



## Seleção do Esquema de Amostragem

(<http://www.statistical.com.br/artigos.asp>)

Carlos Hugo Domenech

### Em 50 palavras ou menos

- Perguntas usuais dos Belts: Realmente preciso coletar dados? Quantos elementos deveria incluir na amostra? Devo usar dados históricos ou devo fazer experimentos?
- Ao encarar qualquer projeto, o Belt deveria se perguntar qual é a questão fundamental que está tentando resolver. Esta questão vai direcionar a escolha do plano de amostragem.

O nosso amigo Black Belt de nome Histo DOE está coordenando um projeto para otimizar o processo de elaboração de café expresso (esquematizado na Figura 1) pelas lojas da rede “Cafezal em flor”. No processo foram destacadas algumas variáveis de entrada que influenciam o processo (controladas e não controladas) e outras variáveis de saída. Ele observou que estas variáveis podem ser de dois tipos: Contínuas (designadas pela letra **C**, e que podem assumir infinitos valores em um intervalo, pelo menos sob o ponto de vista conceitual, como temperatura, tempo, quantidade de café) ou Atributos (designadas pela letra **A**, cujos níveis correspondem a poucas categorias, como nome do funcionário, marca ou tipo do café). Embora saiba que as variáveis contínuas têm mais “poder de fogo”, ele tem que lidar com os dois tipos.



Figura 1 – As saídas de um processo são influenciadas pelas entradas

Histo DOE deve otimizar as saídas relacionadas com a Voz do Cliente (sabor do café e temperatura do café) e com a Voz do Negócio (tempo de ciclo e desperdício). A lucratividade da empresa depende disto. Ele é um técnico altamente capacitado e reconhecido pelos colegas, mas sempre se defronta com questões cruciais quando tem que coletar amostras para estudar um sistema. Tentaremos neste artigo responder algumas perguntas que usualmente o atormentam:

- Realmente preciso coletar dados?
- Quantos elementos deveria incluir na amostra?
- Devo usar dados históricos ou devo fazer experimentos no processo?
- Ao fazer experimentos, devo fixar todas as variáveis e modificar só uma por vez?

Ao encarar qualquer projeto, o Black Belt deveria se perguntar qual é a questão fundamental que está tentando resolver. Esta questão vai direcionar a escolha do plano de amostragem. Ao estudar relações causa-efeito o Black Belt deveria utilizar o fluxograma da Figura 2. Segundo este fluxograma Histo DOE deve inicialmente formular os objetivos do projeto Seis Sigma, relacionar os objetivos com as questões técnicas do processo e traçar uma estratégia de trabalho. A estratégia se converte em uma hipótese estatística que deve ser testada. A seleção do plano de amostragem está intimamente ligada com esta hipótese e com a ferramenta estatística que será usada para testá-la.

Na Figura 3 ilustraram-se: as possíveis estratégias que Histo DOE poderia seguir para otimização do problema do café, os planos amostrais para tratar estas estratégias, as ferramentas indicadas e os tamanhos de amostras requeridos para resolver alguns casos selecionados. Para cada situação indicamos com círculos, os planos que recomendamos como os mais adequados, que estão explicados na Figura 4. Nenhum dos planos de amostragem apresentados têm relação com inspeção de produtos.

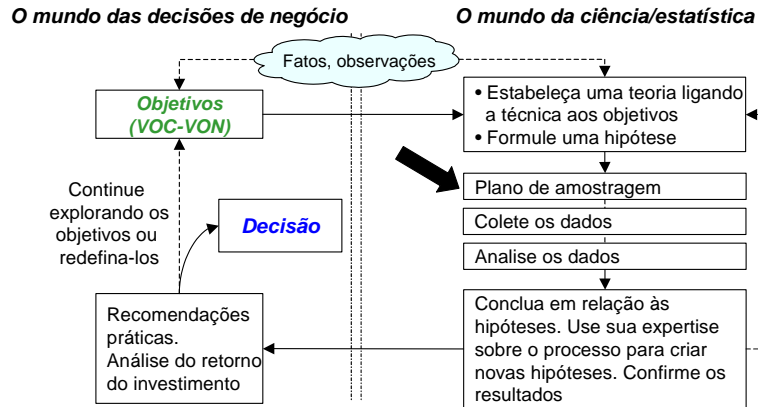


Figura 2 – Fluxograma usado pelos Black Belts para pesquisa da Causa-Raiz

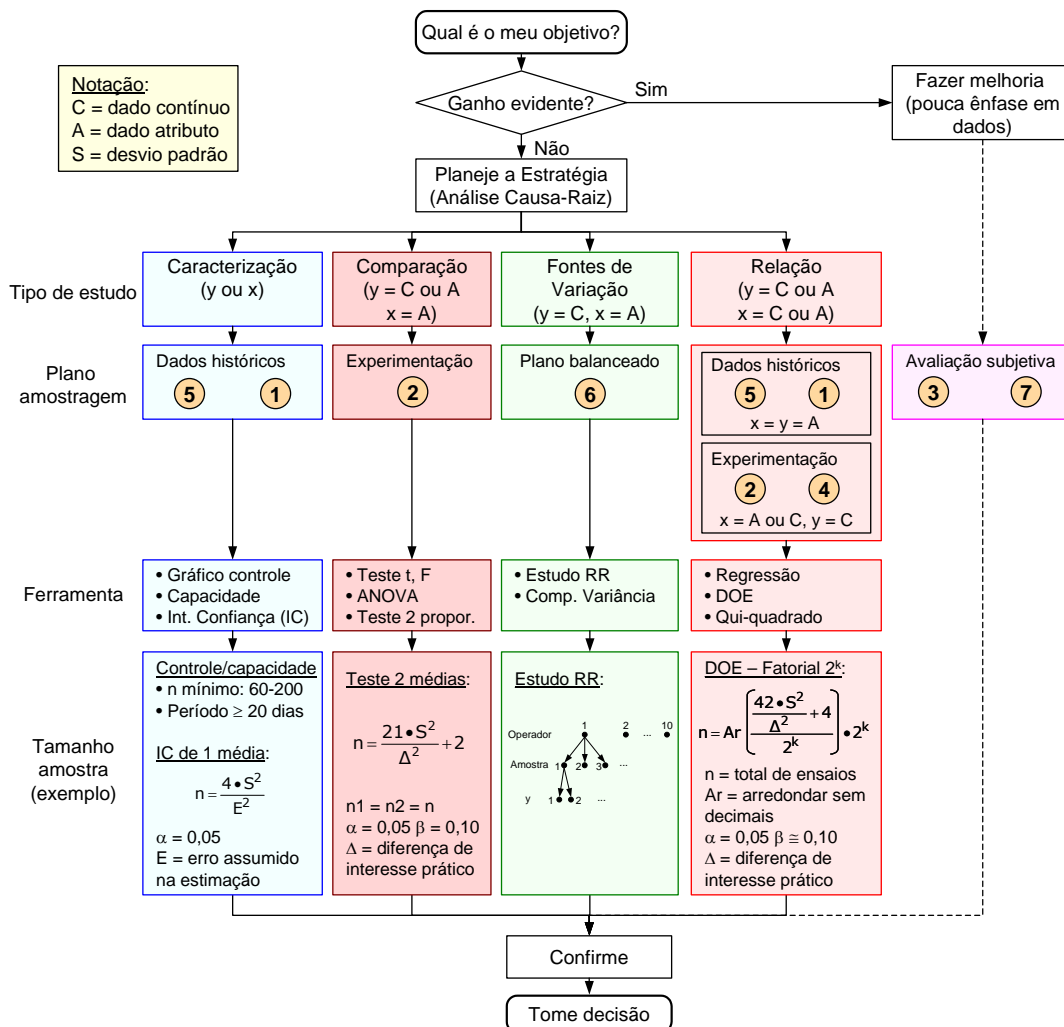


Figura 3 – Ligação de estratégias de análise da causa-raiz, planos de amostragem, tamanho de amostra e ferramentas de análise

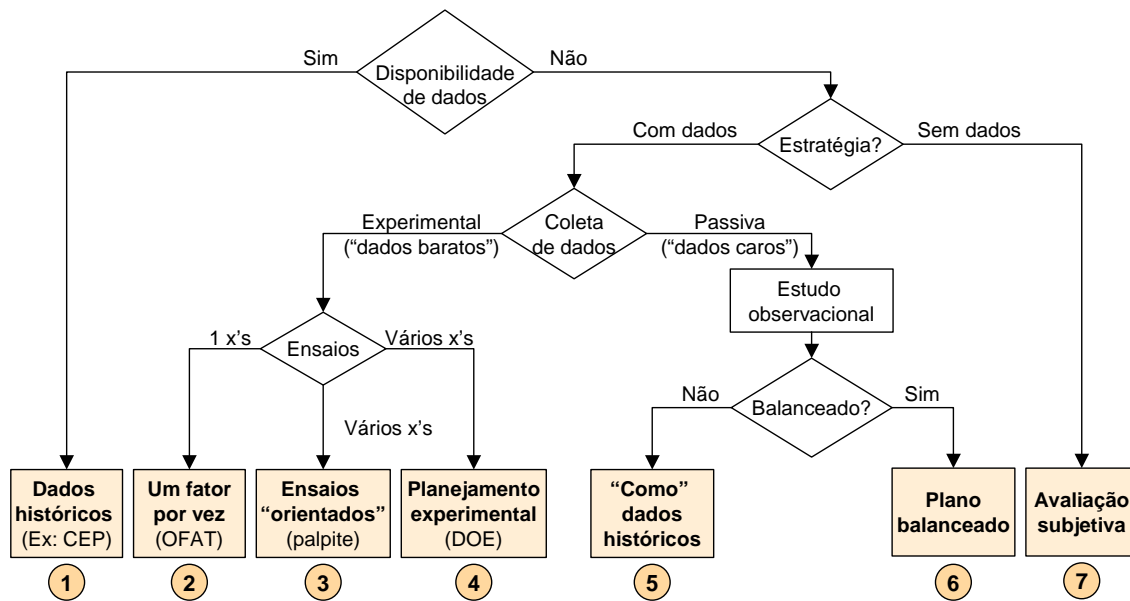


Figura 4 – Escolha do plano de amostragem

### Exemplos:

Este projeto de Histo DOE será desenvolvido usando o ciclo DMAIC que consiste das seguintes etapas: **D**efinição do problema, **M**edição do estado atual do processo, **A**nálise da causa-raiz, **I**melhoria do processo e **C**ontrolar dos ganhos.

O primeiro objetivo do Black Belt foi caracterizar o processo em relação à temperatura do café. Como ele não tinha dados históricos, orientou-se pela Figura 3 e decidiu fazer 4 medições diárias da temperatura durante um período de 20 dias. Na fase inicial do DMAIC estes dados permitem avaliar se o processo é estável e capaz de atender à especificação do cliente (80-85 °C). Os dados coletados mostraram instabilidade do processo e variação excessiva. O desvio padrão foi igual a 1,7 °C e o índice de capacidade  $C_p = 0,49$ ; bem inferior ao de um processo Seis Sigma ( $C_p = 2$ ).

O segundo objetivo de Histo DOE foi descobrir por que a temperatura varia tanto. Inspeccionando a Figura 3 ele decidiu fazer um estudo de fontes de variação neste caso. Como os dados da análise anterior mostraram certa evidência de influência da hora do dia na temperatura do café, foram escolhidos os fatores e níveis indicados na Figura 5. Este tipo de estudo é adequado para fatores controlados ou não controlados, com níveis atributo (ou que podem ser categorizados). Ao analisar os dados, ele confirmou-se que nas horas de maior demanda, a variação da temperatura era maior. O processo foi então modificado para corrigir o problema.

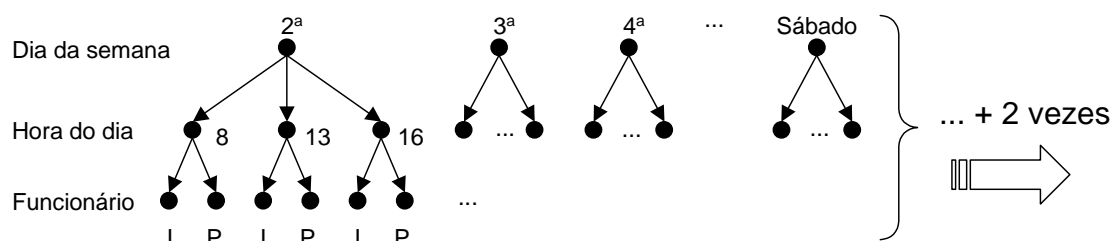


Figura 5 – Fontes de variação que podem afetar a temperatura do café

O terceiro objetivo foi diminuir o tempo requerido para fazer os cafezinhos (aumento da produtividade). Inspeccionando a Figura 3, ele planejou um experimento do tipo “um fator por vez – OFAT” para comparar se o tempo de ciclo era diferente quando a máquina era operada pelos funcionários J ou P. O número de medições para cada funcionário foi calculado como:

$$n_1 = n_2 = \frac{21 \cdot 1^2}{1^2} + 2 = 23$$

Como ele desconhecia o desvio padrão, considerou-se a diferença a detectar,  $\Delta$ , igual ao desvio padrão,  $S$  e ambos iguais a 1. Para se ter uma idéia mais precisa do tempo do ciclo, foi contado o número de cafezinhos produzidos em períodos de meia hora. A aplicação do teste  $t$  de Student para duas médias independentes mostrou uma diferença estatisticamente significativa e de importância prática. Esta informação foi importante para treinar melhor um dos funcionários e aumentar as vendas.

### Conclusões:

Apresentamos um enfoque integrado para a seleção do plano de amostragem: a escolha começa com a tradução do objetivo do projeto Seis Sigma para uma estratégia prática de busca da causa raiz do problema. Isto ajuda a definir a hipótese que se deseja testar, a ferramenta de análise e o plano de amostragem.

Em uma primeira leitura o fluxograma para escolha do plano pode parecer complexo, mas quando o Black Belt compreende sua utilização pode-se transformar em um auxiliar valioso para aumentar a eficiência dos projetos Seis Sigma.

No link <http://www.statistical.com.br/admin/arquivos/amostragem.xls> você pode consultar sugestões sobre tamanho de amostra para todas as situações mencionadas na Figura 3.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Bothe, Davis R. (1997). Measuring Process Capability. New York: McGraw-Hill. ISBN: 0070066523.
- Mace, Arthur E. (1964). Sample-Size Determination. New York: Reinhold Publishing Corp.
- Natrella, Mary G. (1966). Experimental Statistics. New York: Dover. ISBN: 0486439372.

**Carlos Domenech** é diretor da M. I. Domenech, empresa de métodos avançados e soluções Seis Sigma. Mestre em estatística (IME/USP). Trabalhou durante 10 anos na Rhodia. Certificado pela Motorola (Texas) como instrutor de Black Belt. Especialização em DOE no Centro da Tecnologia da DuPont - Wilmington. [mi.domenech@statistical.com.br](mailto:mi.domenech@statistical.com.br).