

GRÁFICOS DE CONTROLE NA AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO EM JARDINS RESIDENCIAIS

M. M. K. Siqueira¹; M. A. Vilas Boas²; J. P. Moura³

RESUMO: Devido à necessidade do controle de qualidade na irrigação quanto à uniformidade de distribuição de água, os gráficos de controle tem sido uma ferramenta útil para verificar se um processo está ou não sob controle. Nesse contexto, avaliou-se neste estudo um sistema de irrigação composto por quatro microaspersores distanciados de 2,50 metros, em um jardim residencial na cidade de Cascavel, PR. Entre os microaspersores foram dispostos 25 coletores distanciados de 0,50 metros entre si. Realizou-se cinco tratamentos aplicando-se respectivamente as pressões de 80, 100, 130, 150 e 180 kPa, nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5. Para cada tratamento, realizou-se 25 repetições com irrigação de 1 hora. A partir do cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), verificou-se que o tratamento 4 obteve o melhor desempenho, com 72,19%. De acordo com os gráficos de controle, verificou-se que a irrigação no tratamento 4 esteve sob controle, no entanto não foi capaz de se manter sob controle ao longo do tempo devido ao baixo valor do índice de capacidade do processo (C_{pi}) de 0,61. Esses resultados indicam que é possível obter uma uniformidade de distribuição de água aceitável ao utilizar a pressão de 150 kPa, abaixo do recomendado pelo fabricante (180 kPa).

PALAVRAS-CHAVE: controle de qualidade, índice de capacidade do Processo, microirrigação.

CONTROL CHART FOR THE EVALUATION OF THE IRRIGATION SYSTEM IN HOME GARDENS

SUMMARY: Due to the need for quality control in irrigation as the uniformity of water distribution, control charts has been a useful tool to check if a process is or is not under control. In this context, an irrigation system composed of four microsprinklers spaced of 2.50 meters was evaluated in a residential garden in the city of Cascavel, PR. Between the microsprinklers were arranged 25 collectors spaced 0.50 meters apart. Five treatments were carried out applying

¹ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste. Rua Universitária 2069, Jardim Universitário – CEP 85819-110 – Cascavel/PR. (45) 9121-6006, e-mail: martamks@gmail.com

² Professor Doutor do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola – Unioeste, Cascavel, PR.

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Unioeste, Cascavel, PR.

pressures respectively of 80, 100, 130, 150 and 180 kPa, the treatments 1, 2, 3, 4 and 5. For each treatment, 25 repetitions were performed with 1 hour irrigation. By the calculation of the distribution uniformity coefficient (CUD), it was verified that the treatment 4 obtained the best performance, with 72.19%. According to the control charts, it was found that irrigation in treatment 4 was under control, however it was not able to remain under control over time due to the low value of the process capacity index (C_{pi}) of 0,61. These results indicate that it is possible to obtain an acceptable uniformity of water distribution by using the pressure of 150 kPa below the recommended by the manufacturer (180 kPa).

KEYWORDS: quality control, process capacity index, microirrigation.

INTRODUÇÃO

A água sendo um recurso hídrico limitado e nem sempre suficiente para atender a todos os usuários simultaneamente, tanto para o consumo como para irrigação, é necessário utilizá-lo racionalmente. Assim, estudos para manter a qualidade do gramado, consumindo o mínimo de água, energia e seus custos, são fundamentais (SILVA et al., 2010).

Para isso Montgomery (2004), afirma que o controle estatístico do processo em tempo real é uma poderosa ferramenta para encontrar a estabilidade de um processo e melhorar a capacidade a partir da redução da variabilidade. Ressalta ainda que uma das técnicas para a monitorização do processo é realizada a partir da utilização do gráfico de controle.

Em se tratando de sistemas de irrigação, a aplicação de gráficos de controle utilizando-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) tem sido uma das formas para a monitorização do sistema, o qual segundo Zhang e Merkle (2012) é um dos indicadores mais comuns de uniformidade de aplicação de água na irrigação.

Para Andrade et al. (2017) que avaliaram a uniformidade de distribuição de microaspersores ressaltam a importância da utilização do controle estatístico de qualidade em sistemas de irrigação. Os mesmos destacam que os resultados a partir de gráficos de controle foram relevantes para verificar a variabilidade do processo e que com o uso do índice de capacidade do processo foi possível classificar as melhores formas de irrigação

Nesse contexto, objetivou-se neste estudo utilizar gráficos de controle e índice de capacidade do processo para avaliar a uniformidade de distribuição de água de um sistema de microaspersão. Identificar a pressão mínima de serviço que possibilita a redução do consumo de água, mantendo a uniformidade de distribuição. Investigar em qual pressão de serviço a

uniformidade de distribuição de água apresenta-se sob controle estatístico e indicar o tratamento em que a irrigação é capaz de se manter sob controle ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um jardim residencial situado na cidade de Cascavel, PR., Brasil, cujas coordenadas geográficas do local são 24°57'1'' S e 53°26'27'' O, situado a 756 metros de altitude. A classificação do clima é Cfa, segundo a classificação de Köppen-Geiger, considerado subtropical úmido, com temperatura média de 18,2°C e pluviosidade média anual de 1822 mm.

Os ensaios foram realizados em um jardim dotado de grama esmeralda (*Zoysia japonica*) sobre uma topografia plana. Utilizou-se um kit com quatro microaspersores novos, da marca Elgo, do tipo bailarina, com lançamento de água a 360°, com pressão de serviço recomendada pelo fabricante de 180 kPa.

Os microaspersores foram posicionados em uma malha de 2,50x2,50 metros, entre os quais foram dispostos 25 coletores à distância de 0,25 m do microaspersor e de 0,50 m entre os coletores. Os coletores foram inseridos em suportes metálicos para evitar o tombamento durante os ensaios, estado sua base no nível do gramado.

Os dados climáticos referentes à temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento ($m\ s^{-1}$), foram coletados com uma miniestação meteorológica sem fio, da marca Instrutemp-ITWH 1080. O equipamento foi posicionado a um metro de altura, com a finalidade de coletar os dados próximos à altura com que a água é lançada pelo microaspersor. O receptor dos dados foi posicionado a 5 metros de distância da miniestação meteorológica, programado para receber os dados a cada 10 minutos, via wireless.

O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (T1 ao T5), variando-se as pressões de serviço em 80, 100, 130, 150 e 180 kPa, realizando-se 25 ensaios de irrigação com uma hora de duração, em cada tratamento.

A coleta dos dados iniciou-se no dia 25/07/2015 e finalizado no dia a 23/09/2015. Com os dados das lâminas em mm, foram calculados os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), a partir da equação:

$$CUD=100\left(\frac{x_{25}}{x_{med}}\right) \quad (1)$$

Em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

x_{25} = média do menor quartil dos volumes de água contidos nos coletores, em mm;

$x_{méd}$ = média geral dos valores dos volumes de água coletados, em mm;

Keller e Bliesner (2009) propuseram a classificação para o CUD de acordo com os valores obtidos nos ensaios, a fim de identificar a eficiência do sistema de irrigação. Os mesmos classificaram como excelentes os valores de CUD superiores a 90%; bom entre 85 e 90%; aceitáveis entre 84 e 65% e inaceitáveis os valores abaixo de 65%.

Para as análises estatísticas dos dados, obtenção de gráficos de controle de Shewhart para medidas individuais e cálculo do índice de capacidade do processo, foi utilizado o *software Minitab 16*. Sendo o limite superior de controle (LSC), linha média (LM) e limite inferior de controle (LIC) dos gráficos de controle, calculados pelas equações:

$$LSC = \bar{\bar{X}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2)$$

$$LM = \bar{\bar{X}} \quad (3)$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (4)$$

Onde:

" $\bar{\bar{X}}$ " = média das médias;

" \bar{R} " = média das amplitudes dos dados;

d_2 = constante igual a 1,128 para $n=2$, de acordo com a tabela descrita por Montgomery (2009).

Para verificar se o processo é capaz de se manter sob controle ao longo do tempo, foram calculados os índices de capacidade do processo (C_{pi}) a partir do limite inferior de especificação (LIE) que, segundo o mesmo autor, para processos existentes, o valor deve ser igual ou superior a 1,25, obtidos pela equação:

$$C_{pi} = \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{3\sigma} \quad (5)$$

Em que:

" $\bar{\bar{X}}$ " = média das médias;

LIE = limite Inferior de Especificação

σ = desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos dados referentes às médias das lâminas coletadas em 25 ensaios nos cinco tratamentos, média dos valores de coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) e média dos dados climáticos (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento) coletados a cada 10 minutos durante todos os ensaios.

A maior lâmina foi obtida pelo tratamento 4 (150 kPa) com 8,28 mm, seguida pelo tratamento 5 (180 kPa) com 7,46 mm, nos quais também foram obtidos os maiores valores de CUD, com valores de 72,20 e 69,05% respectivamente.

No tratamento 1 (80 kPa) obteve-se a menor lâmina (5,84 mm) bem como o menor valor de CUD (13,51%). Além disso, verificam-se que os dados relativos ao CUD não apresentaram normalidade ao nível de 5% de significância.

Os valores de CUD dos tratamentos 4 e 5 são comparáveis aos obtidos por Palaretti et al. (2014), que obtiveram em ensaios para análise de coeficientes de uniformidade de aplicação de microaspersores da marca DAN 2001, o valor de 71,35%.

De acordo com a classificação proposta por Keller e Bliesner (2009) os valores de CUD obtidos nos tratamentos 4 e 5 são considerados aceitáveis. Já para os tratamentos 1, 2 e 3 (13,51, 60,98 e 53,39%, respectivamente) são considerados inaceitáveis para irrigação.

Observa-se que nos tratamentos 1, 2, 3 e 5 (80, 100, 130 e 180 kPa) a temperatura média foi em torno de 30°C, com coeficientes de variação entre 11,73 e 13,88%. Já, no tratamento 4 (150 kPa), a temperatura média foi mais baixa com 19,11°C e coeficiente de variação de 18,5%. Dados semelhantes foram obtidos por Frigo et al. (2013) que registraram temperatura de 11 a 33,7°C em avaliação de aspersores convencionais no período diurno.

A média da umidade relativa do ar nos tratamentos 1, 2, 3 e 5 variou entre 30,58 e 52,2%, considerada baixa em relação à registrada no tratamento 4, cuja média foi de 68,45%.

A velocidade média do vento, nos tratamentos 1, 2, 3 e 5 foi de 1,35 a 1,87 m s⁻¹, com coeficientes de variação entre 30,37 e 51,48%. Valor equivalente foram observados nos estudos realizados por Justi, Vilas Boas e Sampaio (2010), que registraram a velocidade média de 1,85 m s⁻¹ em avaliação da irrigação por aspersão. Entretanto, no tratamento 4 a média da velocidade do vento foi baixa (0,44 m s⁻¹), com elevado coeficiente de variação (74,33%).

De forma geral, observa-se que durante os ensaios correspondentes ao tratamento 4 foi registrada baixa temperatura, alta umidade relativa do ar e baixa velocidade do vento em relação aos demais tratamentos.

Para identificar se o processo esteve ou não sob controle estatístico nos cinco tratamentos, foram propostos gráficos de controle de Shewhart para medidas individuais para CUD, com a finalidade identificar a variação da uniformidade de distribuição durante os 25 ensaios.

Zhang, Merkley e Pinthong (2013) afirmam que quando a velocidade do vento excede o valor de 1,8 a 2,0 m s⁻¹, a uniformidade de distribuição de água pode reduzir significativamente. Desta forma foi apresentado o gráfico de controle referente ao CUD, indicando o limite aceitável de 65% proposta por Keller e Bliesner (2009), bem como os gráficos de controle em relação à velocidade do vento, com a indicação da velocidade do vento de 2 m s⁻¹.

Desta forma, as Figuras 1a e 1b apresentam os gráficos de controle para CUD e velocidade do vento, respectivamente, para o tratamento 1.

Observa-se a existência de ensaios com valores de CUD fora dos limites de controle, indicando que a irrigação está fora de controle estatístico. Além disso, verificam-se que todos os pontos plotados estão abaixo do valor considerado por Keller e Bliesner (2009) como mínimo aceitável (65%), tendo baixos valores de limites de controle, classificados como inaceitáveis.

Nos ensaios 1, 2, 4 e 6 foram obtidos os maiores valores de CUD, acima do limite superior de controle (LSC), verificando-se que durante esses ensaios, a velocidade do vento ficou próxima de 2 m s⁻¹. Também observa-se uma tendência decrescente no gráfico referente ao CUD, com mais de oito pontos abaixo da linha média, como nos ensaios 15 ao 25, a qual também indica um processo fora de controle.

Verificam-se que nos ensaios 4, 5, 7 e 8, as velocidades do vento estão acima do LSC, as quais estão relacionadas aos maiores valores de CUD. Já, nos ensaios 24 e 25 foram registradas as menores velocidades de vento, que corresponderam aos mais baixos valores de CUD.

Para o tratamento 2, são apresentadas as Figuras 2a e 2b, correspondentes aos gráficos de controle para CUD e velocidade do vento (respectivamente).

Embora o gráfico não apresente pontos fora dos limites de controle, observa-se que em apenas oito ensaios, o CUD apresentou-se acima do limite mínimo aceitável de 65%, tendo como valores de média e limite inferior de controle (LIC), classificados como inaceitáveis. Com isso, a irrigação nesse tratamento também foi considerada fora de controle estatístico.

Verificam-se que os valores de CUD acima de 65%, foram realizados sob ventos abaixo de 2 m s⁻¹. No entanto, observa-se que a relação entre o CUD e velocidade do vento nos demais ensaios apresentou-se variável, a exemplo do ensaio 9, no qual foi registrado a menor velocidade do vento com o menor valor de CUD. Por outro lado, no ensaio 24, a baixa velocidade do vento, correspondeu ao mais elevado valor para o CUD.

Para o tratamento 3, as Figuras 3a e 3b, respectivamente, apresentam os gráficos de controle para CUD e velocidade do vento.

Apesar de não apresentar pontos fora dos limites de controle quanto ao CUD, verificam-se que o valor da média e do limite inferior de controle são inaceitáveis perante a classificação de Keller e Bliessner (2009), o qual indica que o processo está fora de controle.

Observa-se que apenas em três ensaios (4, 11 e 20) foram obtidos valores de CUD acima de 65%, sendo os ensaios 4 e 11 realizados sob ventos abaixo de 2 m s^{-1} e o ensaio 20, realizado sob elevada velocidade do vento, acima do LSC, com o mais elevado CUD. Entretanto, no ensaio 10, com o mais baixo valor de CUD, a velocidade do vento esteve abaixo de 2 m s^{-1} . Percebe-se dessa forma, que houve uma relação variável entre os valores de CUD e a velocidade do vento nesse tratamento.

As Figuras 4a e 4b apresentam os gráficos de controle para CUD e velocidade do vento, (respectivamente) correspondente ao tratamento 4.

Observa-se que não houve pontos fora dos limites de controle, verificando-se que apenas em dois ensaios (20 e 23) foram obtidos valores de CUD abaixo do limite aceitável de 65 %. Percebe-se que durante esses dois ensaios, foram registradas baixas velocidades do vento, próximas ao LIC. Por outro lado, o maior valor de CUD, obtido no ensaio 3, a velocidade do vento ($0,62 \text{ m s}^{-1}$) foi acima da média. De forma geral, nesse tratamento, todos os ensaios foram realizados sob velocidade do vento abaixo de 2 m s^{-1} , estando a irrigação sob controle.

Os gráficos de controle para CUD e velocidade do vento correspondentes ao tratamento 5, são apresentados nas Figuras 5a e 5b, respectivamente.

Apesar dos altos valores obtidos para os limites de controle em relação ao CUD, percebe-se que o ensaio 16 o CUD encontra-se abaixo do LIC e dessa forma, considerou-se a irrigação fora de controle. Observa-se que o ensaio 16 foi realizado sob velocidade do vento acima de 2 m s^{-1} , podendo ser a causa do baixo valor para o CUD. No entanto, registrou-se ventos acima do limite superior de controle (ensaio 8) e obteve-se um valor para CUD acima da média.

Com a finalidade de identificar os tratamentos que possuem a capacidade de se manter sob controle ao longo do tempo, foram calculados os índices de capacidade do processo (C_{pi}) a partir do limite inferior de especificação de 65%, os quais são apresentados na Tabela 2.

Devido aos baixos valores obtidos em relação aos índices de capacidade do processo em todos os tratamentos, os quais apresentam-se abaixo do valor mínimo (1,25) estabelecido por Montgomery (2009), considerou-se que as irrigações não foram capazes de se manter sob controle ao longo do tempo. No entanto, o tratamento 4 obteve o melhor desempenho com o valor de C_{pi} de 0,61, seguido pelo tratamento 5 com 0,52.

Para Justi, Vilas Boas e Sampaio (2010), o índice de capacidade do processo representa um diagnóstico sobre a irrigação, indicando sua capacidade de se manter sob controle de forma constante, ou seja, capaz de manter níveis aceitáveis de uniformidade.

CONCLUSÕES

O tratamento 4 (pressão de 150 kPa) alcançou o melhor desempenho com os valores mais elevados em relação à lâmina média e CUD.

O gráfico de controle indicou que o tratamento 4 foi o único que esteve sob controle estatístico com elevados limites de controle. Porém, devido aos baixos valores do índice de capacidade do processo, o mesmo não foi capaz de se manter sob controle ao longo do tempo.

Os resultados indicaram que ao irrigar o gramado do jardim residencial com pressão de serviço de 150 kPa, abaixo do especificado pelo fabricante (180 kPa), é possível reduzir o consumo de água e obter uma uniformidade de distribuição de água classificada como aceitável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. G.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; DIETER, J.; SATO, M.; HERMES, E.; MERCANTE, E.; TOKURA, L. K. Statistical quality control for evaluation of uniformity of microsprinkler irrigation with photovoltaic solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 78, p. 743-753, 2017.

FRIGO, J. P., VILAS BOAS, M. A., FRIGO, E. P., HERMES, E., TESSARO, E. Irrigação diurna e noturna em um sistema de aspersão convencional em Palotina Paraná. *Irriga*, Botucatu, v. 18, nº 02, p. 318-327, 2013.

JUSTI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C. Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. *Eng. Agrícola*. Jaboticabal. v. 30, nº 02, 2010, 5p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D.; *Sprinkle and Trickle Irrigation*, Chapman-Hall, Publishers, 1990, Utah State University, Copyright to 2009. 314p.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C.; HUBELE, N. F. *Estatística Aplicada à Engenharia*. 2ª edição. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Capítulo 8: Controle Estatístico da Qualidade. P. 279-309, 2004.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to Estatistical Quality Control. 6th ediction. Arizona. 2009. 754p.

PALARETTI, L. F.; ZANINI, J. R.; VECHIATO, D. A.; DALRI, A. B.; FARIA, R. T. Análise dos coeficientes de uniformidade de aplicação de microaspersores. II Inovagri International Meeting. Fortaleza, p.2979-2985, 2014.

SILVA, D. F.; OLIVEIRA, R. A., OLIVEIRA MELO, F. A.; GOMES PEREIRA, O. e COSTA, L. C. Influência de distintas lâminas de irrigação no desenvolvimento e na qualidade visual da grama-batatais. Acta Scientiarum. Technology. Maringá, v. 32, nº 01, p.43-48, 2010.

ZHANG, L.; MERKLEY, G. P. Relationships between common irrigation application uniformity indicators. Irrigation Science. v. 30, nº 02, p.83-88, 2012.

ZHANG, L.; MERKLEY G. P., PINTHONG, K. Assessing whole-filed sprinkler irrigation application uniformity. Irrigation Science. v. 31, p. 87-105, 2013.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados dos cinco tratamentos

Tratamentos	Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	Mínimo	Máximo	p-valor*
T 1 (80 kPa)	Lâmina (mm h ⁻¹)	5,84	3,98	68,13	0,32	15,13	0,219
	CUD (%)	13,51	13,45	99,56	0,62	42,29	<0,005
	Temp. (°C)	30,86	3,62	11,73	24,73	36,00	0,047
	Umidade (%)	47,80	13,21	27,63	30,33	72,17	0,061
	Vento (m s ⁻¹)	1,35	0,69	51,48	0	2,48	0,806
T2 (100 kPa)	Lâmina (mm h ⁻¹)	7,31	1,88	25,71	2,95	11,04	0,528
	CUD (%)	60,98	6,83	11,2	48,06	76,65	0,872
	Temp. (°C)	27,70	3,85	13,88	21,70	34,25	0,408
	Umidade (%)	52,20	12,77	24,45	33,67	76,50	0,146
	Vento (m s ⁻¹)	1,87	0,57	30,37	0,92	2,88	0,207
T3 (130 kPa)	Lâmina (mm h ⁻¹)	7,42	2,18	29,43	3,52	11,60	0,528
	CUD (%)	53,39	10,01	18,75	34,51	77,54	0,604
	Temp. (°C)	30,42	3,85	12,65	22,50	35,51	0,102
	Umidade (%)	37,73	17,91	47,46	13,00	75,33	0,019
	Vento (m s ⁻¹)	1,58	0,59	37,98	0,66	2,95	0,652
T4 (150 kPa)	Lâmina (mm h ⁻¹)	8,28	1,74	20,97	5,06	13,61	0,110
	CUD (%)	72,19	4,36	6,04	62,54	80,25	0,852
	Temp. (°C)	19,11	5,45	28,50	10,72	29,72	0,077
	Umidade (%)	68,45	22,72	33,20	29,67	98,83	0,047
	Vento (m s ⁻¹)	0,44	0,33	74,33	0	1,13	0,018
T5 (180 kPa)	Lâmina (mm h ⁻¹)	7,46	1,65	22,04	4,83	10,81	0,301
	CUD (%)	69,05	3,795	5,50	57,34	74,38	0,261
	Temp. (°C)	30,25	4,18	13,28	22,10	35,33	0,048
	Umidade (%)	30,58	12,78	41,79	16,00	58,50	<0,005
	Vento (m s ⁻¹)	1,44	0,63	43,37	0,37	2,43	0,657

*Teste de normalidade: Anderson Darling, a 5% de significância.

Tabela 2. Índice de Capacidade do Processo (Cpi)

Índice de capacidade do processo para CUD (%) com LIE=65%					
Tratamentos:	T. 1 (80kPa)	T. 2 (100 kPa)	T. 3 (130 kPa)	T. 4 (150 kPa)	T 5 (180 kPa)
Cpi:	0	0	0	0,61	0,52

LIE=Limite inferior de especificação

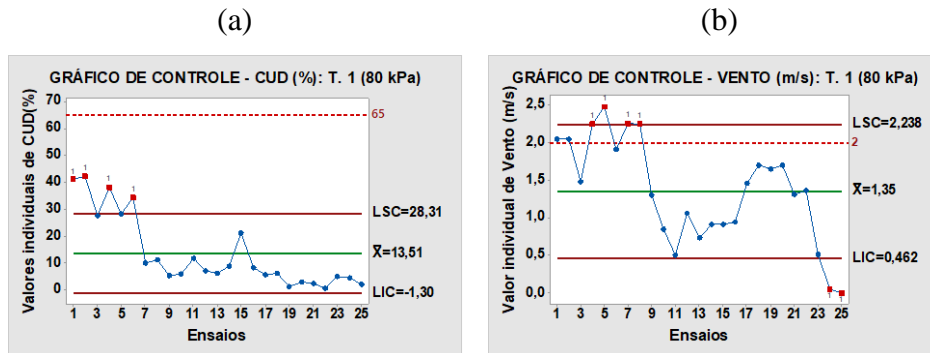


Figura 1. Gráfico de controle para CUD (a) e velocidade do vento (b): T1

1= ponto fora do limite de superior ou inferior de controle (LSC ou LIC)

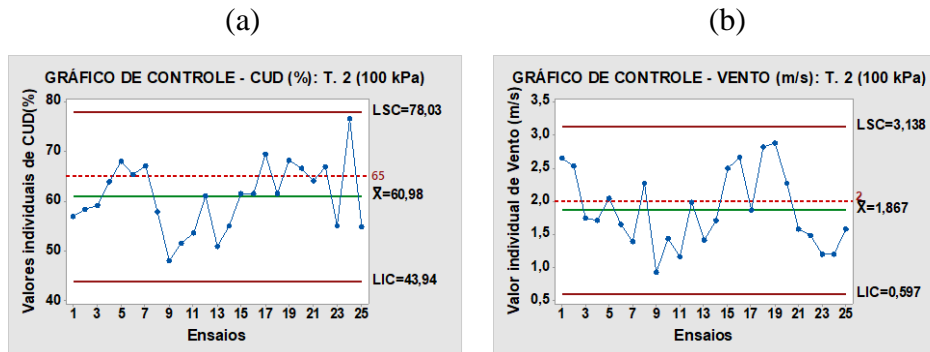


Figura 2. Gráfico de controle para CUD (a) e velocidade do vento (b): T2

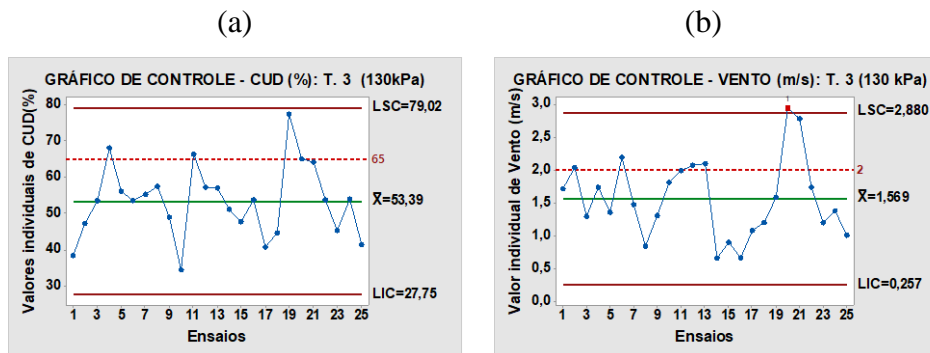
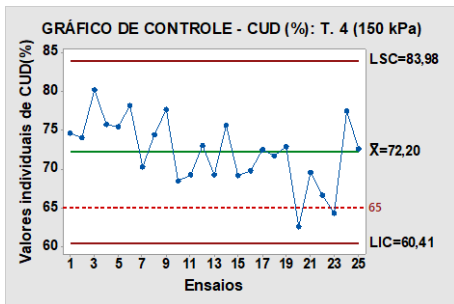


Figura 3. Gráfico de controle para CUD (a) e velocidade do vento (b): T3

1= ponto fora do limite de superior de controle (LSC)

(a)



(b)

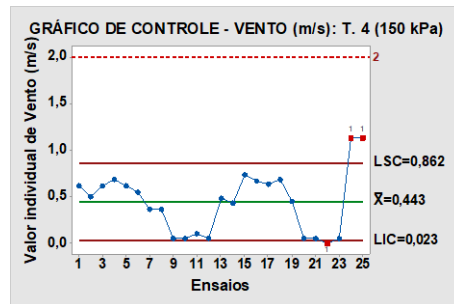
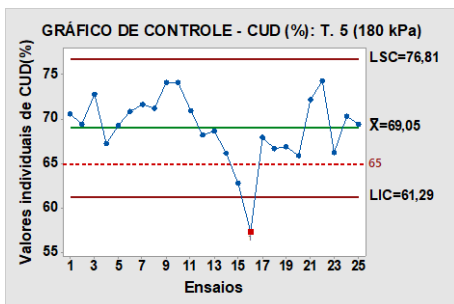


Figura 4. Gráfico de controle para CUD (a) e velocidade do vento (b): T4

1= ponto fora do limite de superior ou inferior de controle (LSC ou LIC)

(a)



(b)

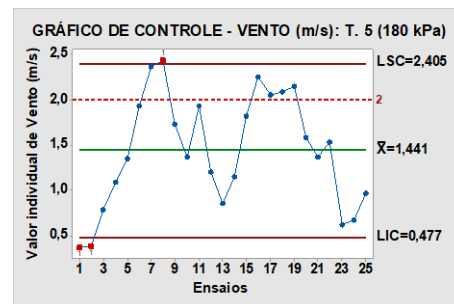


Figura 5. Gráfico de controle para CUD (a) e velocidade do vento (b): T5

1= ponto fora do limite de superior ou inferior de controle (LSC ou LIC)