



ESTUDO DE MEDIÇÃO R&R CRUZADO EM UM ABATEDOURO DE AVES

J. N. OLIVEIRA¹, F. P. ALMEIDA², M. M. MACHADO³

^{1,2,3} Universidade de Uberaba, Instituto de Tecnologia. Curso de Engenharia de Produção

RESUMO – *O sistema de medição em processos agroindustrial tem fundamental importância para aferir a qualidade dos processos e atendimento de especificações. O objetivo desse trabalho é o de avaliar a implantação de um estudo de medição R&R cruzado em um abatedouro de aves no município de Uberlândia (MG). Foi conduzido um experimento no abatedouro de aves, especificamente na área do chiller, quanto à avaliação dos operadores em relação a medição de arranhados por peça. Foram selecionadas para os testes 10 peças (aves abatidas de 1,250 kg em média) que representam o intervalo esperado de variação do processo, dispostas em uma bancada. Três operadores do turno de trabalho medem os arranhados nas 10 peças, três vezes por peça, em uma ordem aleatória, em um dia de abate no mês de junho de 2016. Os resultados indicaram significância da variabilidade entre peças e interação entre operadores*peças ($p < 0,01$). Há forte contribuição desses dois indicadores na variabilidade total do sistema. Conclui-se que a variabilidade da peça (matéria-prima) pode ser determinante para desvios de leitura e avaliação por parte do operador. Um trabalho de padronização das atividades criatórias de frangos de corte, pode contribuir muito para a redução da variabilidade no sistema de medição estudado.*

1. INTRODUÇÃO

Os dados de medição de um processo compõem a base técnica para a tomada de decisão de se ajustar ou não um processo de fabricação. Comparativamente aos limites de Controle Estatístico do Processo pode indicar que o processo está fora do controle estatístico, algum tipo de ajuste deverá ser feito. Caso contrário, o processo poderá prosseguir sem ajustes. Além disso, há uma contribuição decisiva para o planejamento experimental. Neste caso, permite conhecer o efeito de diferentes fatores que podem variar dentro de um processo, como: matéria prima, condições de operação, tipos de ajustes de máquinas, ou seja, a análise do efeito destes fatores depende de dados de medições de uma peça, por exemplo. Os estudos analíticos ampliam o conhecimento sobre o sistema de causas que afetam o processo, e estão entre as mais importantes aplicações de dados de medição, visto que recentemente eles têm conduzido ao melhor entendimento de produtos e processos (MONTGOMERY, 1997).

Os benefícios obtidos com a utilização de procedimentos baseados em dados são diretamente determinados pela qualidade dos dados de medição utilizados. Portanto, é de grande relevância que



tome os devidos cuidados na obtenção dos dados, pois o benefício decorrente da utilização destes dados deve superar os custos de sua obtenção. A qualidade dos dados de medição está relacionada com as propriedades estatísticas de medições múltiplas obtidas pelo sistema de medição (MONTGOMERY, 1997).

As propriedades estatísticas mais utilizadas para caracterizar as características desejáveis dos dados são tendências e variâncias. A tendência refere-se à localização dos dados com relação ao valor de referência, a propriedade chamada de variância refere-se à dispersão dos dados. Porém, outras propriedades estatísticas, como a taxa de classificação incorretas, poderão ser apropriadas em alguns casos, como os sistemas de medição por atributo (LITTLE E RUBIN, 2002).

Na prática, uma das razões mais comuns que gera dados de baixa qualidade é a variabilidade muito grande dos dados. Grande parte dessa variabilidade em um conjunto de medições é devido à interação entre o sistema de medição e o seu meio, e, portanto, se esta interação gerar variação muita alta, a qualidade dos dados poderá ser tão baixa à ponto de perderem a utilidade (AIAG, 2010). Nesse sentido, o desafio de um trabalho voltado à gestão de sistemas de medição é o de monitorar e controlar a variabilidade, compreendendo o modo como o sistema de medição interage com seu ambiente, e gerando dados de qualidade aceitável, aplicados aos dados qualitativos ou quantitativos inspecionados no processo (Figura 1).

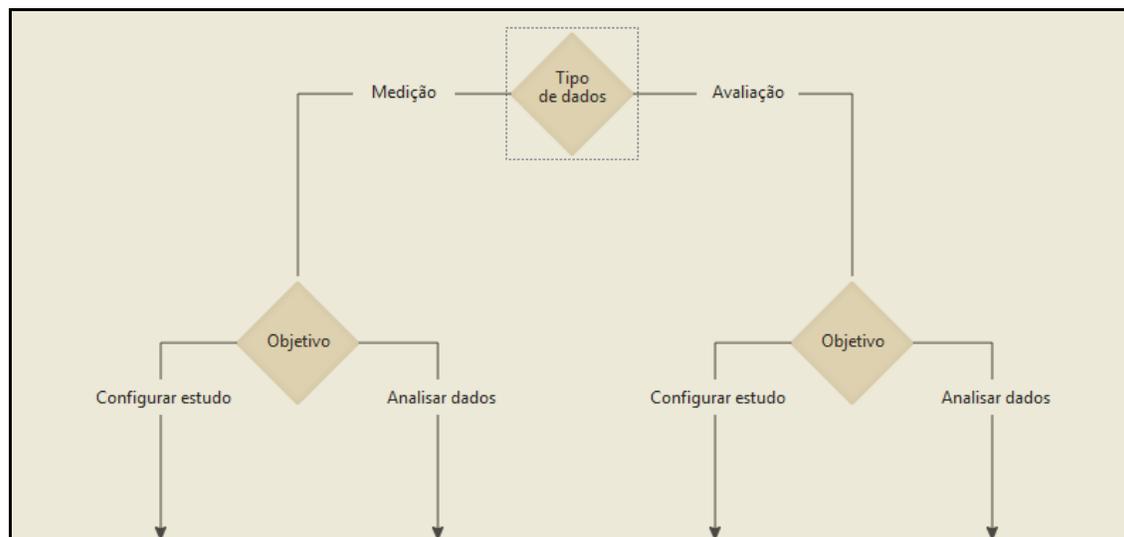


Figura 1 - Esquema do modelo de escolha e análise de dados em um sistema de medição.

Fonte: Adaptado de Minitab v. 19 (2019).

Certas propriedades fundamentais definem um bom sistema de medição, tais como a adequada discriminação (o incremento de medida deve ser o suficiente para detectar variações no processo ou nos limites de especificação); estar sob controle estatístico (sob condições de repetitividade, as variações do sistema de medição são devidas a causas comuns e não a causas especiais); quanto ao controle do produto, a variabilidade do sistema de medição deve ser muito baixa se comparada com limites de especificação; e quanto ao controle do processo a variabilidade do sistema de medição deve



demonstrar uma resolução efetiva e pequena comparada com a variação do processo de manufatura (FUTRELL, 1995). Nesse sentido o objetivo desse trabalho é o de avaliar a implantação de um estudo de medição R&R cruzado em um abatedouro de aves no município de Uberlândia (MG).

2. SISTEMA DE MEDIÇÃO

Em um sistema de medição replicável, para o qual podemos medir diversas vezes a mesma característica de uma peça sem danificá-la, é possível avaliar quatro importantes grupos de análise – Estabilidade, Tendência, Tendência e Linearidade, Repetitividade e Reprodutibilidade – e que permitem uma amplitude maior de indicadores de variabilidade do processo. A estabilidade é expressa pelo somatório de variação total do sistema ao longo do tempo, em uma dada peça ou peça padrão. Já a tendência é a diferença entre a média das medidas de uma grandeza e o valor de referência para essa grandeza, realizadas por um avaliador com o mesmo equipamento e método (Figura 2), sendo expressa por, $T = \bar{X} - VR$, sendo VR o Valor de Referência (MONTGOMERY, 1997).

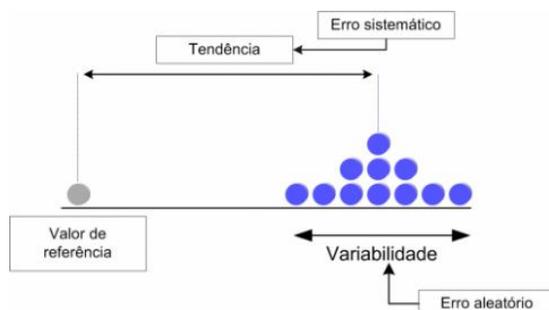


Figura 2 - Ilustração da observação de tendência em um sistema de medição.

Fonte: Adaptado de Montgomery (1997).

A variabilidade pode ser decomposta em dois termos, a Repetitividade (VE), compreendida como a variação das medidas obtidas por um único operador, utilizando o mesmo equipamento de medição e método, ao medir repetidas vezes uma mesma grandeza de uma única peça (corpo de prova), e a Reprodutibilidade (VO), que é a variação das médias obtidas por diferentes operadores utilizando o mesmo equipamento de medição para medir repetidamente uma mesma grandeza de uma única peça (corpo de prova). A soma das variações devido à falta de Repetitividade e Reprodutibilidade (RR) é dada por $RR = \sqrt{(VE)^2 + (VO)^2}$.

A interpretação do índice RR, (conforme AIAG, 2010) é fundamental para diagnóstico do processo e produto, considerando os objetivos de avaliação do sistema de medição, abrangendo o Controle de Produto (comparar a variabilidade do sistema de medição - RR - com a tolerância do produto) e o Controle de Processo (comparar a variabilidade do sistema de medição - RR - com a variação esperada do processo de produção). Outro indicador de interesse é o que trata da variabilidade do processo de produção, ou entre as partes (VP), obtido a partir de um estudo de capacidade do processo ou do próprio estudo para determinar o RR. No AIAG (2010), a composição da variabilidade total (VT) abrange o RR (Repetitividade e Reprodutibilidade) e o VP (Variabilidade



entre as Partes).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi conduzido em um abatedouro de aves localizado no município de Uberlândia (MG) na área do *chiller*, quanto à avaliação dos operadores em relação a medição de arranhados por peça. O problema inicial está bastante relacionado à compreensão dos critérios de avaliação e a calibração do sistema produtivo para esse indicador, considerando que essa etapa, antecede as linhas de corte e embalagem.

Portanto, faz-se necessário estudar as possíveis fontes de variação do processo, inclusive a combinação e sobreposição de efeitos na variabilidade do sistema. A base metodológica do trabalho, versa sobre um estudo de dados quantitativos, a análise da repetitividade dos efeitos, a capacidade de intervenção de avaliadores, a interação avaliador-peça, e a variação originada peça-à-peça, em ANOVA, como se segue:

$$\text{Repetitividade} = \frac{\sum \sum \sum (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2}{ab*(n-1)} \quad (1)$$

$$\text{Operadores} = \frac{an \sum (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{...})^2}{b-1} \quad (2)$$

$$\text{Peças} = \frac{bn \sum (\bar{x}_{i...} - \bar{x}_{...})^2}{a-1} \quad (3)$$

$$\text{Operadores * Peças} = \frac{\sum \sum \sum (x_{ijk} - \bar{x}_{...})^2 - [bn \sum (\bar{x}_{i...} - \bar{x}_{...})^2 + an \sum (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{...})^2 + \sum \sum \sum (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2]}{(a-1)*(b-1)} \quad (4)$$

em que a é o número de peças avaliadas, n é o número de replicações do teste, e b é o número de operadores (Montgomery, 1997). Os demais componentes da ANOVA:

$$\text{Reprodutibilidade} = \sqrt{\left[\bar{X}_{dif} * \frac{1}{d_2} \right]^2 - \left[\frac{\text{Repetitividade}^2}{axr} \right]} \quad (5)$$

$$\text{Variação Peça a Peça} = R_p \frac{1}{d_2} \quad (6)$$

$$\text{Calibre Total (R\&R)} = \sqrt{(\text{Repetitividade}^2) + (\text{Repetibilidade}^2)} \quad (7)$$

$$\text{Variabilidade Total} = \sqrt{(\text{Calibre Total R\&R}^2) + (\text{Variação Peça a Peça}^2)} \quad (8)$$

sendo $\bar{X}_{dif} = \max(\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_k) - \min(\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_k)$, e \bar{X}_i a média de medições obtidas para o operador i , r é o número de tentativas, R_p o intervalo de valores médios de cada peça, e d_2 é o valor tabela para $g=1$ e m número de operadores, conforme AIAG (2010).

Foram selecionadas para os testes 10 peças (aves abatidas de 1,250 kg em média) que representam o intervalo esperado de variação do processo, dispostas em uma bancada. Três



operadores do turno de trabalho medem os arranhados nas 10 peças, três vezes por peça, em uma ordem aleatória, em um dia de abate no mês de junho de 2016. O estudo de medição R&R cruzado deve permitir a avaliação da variabilidade nas medições que pode ser causada pelo sistema de medição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A saída de dados de ANOVA para dois fatores inclui termos para peça, operador e interação entre operador e peça (ave abatida). A variabilidade entre peças e a interação entre cada peça e o operador são significativas no modelo (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados da Tabela ANOVA com dois fatores e interação.

Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Peça	9	1,48025	0,164473	5,51536	0,001***
Operador	2	0,02620	0,013101	0,43933	0,651 ^{ns}
Peça * Operador	18	0,53678	0,029821	8,79095	0,000***
Repetitividade	60	0,20353	0,003392		
Total	89	2,24677			

* significativo à 1%. ^{ns} não significativo.

Os componentes de variância (*CompVar*) comparam a variação de cada fonte de erro da medição da variação total (Tabela 2). Nestes resultados, a coluna *%Contribuição* na tabela medição R&R demonstra que a variação peça a peça é 55,08% e a interação Operador*Peça é 32,43%. Do total de R&R da Medição (44,92%), 87% deve-se a esses dois componentes, com destaque para a variabilidade das peças.

Tabela 2 – Componentes da variância do estudo.

Fonte	CompVar	%Contribuição (de CompVar)
Total de R&R da Medição	0,0122018	44,92
Repetitividade	0,0033922	12,49
Reprodutibilidade	0,0088095	32,43
Operador	0,0000000	0,00
Operador*Peça	0,0088095	32,43
Peça a Peça	0,0149613	55,08
Varição Total	0,0271631	100,00

A variabilidade do estudo (%VE) compara a variação do sistema de medição em relação a variação total. A medição R&R total é igual a 67,02% da variação do estudo (Tabela 3). Em geral, os processos agroindustriais admitem certa variabilidade de alguns indicadores como peso, diâmetro e teores bioquímicos. Porém, nesse caso, entende-se que se trata de um percentual elevado, já que,



67,02% do estudo considera que há desvios consideráveis (peças) e interação de fatores (operador*peça).

Tabela 3 – Avaliação das medições do estudo.

Fonte	DesvPad (DP)	Var do Estudo (6 × DP)	% Var do Estudo (% VE)
Total de R&R da Medição	0,110462	0,662770	67,02
Repetitividade	0,058243	0,349457	35,34
Reprodutibilidade	0,093859	0,563155	56,95
Operador	0,000000	0,000000	0,00
Operador*Peça	0,093859	0,563155	56,95
Peça a Peça	0,122316	0,733899	74,22
Varição Total	0,164812	0,988874	100,00

Número de Categorias = 1.

Observa-se na Figura 3, que Componentes de Variação, a % Contribuição de peça a peça é um pouco maior do que a de a medição R&R total. Assim, grande parte da variação é devida a diferenças entre as peças. A carta R pelo Operador mostra que o Operador B mede as peças de forma inconsistente, já que a variabilidade admitida nas suas medições ultrapassa os limites de controle.

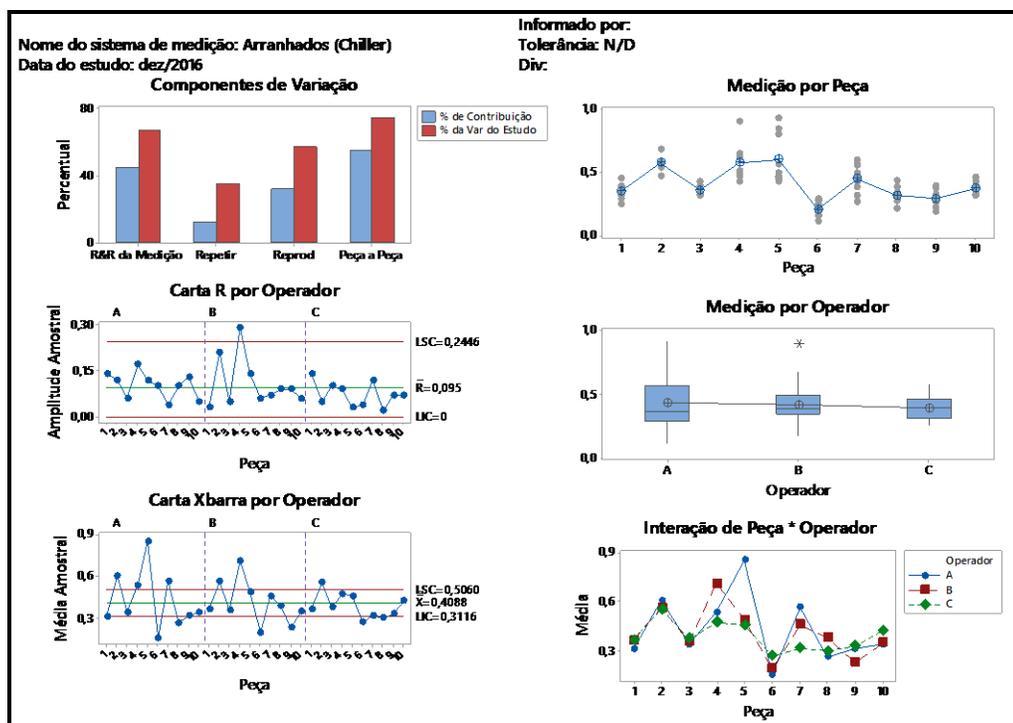


Figura 3 – Relatório de R&R da Medição (ANOVA) para o Estudo de Medição.



Na carta X-barra pelo Operador, a maioria dos pontos está fora dos limites de controle. Assim, grande parte da variação é devida a diferenças entre as peças, confirmada no gráfico por peça. No gráfico por operador, as diferenças entre os operadores são menores do que as diferenças entre as peças, mas são significativas (valor de $p = 0,00$). As medições do operador C são um pouco mais baixas do que as medições dos outros operadores, especialmente se comparada ao operador B (com *outlier*) e o operador A, que demonstra menor inconsistência. No gráfico Interação Operador*Peça, as linhas são aproximadamente paralelas e, sabendo-se que o valor de p para a interação Operador*Peça é significativo, há interação entre esses dois fatores, prejudicando e muito, o interesse em reduzir variabilidade de medição no processo.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu concluir que:

- Para a medição de arranhados por peça, no abatedouro de aves, na área do *chiller*, especificamente na empresa em que foi implantado, há significância da variabilidade de peças e interação operador*peça na variabilidade total do processo.
- Entende-se que, mesmo com amplo treinamento da equipe de trabalho, a variabilidade peça-à-peça pode comprometer a avaliação do operador, desviando sua capacidade de avaliar a medida do arranhado na linha de produção.
- É necessário nesse caso, compreender e atuar sobre a variabilidade incidente na peça, especialmente no modelo de criação de aves, manejo, procedimento de apanha e outros fatores já relacionados à produção, como a forma de pendura das aves e temperatura da escalda, dentre outras.
- Recomenda-se repetir o experimento em outras épocas do ano, para avaliar o efeito sazonal na variabilidade de peças. Também estratificar por sexo, linhagem, manejo das aves e alimentação.
- Apesar da variabilidade devida ao operador não ter sido significativa no modelo, deve-se manter a programação de treinamentos e avaliação do sistema de medição de rotina, considerando que os operadores A e B, apresentam maior amplitude de leitura de medição.

6. REFERÊNCIAS

AIAG, Automotive Industry Action Group. **Measurement Systems Analysis Reference Manual**. 3 Ed. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force. 2002.

FUTRELL D. When Quality is a Matter of Taste, Use Reliability Indexes. **Quality Progress**, 28 (5), P. 81-86. 1995.

LITTLE R. J. A.; RUBIN D. B. **Statistical Analysis With Missing Data**, 2 ed. John Wiley & Sons. 2002.

MINITAB Inc. **Statistical Software Data Analysis**. Version 19, 2019.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 3 ed. New York: John Wiley &



ENCONTRO DE
**DESENVOLVIMENTO DE
PROCESSOS AGROINDUSTRIAIS**
Uniube - UFTM - IFTM

Sons, 1997.