

Introdução

Processos com múltiplos canais são freqüentes, mas há poucos trabalhos na literatura propondo técnicas de controle estatístico de processos (CEP) para eles. O procedimento clássico para o controle desse tipo de processo foi proposto por Boyd (1950). Nelson (1986) propôs um critério de corridas suplementar para sinalização de descontroles, além da regra de pontos fora dos limites. Estes passaram a ser os esquemas clássicos propostos na literatura até 1995. Tais esquemas pressupõem que as observações de todos os canais, bem como de um canal ao longo do tempo, sejam todas independentes, e com a mesma média e variância. Tais suposições dificilmente se verificam na prática. Passos (2005), por exemplo, estudou um processo real em que nenhuma dessas suposições se verificou. Outro processo real, estudado nesta dissertação também viola esses pressupostos.

A correlação cruzada pode surgir devido à presença de fontes de variabilidade distintas, resultando em um componente de variabilidade do processo comum a todos os canais, e fontes de variabilidade individuais de cada canal. Mortell & Runger (1995) propõem um modelo do processo para esta situação e, de acordo com esse modelo, o primeiro procedimento de CEP para processos multicanal que admite a correlação cruzada entre canais (e também admite correlação serial). Após este trabalho, seguiram-se mais alguns que consideram essas correlações (Runger et. al., 1996 e Laning et. al., 2002).

Tais trabalhos, porém evidentemente, não “encerram a questão” sobre o CEP para processos multicanal. W. Woodall (comunicação pessoal ao orientador desta dissertação, 2007) disse que “*generalization of the multiple-stream methods is needed*”. Por exemplo, nenhum dos trabalhos acima citados (mesmos os recentes), admite a situação em que as médias ou variâncias dos diversos canais não sejam iguais. Pyzdek (1992) admite médias diferentes, mas não variâncias, e para processos sem o componente de variabilidade comum a todos os canais. Os processos multicanal estudados por Passos (2005) apresentam essa característica de médias e variâncias diferentes de canal para canal.

As soluções presentes na literatura, mesmos as mais recentes, não se aplicam a eles. Passos (op. Cit.) propôs um esquema original para o CEP destes processos, aplicou-

o, mas percebeu limitações nele e propôs algumas alternativas, para prosseguimento da pesquisa (que não pode levar adiante ela própria, por limitações de tempo).

O presente trabalho tem duas fontes de motivação, que convergiram. Uma delas é o prosseguimento do trabalho de Passos, acima citado. A empresa no qual ele foi realizado, no entanto, não mais nos deu acesso aos seus processos, devido à recente adoção de um sistema de controle padrão por todas as suas plantas, no mundo inteiro, por determinação da direção central dessa multinacional. Com isso, deixou de haver abertura para propostas diferentes. Buscou-se assim outra empresa com processos multicanal. Após contato com algumas empresas, localizou-se uma com um processo de envase com múltiplos canais e que deu abertura para a realização do trabalho. Como será visto, os parâmetros dos diversos canais eram distintos, não sendo possível um ajuste dos canais de maneira a tornar suas características identicamente distribuídas, de modo que os canais eram distintos mesmo com o processo em controle. Essa particularidade era compartilhada pelo processo descrito em Passos (2005). Uma das sugestões de prosseguimento, no referido trabalho, era trabalhar com dados padronizados, subtraindo da observação em cada canal (a rigor, da diferença entre ela e a média de todos os canais, ou “nível-base”) a sua média e dividindo essa diferença pelo seu desvio-padrão, de modo a obter em todos os canais variáveis transformadas, com média igual a zero e desvio-padrão igual a um. No entanto, como será visto, no processo aqui considerado, as médias dos diversos canais, além de diferentes, variam de lote para lote de matéria-prima e de dia para dia (sendo tal comportamento considerado natural do processo); de modo que não há valor de referência (média, por exemplo) para proceder à transformação dos dados.

Tal comportamento do processo torna-se desafiador para seu controle estatístico, pois as técnicas de CEP pressupõem a existência de valores “em controle” dos seus parâmetros, valores estes que são fixos e que constituem um referencial para o estabelecimento dos limites de controle. No processo analisado, os valores “em controle” dos parâmetros não são fixos, de modo que não existe um referencial para estabelecimento dos limites de controle pelas fórmulas tradicionais. Não se pode, porém, dispensar o controle do processo, de modo que é necessário encontrar outra forma de determinar limites de controle, outro referencial para eles. Esta é a contribuição dessa dissertação. Seu objetivo geral foi avançar um pouco mais o estudo dos processos

multicanal, a partir da análise de um processo real específico, e possivelmente seguindo algumas das propostas de prosseguimento de Passos (2005).

Analisando o processo, encontraram-se as características descritas, que levaram à proposta de um esquema de CEP que determina os limites de controle com base nas especificações para o processo. Coincidentemente, a investigação de um esquema desse tipo foi outra das sugestões de Passos (2005). Daí ter sido dito acima que o presente trabalho tem duas fontes de motivação, que convergiram: trata-se do trabalho de Passos (2005) e do processo específico aqui analisado; a convergência se deu pela característica comum a ambos os processos, de canais com parâmetros distintos, e pelo fato de uma das propostas de prosseguimento em Passos (2005) parecer ser, coincidentemente, o único esquema praticável para o tratamento desse processo específico.

O esquema proposto tem algo em comum com os “gráficos de controle de aceitação” (Montgomery, 2004, seção 9-2.2), mas deles se distingue por considerar que inexistente um valor “em controle” para a média do processo. Nesse aspecto, é semelhante ao esquema de “limites com base na capacidade do processo” proposto em Guimarães (2001). Na verdade, muda o contexto (processos com múltiplos canais, no lugar de processos autocorrelacionados com um único canal, na referência citada) e, em consequência, mudam também detalhes das fórmulas, mas a princípio é o mesmo.

O restante desta dissertação está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 descreve as propostas precedentes de tratamentos de processos com múltiplos canais; o Capítulo 3 apresenta a descrição do processo considerado, juntamente com a análise exploratória preliminar dos dados, para compreensão de suas características, relevante para o estabelecimento de um modelo matemático do mesmo e proposta de um esquema de controle coerente com esse modelo; tal modelo matemático e esquema de controle são desenvolvidos no Capítulo 4. O Capítulo 5 apresenta uma validação do esquema proposto, e uma avaliação do seu desempenho no CEP do processo. No capítulo 6, o esquema proposto é aplicado a novos dados. O Capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho e sugere direções de prosseguimento, e é seguido de referências bibliográficas.