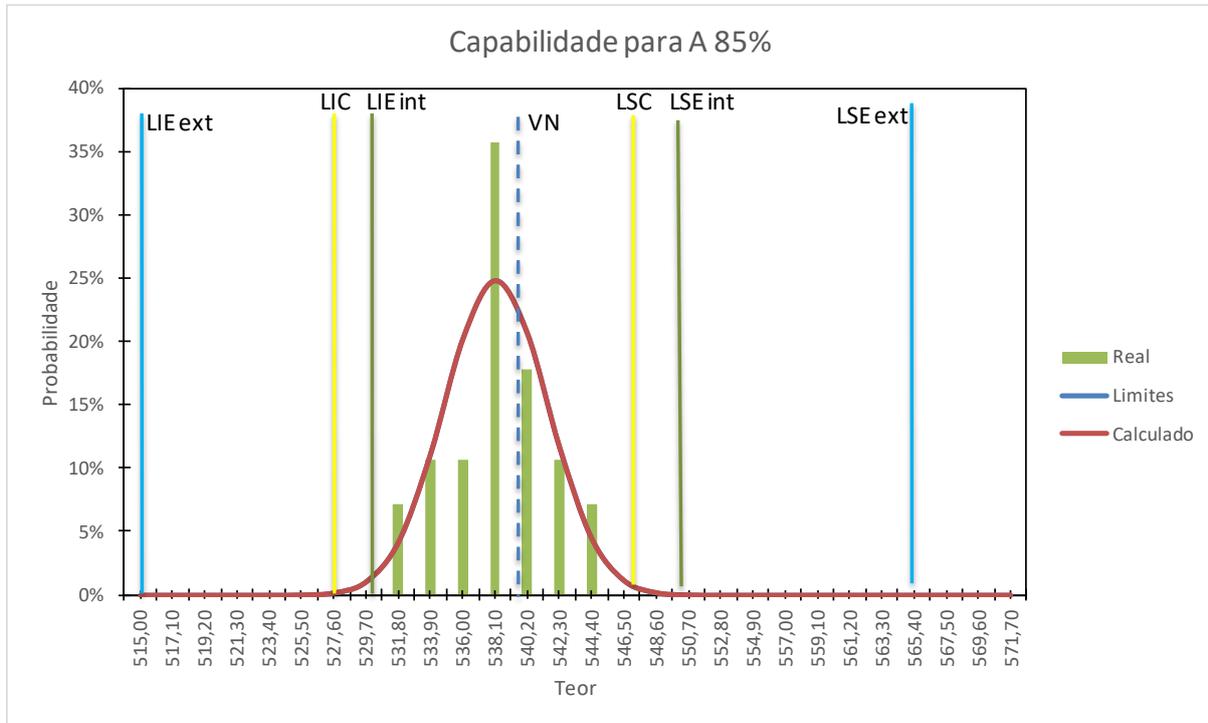
Fonte: Minitab (2010)

Inicialmente será determinado os índices de capacidade com base nas especificações da empresa que são: LIE=530g , LSE=550g, com valor nominal=540g. Como a média do processo é de 537,1g/L, diferente do valor nominal, o índice de capacidade adequado é o  $C_{pk}$  (na fórmula foram utilizados os estimadores, conforme discutido acima).

$$\text{Logo, } C_{pk} = \min \left[ \frac{\bar{X} - LIE}{3 \cdot \frac{Rm}{d2}} ; \frac{LSE - \bar{X}}{3 \cdot \frac{Rm}{d2}} \right] = \min [0,685156; 1,420413] = 0.685156$$

Como  $C_{pk}$  é menor que 1,33, o processo não é capaz ao se considerar os limites de especificações da empresa. A Figura 2 mostra o histograma com os respectivos limites de especificações, onde se observa que há valores de teor abaixo do limite inferior de especificação.

Figura 2- Análise gráfica do processo para dados de teor 85%



Fonte: Elaborado pelos autores

Nota: VN= valor nominal; LIEint e LSEint = limites inferior e superior de especificação interno (empresa), respectivamente; LIEext e LSEext = limites inferior e superior de especificação externo (MAPA), respectivamente.

Ao realizar a mesma análise de capacidade do processo considerando a especificação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (LIE= 515, LSE= 565, Valor nominal = 540), o índice  $C_{pk}$  é de 2,26, maior que 1,33, o que caracteriza que o processo é capaz, com base nessas especificações. Os cálculos são apresentados a seguir:

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{LSE - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LIE}{3\sigma} \right] = \min \left[ \frac{\bar{X} - LIE}{3 * \frac{Rm}{d2}}; \frac{LSE - \bar{X}}{3 * \frac{Rm}{d2}} \right] = \min [2,26432; 2,999590] = 2,264332$$

Considerando esses resultados, é importante afirmar que os limites de especificações utilizados pela empresa são mais estreitos, mais severos que os limites definidos pelo MAPA.

Tal atitude gera um conforto maior quanto a produção de lotes fora das especificações legais definidos pelo MAPA. Contudo, a empresa pode, certamente, definir um plano de ação para reduzir a variabilidade entre os lotes e centralizar a média do processo no valor nominal das especificações (projeto). Tão ação poderá, também, tornar o processo capaz dentro das especificações mais rígidas da empresa.

## 6. Conclusão

Como conclusão central, este artigo mostrou que os gráficos de controle para medidas individuais e amplitudes móveis, aplicados para o caso particular da empresa pesquisada, são adequados para monitorar um processo de produção em bateladas e se revelam eficientes na detecção de causas especiais. Todavia, recomenda-se que sejam coletadas mais de uma amostra por lote para que seja possível investigar a variabilidade dentro de cada lote, além da variabilidade entre os lotes, e aplicar o gráfico da média para monitorar o nível da qualidade, conforme apresentado na seção 2.

Por fim, como contribuição para a empresa, recomenda-se que estudos sejam efetuados para reduzir a variabilidade entre os lotes e centralizar a média do processo com o valor nominal de projeto, partindo-se que isso gera menos custos de produção e danos à saúde humana e ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

**AGROLINK:** A cultura de defensivos agrícolas. 2016. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/defensivos.aspx>>. Acesso em: 13.11.2016.

**CARPINETTI, L.C.R.** Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

**COSTA, Antonio Fernando Branco ; EPPRECHT, Eugenio Kanh ; CARPINETTI, Luiz César Ribeiro Carpinetti.** "Controle Estatístico de Qualidade". Editora Atlas S.A., São Paulo, 2004.

**CRQ:**Defensivos Agrícolas. 2017. Disponível em: <  
[http://www.crq4.org.br/quimica\\_viva\\_\\_defensivos\\_agricolas](http://www.crq4.org.br/quimica_viva__defensivos_agricolas)>. Acesso em: 13.11.2016.

**LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A.** Fundamentos de metodologia científica. 6. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2007.

**Manual Minitab** – Conheça o Minitab 16 – versão 16.1.0 – 2010.

**MONTGOMERY, D. C.** Introdução ao controle estatístico da qualidade. São Paulo. 4ª edição. Editora LTC, 2004.

**MONTGOMERY, D.C.; JENNINGS, C.L.; PFUND, M.E.** Managing, Controlling, and Improving Quality. USA: John Wiley & Sons, Inc, 2011.

**MORETTIN, A. Pedro, BUSSAB, Wilton O.** - Estatística Básica. São Paulo. 5ª edição. (6ª tiragem). Editora Saraiva, 2006.

**PHILIPS, F ; PUGH, D. S.** How to get a PHD. Open University Press, Milton Keynes, 1989.

**RAMOS, A. W.** *CEP para Processos Contínuos e em Bateladas*. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2000.

**SHEWHART, W. A.** *Economic Control Quality of Manufacturing Product*. New York: Van Nostrand, 1931.

**WERKEMA, M.C.C.** Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos. Vol. II, Editora Fundação Christiano Ottoni - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.