



## **ANÁLISE DE CONTROLE E CONFIABILIDADE DE LABORATÓRIOS EM MICROASPERSORES UTILIZANDO TESTES ESTATÍSTICOS DE DIXON**

Davi Paiva Oliveira, Manoel Valnir Júnior, Marco Antônio Rosa Carvalho, Clayton Moura Carvalho, Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima, Lilian Cristina Castro Carvalho

---

Universidade Federal do Ceará

---

### **RESUMO**

O uso de métodos estatísticos aplicados em laboratórios é ferramenta alternativa e de grande importância para o controle da garantia e confiabilidade dos resultados. Eles são utilizados para avaliar se os valores encontrados quando da realização de um ensaio ou teste, de um determinado produto, estão condizentes com os valores estabelecidos pelos fabricantes ou normalizados na literatura pertinente. Este trabalho teve como objetivo avaliar e identificar o grau de padronização e controle de resultados de leituras de vazão em microaspersores, montados em uma bancada de ensaios no Laboratório de Ensaios em Equipamentos de Irrigação - LEEI do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Sobral. O experimento foi realizado nos dias 03 e 04 de dezembro de 2009, quando foram feitas 15 leituras de vazão, sendo considerada cada leitura uma repetição, com 10 microaspersores conectados a uma mesma linha (diâmetro de ½ polegada). A coleta de água era realizada em baldes plásticos com capacidade para 15 litros durante 3 minutos, com a pressão na linha constante em 100kPa. De posse dos volumes coletados, foram realizadas as pesagens de cada balde em balança de precisão e desta forma, foi conhecida a vazão de cada emissor através do método direto gravimétrico. Todos os valores encontrados no ensaio foram aceitos pelo teste estatístico de Dixon, para os níveis de 1 e 5% de significância, certificando desta forma a não existência de valores dispersos (outliers).

**Palavras-chave:** Repetitividade, Teste Bilateral, Irrigação Localizada.

### **ABSTRACT**

The use of statistical methods used in laboratories and backup tool is of great importance for the control of the security and reliability of the results. They are used to evaluate the values encountered in the implementation of a trial or test of a particular product, are consistent with those established by the manufacturers or the standard literature. This work had as objective to evaluate and identify the degree of standardization and control of results of flow readings in microsprinklers, mounted on a assays bench in the Assays Laboratory in Irrigation Equipment - LEEI of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Ceará - IFCE, Sobral Campus. The experiment was carried through in days 03 and 04 of December 2009, when 15 flow readings had been made, being considered each reading a repetition, with 10 microsprinklers connected in the same line (½ inch diameter). The water collection was carried through in plastic buckets with capacity for 15 liters during 3 minutes, with the constant pressure in the line on 100kPa. Armed with the collected volumes, the weight of each bucket in precision scale had been carried through and thus has been known the flow of each emitter through the direct gravimetric method. All the values found in the assay had been accepted for the Dixon statistical test, for the levels of 1 and 5% of significance, certifying in such a way not the existence of dispersed values (outliers).

**Key words:** Repeatability, Bilateral Test, Located Irrigation.

## INTRODUÇÃO

A empresa produtora busca melhor qualidade do seu produto final, a fim de se manter competitiva nos mercados atuais. Nesta busca, o laboratório analítico exerce papel fundamental, executando a análise de matérias-primas, produtos intermediários e finais. Decisões são tomadas baseadas nos resultados emitidos pelo laboratório, o que torna necessária a utilização dos sistemas de controle da qualidade analítica (CHUI, 2004).

Medir os impactos econômicos resultante de ensaios envolve, pelo menos, dois aspectos principais: quando a atividade está relacionada à certificação ou homologação de produtos, indispensáveis à sua comercialização, ou seja, o serviço de ensaio define se um produto pode ou não ser comercializado; ou quando o ensaio está relacionado diretamente com uma decisão econômica. Neste caso o impacto pode ser medido pelo próprio impacto da decisão (KUNZLER e PRECIANO, 2009).

Segundo Kunzler e Preciano (2009), os ensaios laboratoriais são necessários justamente para garantir a integridade dos produtos fabricados. Nos dias de hoje, onde a qualidade garantida por normas específicas é cada vez mais necessária para disputar espaço com as grandes concorrências do mercado, é inadmissível um produto falhar por problemas de fabricação.

A utilização de métodos estatísticos em análises laboratoriais é de grande importância. Quando uma empresa fabricante de certo produto quer avaliar as características deste produto para que ele possa ser certificado, e tenha uma qualidade de garantia e confiabilidade, é necessário que essa empresa submeta seus produtos a testes laboratoriais através de aplicação de métodos estatísticos para avaliar se os dados fornecidos pela realização dos ensaios ou testes estão conformes com os valores dados pelo fabricante. É justamente nesse ponto que se faz importante a aplicação dos métodos estatísticos, pois através dos resultados destes é que será possível julgar se tal valor está conforme ou não com os valores pré-estabelecidos e especificados nas normas.

Os métodos estatísticos são quem fornecem a precisão, exatidão e eficácia do ensaio. Responsabilizando-se pelo controle de qualidade e confiabilidade, garantia que os laboratórios transmitem aos testes, pois quando um laboratório

apresenta essas características nota-se uma boa qualidade dos resultados.

Segundo Brum et al (2006) Um fator importante que antecede análise de dados é a seleção de um método estatístico adequado que permita avaliar corretamente o comportamento dos efeitos dos tratamentos estudados e sua magnitude.

O controle estatístico do processo tem por objetivo monitorar, utilizando-se de ferramentas estatísticas, um processo ou procedimento de fabricação ou de serviço, tentando encontrar e eliminar as causas especiais e reduzir as causas comuns (GRAU, 2003).

O teste de Dixon – é uma das maneiras para se avaliar dados considerados suspeitos de pertencerem de uma população. O valor Q de Dixon é definido como a relação entre a diferença existente entre o valor suspeito e o valor mais próximo a este e a diferença entre o maior e o menor valor do conjunto de medidas. O valor de Q calculado é comparado com o valor de Q tabelado, para o nível de confiança desejado, caso este não seja maior que o tabelado o valor suspeito é mantido caso contrário é rejeitado (OLIVEIRA, 2008).

Dispersos são caracterizados como erros aleatórios, os quais devem ser minimizados ao máximo para que a média não fique distorcida. São definidos como membros de uma série de valores que são inconsistentes com os membros da série. Os valores dispersos devem ser investigados para encontrar causas assinaláveis e identificar problemas de medida, se ocorrem com frequência indica má qualidade do processo de medida, que deve ser alterado, através de ações corretivas.

Visto a importância dos ensaios laboratoriais este estudo tem como propósito avaliar e identificar o grau de padronização e controle de resultados de ensaios em microaspersores, utilizando o método estatístico de Dixon.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Ensaios em Equipamentos de Irrigação – LEEI, acreditado ao INMETRO sob o nº CRL 0256 e pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE, Campus Sobral – CE.

O ensaio foi realizado na bancada de microaspersores, com 10 emissores da marca

Amanco, do tipo fixo, de cor branca, bocal 360o x 16 jatos, com vazão nominal de 45 L h-1 para uma pressão de serviço de 100 kPa, na mesma linha lateral. Utilizou-se 10 baldes com capacidade para 15 L cada. Com o uso de um cronômetro digital foi possível aferir o tempo de 3 minutos para cada repetição onde realizou-se 15 repetições com este mesmo procedimento. Após a coleta de certo volume de água, realizou-se a pesagem, com o auxílio de uma balança de precisão.

De posse dos dados adquiridos foi possível aplicar o teste de Dixon para identificar se na amostra continha valores dispersos ou "outliers". A estatística utilizada é dada através da tabela de Dixon (Tabela 1) onde são encontrados os valores críticos (tabelados), que são comparados com os valores retirados da amostra obedecendo ao seguinte procedimento:

1. Ordenar os dados amostrais em ordem crescente;
2. Calcular o valor de Q;
3. Comparar com o valor crítico da tabela de Dixon.

A rejeição de dados deve ser feita com extrema cautela a fim de evitar uma superestimativa do sistema de medição. Dados considerados "outliers" ou podem ser, na verdade, um indicativo de erros grosseiros ou erros sistemáticos que precisam ser detectados e eliminados. As equações utilizadas no teste de Dixon encontram-se descritas nas Equações de 1 a 3.

Para conjunto de dados com  $3 \leq n \leq 7$ :

$$D_3 \leftrightarrow 7 = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \text{ ou } \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} \quad (1)$$

Para conjunto de dados com  $8 \leq n \leq 12$ :

$$D_8 \leftrightarrow 12 = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1} \text{ ou } \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2} \quad (2)$$

Para conjunto de dados com  $13 \leq n \leq 40$ :

$$D_{13} \leftrightarrow 40 = \frac{x_3 - x_1}{x_{n-2} - x_1} \text{ ou } \frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_3} \quad (3)$$

Onde:

x1 é o menor valor obtido com a leitura de vazão;

x2 é o segundo menor valor obtido com a leitura de vazão;

x3 é o terceiro menor valor obtido com a leitura de vazão;

xn é o maior valor obtido com a leitura de vazão;

xn-1 é o penúltimo valor disposto em ordem crescente, obtido com a leitura de vazão e

xn-2 é o anti-penúltimo valor disposto em ordem crescente, obtido com a leitura de vazão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teste de Dixon

O resultado dos volumes coletados, já corrigidos (descontando o peso do balde) dos 10 microaspersores, com as 15 repetições encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

O teste de Dixon foi aplicado em cada microaspersor, considerando as 15 repetições, e os valores calculados (menor e maior) estão dispostos na Tabela 4.

Após a aplicação do método de Dixon aos valores obtidos no ensaio, podemos observar que, eles não se comportam como valores "outliers", ou seja, não são discrepantes.

Desta forma, para todos os microaspersores, os valores calculados se mostraram inferiores ao tabelado, portanto, em nenhum caso foi necessário a retirada de valores da amostra.

### Comparação das vazões

O ensaio permitiu o cálculo da vazão dos 10 microaspersores (15 repetições), pelo método direto gravimétrico, que apresentou os seguintes valores: 44,89 L h-1; 43,02 L h-1; 44,88 L h-1; 45,04 L h-1; 42,54 L h-1; 42,14 L h-1; 43,93 L h-1; 43,19 L h-1; 45,61 L h-1; 45,32 L h-1, para os respectivos microaspersores: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que não existem "outliers" (valores discrepantes) entre os volumes coletados e que as vazões médias calculadas apresentaram valores semelhantes e bem próximos dos garantidos pelo fabricante.

**Tabela 1.** Valores críticos para o teste de Dixon.

Número de repetições	5% de significância	1% de significância
3	0,970	0,994
4	0,829	0,926
5	0,710	0,821
6	0,628	0,740
7	0,569	0,680
8	0,608	0,717
9	0,564	0,672
10	0,530	0,635
11	0,502	0,605
12	0,479	0,579
13	0,611	0,697
14	0,586	0,670
15	0,565	0,647
16	0,546	0,627
17	0,529	0,610
18	0,514	0,594
19	0,501	0,580
20	0,489	0,567
21	0,478	0,555
22	0,468	0,544
23	0,459	0,535
24	0,451	0,526
25	0,443	0,517
26	0,436	0,510
27	0,429	0,502
28	0,423	0,495
29	0,417	0,489
30	0,412	0,483

**Tabela 2.** Volume de água coletada dos 10 microaspersores, durante 3 minutos para as repetições de 1 a 8.

Micro	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
1	2,253	2,24	2,246	2,251	2,251	2,246	2,248	2,234
2	2,161	2,148	2,153	2,156	2,157	2,153	2,154	2,141
3	2,252	2,239	2,249	2,251	2,251	2,247	2,25	2,233
4	2,259	2,248	2,252	2,258	2,257	2,254	2,258	2,242
5	2,14	2,122	2,127	2,132	2,132	2,129	2,131	2,115
6	2,118	2,102	2,111	2,112	2,113	2,109	2,112	2,096
7	2,204	2,19	2,199	2,204	2,202	2,2	2,202	2,186
8	2,172	2,154	2,161	2,167	2,165	2,163	2,167	2,149
9	2,293	2,275	2,284	2,291	2,288	2,285	2,287	2,27
10	2,274	2,259	2,269	2,276	2,269	2,268	2,269	2,254

**Tabela 3.** Volume de água coletada dos 10 microaspersores, durante 3 minutos para as repetições de 9 a 15 e média total.

Micro	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Média
1	2,236	2,24	2,238	2,251	2,247	2,246	2,241	2,244
2	2,143	2,147	2,144	2,157	2,152	2,151	2,145	2,151
3	2,236	2,239	2,236	2,249	2,243	2,244	2,24	2,244
4	2,244	2,248	2,245	2,257	2,253	2,253	2,251	2,252
5	2,12	2,123	2,121	2,134	2,128	2,128	2,123	2,127
6	2,1	2,102	2,1	2,114	2,107	2,107	2,103	2,107
7	2,19	2,19	2,189	2,204	2,196	2,197	2,194	2,196
8	2,152	2,154	2,15	2,164	2,159	2,159	2,153	2,159
9	2,275	2,274	2,258	2,287	2,282	2,282	2,278	2,281
10	2,258	2,26	2,273	2,27	2,266	2,265	2,26	2,266

**Tabela 4.** Valores críticos de Dixon (menor e maior valor) para os 10 microaspersores.

Microaspersor	Menor valor	Maior valor
1	0,235294	0,133333
2	0,1875	0,235294
3	0,166667	0,0625
4	0,1875	0,071429
5	0,352941	0,421053
6	0,235294	0,277778
7	0,222222	0
8	0,166667	0,25
9	0,533333	0,263158
10	0,263158	0,176471

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUM, G. R; PINHEIRO, L. D; SILVA, L. H. A; MAEDA, R. A; COSTA, S. V. Algumas idéias em discussão. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~nancy/Cursos/me172/Cap7.pdf>. Acesso em: 23 de novembro de 2009.
- CHUI, Q. S. H.; Bispo, J. M. A.; Iamashita, C. O.; Quim. Nova 2004, 27, 993.
- GRAU, D. Maîtrise Statistique des Procédés. Disponível em: <http://www.iutbayonne.univ-pau.fr/~grau/STID/msp.html>. Acessado em: 15 de novembro de 2009.
- KUNZLER, M. R. e PRECIANO, W. T. Os impactos econômicos dos serviços laboratoriais. Metrologia e Instrumentação. Disponível em: <http://www.banasmetrologia.com.br/textos.asp?codigo=2165&secao=revista>. Acesso em: 25 de novembro de 2009.
- OLIVEIRA, E. C. Comparação das diferentes técnicas para a exclusão de “outliers”. ENQUALAB – 2008. Congresso da Qualidade em Metrologia. Rede Metrológica do Estado de São Paulo – REMESP. 09 a 12 de junho de 2008, São Paulo, Brasil.