

## Desenvolvimento de cartas de controle para avaliar o tempo de interpretação de exames de tomografia computadorizada

Eduardo da Silva Fernandes (UFRGS) [edu.silva.fernandes@gmail.com](mailto:edu.silva.fernandes@gmail.com)

Guilherme Brittes Benitez (UFRGS) [guilherme.benitez@hotmail.com](mailto:guilherme.benitez@hotmail.com)

Daisy Valle Enrique (UFRGS) [dvallee910630@gmail.com](mailto:dvallee910630@gmail.com)

Wagner Pietrobelli Bueno (UFRGS) [wbpietro@outlook.com](mailto:wbpietro@outlook.com)

Flávio Sanson Fogliatto (UFRGS) [ffogliatto@producao.ufrgs.br](mailto:ffogliatto@producao.ufrgs.br)

### Resumo

Gestores de serviços de radiologia buscam encontrar formas eficientes que possibilitem medir e avaliar o desempenho dos radiologistas, de forma a melhorar a produtividade do setor. Uma das formas de avaliar a produtividade é através da medição do tempo de realização de laudos. Para tanto, pode-se utilizar ferramentas estatísticas, como as cartas de controle de processo. Este estudo foi realizado no setor de radiologia de um hospital universitário com 850 leitos. A produtividade foi avaliada através do uso de cartas de controle de processo, tomando como variável de desempenho o tempo para interpretação de cada exame. Também foi calculada a capacidade do processo de elaboração dos laudos, através dos índices  $C_p$  e  $C_{pk}$ . A análise permitiu visualizar o comportamento dos radiologistas no horizonte de observação. Dos 10 radiologistas, 6 apresentaram comportamento descendente (melhora no desempenho) e 4 apresentaram comportamento ascendente (piora de desempenho). A capacidade do grupo resultou nos valores de  $C_p=0,96332$  e  $C_{pk}=0,769339$ , evidenciando que o processo não é capaz. O uso das cartas de controle para tempos de realização de laudos na radiologia permite visualizar a tendência dos radiologistas e controlar estatisticamente o seu desempenho.

**Palavras chave:** Monitoramento da produtividade, Cartas de controle, Índice de capacidade, Radiologia.

### Abstract

Radiology service managers seek to find efficient ways to measure and evaluate the performance of radiologists in order to improve the sector's productivity. One way of evaluating productivity is measuring the time to complete a report. For that, we can use statistical tools such as process control charts. This study was carried out in the radiology sector of an university-based general hospital with 850 beds. Productivity was assessed through the use of process control charts. The selected performance variable was the time to interpret each exam. Process capability was also calculated through the  $C_p$  and  $C_{pk}$  indexes. Control charts from 10 radiologists were developed to monitor the stability of reporting times. The analysis allowed visualizing the behavior of radiologists in the horizon of observation. Of the 10 radiologists, 6 presented performance improvement and 4 presented performance degrading. Capacity measures for the group yielded values of  $C_p=0.96332$  and  $C_{pk}=0.769339$ , characterizing a process that is not capable. In all cases, the calculation of  $C_{pk}$  considered only the upper specification limit, since the control variable (interpretation time) is of the type smaller-is-best. The use of control charts for radiology reporting times allows the visualization of radiologists' tendency and the statistical control of their performances.

**Key-words:** Productivity monitoring, control charts, capability index, radiology.

## 1. Introdução

A radiologia é uma área que vem evoluindo nos últimos anos e se profissionalizando cada vez mais, desde o treinamento dos médicos residentes até os valores éticos e morais adotados no atendimento e avaliação dos pacientes (KELLY, MULLAN e GRUPPEN, 2016). Isso vem ocasionando uma maior procura por exames de imagem; porém, a falta de profissionais capacitados tem afetado o desempenho da radiologia, devido à grande carga de trabalho acumulada (BHARGAVAN e SUNSHINE, 2002; BHARGAVAN e SUNSHINE, 2005; BHARGAVAN et al. 2009).

Um dos fatores que dificulta e influencia a produtividade da radiologia é o tempo que os radiologistas usam para interpretar as imagens (CRABBE, FRANK e NYE, 1994; ONDATEGUI-PARRA et al., 2004). O tempo é um fator crucial quando se deseja avaliar a produtividade do radiologista (CONOLEY e VERNON, 1991). A diminuição do tempo é o fator habilitador para a melhoria da produtividade da radiologia (LU et al., 2008; DUSZAK e MUROFF, 2010a).

Existem diferenças de tempo de interpretação para cada tipo de exame, que normalmente são classificados por categorias que se baseiam a partir da similaridade na região corporal. As imagens capturadas de diferentes regiões do corpo apresentam um valor médio de tempo de interpretação pelo radiologista. Por exemplo, o valor médio de tempo usado para se interpretar exames de crânio é tipicamente diferente daquele necessário para interpretar exames na região do abdômen. Vale ressaltar que exames de uma mesma categoria podem apresentar diferentes graus de dificuldade, o que faz variar o tempo de interpretação na categoria (BAADH et al., 2016).

Na busca de um indicador confiável de produtividade, existem métricas adotadas por diferentes países para medir o trabalho dos radiologistas. Nos Estados Unidos, por exemplo, são utilizadas as RVU's (Unidades de Valor Relativo – *Relative Value Units*). A RVU é uma métrica que quantifica os serviços médicos. A RVU e demais métricas de medição são importantes por possibilitarem a comparação das interpretações realizadas por radiologistas na sua especialidade e subespecialidade (KHAN, 2013). Ela é determinada pela atribuição de peso a fatores como tempo de execução das tarefas, nível de habilidade e sofisticação do equipamento necessário para prestar serviços aos pacientes (SUNSHINE e BURKHARDT, 2000; DUSZAK e MUROFF, 2010a). Na Austrália, o modelo é conhecido como RANZCR (*Royal Australian and New Zealand College of Radiologists* – Escola Real de Radiologistas da Austrália e Nova Zelândia) por ter sido desenvolvido e publicado pela RANZCR por Pitman e Jones em 2006 (PITMAN et al., 2009). Já no Reino Unido, o modelo adotado é baseado em um guia criado pela RCR (*Royal College of Radiologists* – Escola Real de Radiologistas) em 1999 (BRADY, 2011). É importante destacar que cada modelo possui seu próprio método para avaliar a carga de trabalho dos radiologistas, gerando resultados similares, mas não idênticos, para procedimentos afins (DORA et al., 2016).

Atualmente, o monitoramento da produtividade de radiologistas é realizado, na maioria dos casos, a partir da análise das RVU's (ARENSEN et al., 2001; MEZRICH e NAGY, 2007; DUSZAK e MUROFF, 2010a; KHAN, 2013). O monitoramento também é realizado através de *benchmarks* e cálculos da média de interpretação por categoria de exame (WILT et al., 2010; DUSZAK e MUROFF, 2010a; DUSZAK e MUROFF, 2010b). Ondategui-Parra et al. (2004) fizeram uso de análises estatísticas (qui-quadrado, correlação, regressão múltipla e análise de variância) para determinar os principais indicadores que afetam a produtividade do setor de radiologia; porém, suas pesquisas não foram aplicadas em um estudo de caso.

As CCs oferecem uma análise mais rica de informações para o monitoramento da produtividade da radiologia em relação aos métodos e métricas adotados pelos autores citados. Na área médica, Lighter e Tylkowski (2004) fizeram uso das cartas de controle para monitorar a produtividade de um pediatra através do acompanhamento de suas atividades clínicas, por um período de 18 meses. O estudo possibilitou uma avaliação da tendência no horizonte de tempo e verificou se o processo estava estatisticamente sob controle, a partir do cálculo dos limites de controle e do tempo médio usado para executar as atividades. A capacidade do pediatra não foi calculada no estudo. No caso da radiologia, não há na literatura uma contribuição fazendo uso de cartas de controle para monitorar a produtividade de radiologistas, limitando o estudo a apenas análises conceituais e teóricas (ONDATEGUI-PARRA et al., 2004).

O presente estudo propõe uma forma de avaliar a produtividade do radiologista, através do acompanhando de sua tendência de interpretação em um dado horizonte de tempo. Para isso, o trabalho propõe o uso de ferramentas estatísticas de controle de processo para monitorar a produtividade. Sendo as cartas de controle estatístico de processo (ou CCs) uma possível solução para monitorar o desempenho dos radiologistas. As CCs são gráficos utilizados para avaliar a evolução temporal de um processo através da observação de uma variável ou atributo de interesse (WHEELER e CHAMBERS, 1992; TAGUE, 2004). A partir das CCs, o estudo propõe: (i) avaliar a evolução dos tempos de interpretação de um dado radiologista; (ii) avaliar a evolução dos tempos de interpretação de um grupo de radiologistas laudando um dado tipo de exame; e (iii) a partir das informações de (i) e (ii), avaliar a evolução dos tempos de interpretação de um radiologista em relação a média de um grupo do qual o mesmo faz parte, para um dado tipo de exame.

O artigo foi estruturado em 6 sessões. Uma primeira seção de introdução e referencial teórico. Na Seção 2, apresenta-se o método de pesquisa usado, na coleta de dados e processamento dos mesmos. Na Seção 3, são apresentados os resultados das pesquisas. Por fim, as Seção 4 e 5 apresentam as discussões e as conclusões do trabalho.

## **2. Método**

### **2.1 Cenário**

O estudo foi realizado no Departamento de Radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). A unidade conta com 35 radiologistas, excluindo residentes e médicos intervencionistas. O setor de radiologia emite aproximadamente 150.000 laudos por ano. Para a interpretação dos exames, primeiramente é realizada a captura das imagens por meio de aparelhos de ressonância, tomografia, ecografia e raio-x. Após a captura das imagens, os exames entram em uma fila de espera para serem laudados pelos radiologistas. A fila para interpretação dos exames funciona a partir da ordem de chegada das imagens, à exceção de exames considerados urgentes, que têm preferência e recebem prioridade para interpretação.

### **2.2 Coleta de dados**

Foi realizada uma coleta dos tempos relacionados às interpretações realizadas no período entre 1º de Julho de 2013 a 28 de Fevereiro de 2015. Uma parte do processo (tomografia) do setor de radiologia foi contemplada na coleta de dados. A demanda dos radiologistas foi dividida em 7 grandes categorias de exames: abdômen, tórax, neuro, musculoesquelético, cabeça e pescoço, cardio e vascular. Posteriormente, foram definidos 4 grupos para essas categorias: (i) abdômen; (ii) musculoesquelético; (iii) neuro, vascular, cabeça e pescoço; e (iv) tórax. As categorias foram agrupadas por similaridades da região corporal e alocadas a um dos 4 grupos. Após a alocação das categorias aos grupos, foram definidos a quais grupos os

radiologistas pertenciam. Para isso, foi realizada uma clusterização com o objetivo de analisar a similaridade dos perfis de frequência de interpretação de exames apresentados pelos radiologistas. Os radiologistas foram agrupados em *clusters* pela sua similaridade (quantidade de exames laudados de uma mesma categoria).

Dentre os grupos de exames, foi selecionado o grupo de tórax para testar as proposições do presente artigo. O grupo foi selecionado para a análise pelo fato das interpretações pertencentes a este grupo apresentarem menor variabilidade no tempo de realização e pelo nível de dificuldade dos exames não diferir significativamente. Para melhor visualização do comportamento temporal nas CCs, a análise foi realizada nos últimos 6 meses do banco de dados, o que corresponde a um total de 2.862 laudos de tórax produzidos. Dos 35 radiologistas que o setor dispõe, 11 foram alocados ao grupo de tórax; destes, um foi excluído por apresentar um número reduzido de laudos no período ( $n=2$ ). Para tal, os dados considerados foram: radiologista, tipo de exame, data e horário de entrada da imagem (exame ainda não laudado), data e horário de saída (exame já laudado) e tempo de interpretação correspondente.

### 2.3 Cartas de controle para monitoramento da produtividade

Para monitorar a produtividade do setor de radiologia foram utilizadas as cartas de controle estatístico de processo (CCs). Existem duas classificações de CCs: para variáveis e para atributos. No presente artigo, o dado que se deseja monitorar é o tempo. O tempo é uma variável contínua, sendo então escolhida a carta de controle para variáveis neste estudo.

O tamanho da amostra corresponde a  $n=1$ . Para amostras de tamanho unitário, a CC adequada é a I-AM (valores individuais e amplitude móvel). Para gerar as CCs, os limites de controle devem ser calculados. Para as cartas I-AM, as seguintes equações são utilizadas no cálculo:

Carta I

$$LSC = \mu + E_2 \times \bar{R} \quad (1) \quad LC = \mu \quad (2) \quad LIC = \mu - E_2 \times \bar{R} \quad (1)$$

Carta AM

$$LSC = D_4 \times \bar{R} \quad (4) \quad LC = \bar{R} \quad (5) \quad LIC = D_3 \times \bar{R} \quad (2)$$

$LSC$  é o limite superior de controle,

$LC$  é o limite central,

$LIC$  é o limite inferior de controle,

$\mu$  é a média,

$\bar{R}$  é a média das amplitudes móveis e

$E_2$ ,  $D_4$  e  $D_3$  são valores tabelados para diferentes tamanhos de amostra.

As CCs são elaboradas em duas fases (MONTGOMERY, 2009). A primeira fase consiste em utilizar amostras preliminares para construir as cartas, sendo calculados seus parâmetros (OAKLAND, 2007). Os limites de controle de ensaio, utilizados na primeira fase, permitem determinar se o processo está estatisticamente sob controle a partir das amostras preliminares. A segunda fase consiste em utilizar os limites de ensaio encontrados na primeira fase para controlar dados futuros de um mesmo processo.

## 2.4 Índices de capacidade

A capacidade de um processo é definida pela comparação da variabilidade natural do produto com as exigências ou especificações para o mesmo, ou seja, a capacidade de produzir itens de acordo com as especificações do projeto ou cliente (KANE, 1986; KOTZ e JOHNSON, 1993). No caso da radiologia, trata-se da capacidade de manter o tempo de interpretação dos laudos dentro dos limites de especificação.

Os limites de especificação para o grupo de tórax foram definidos a partir da opinião de radiologistas no trabalho de Dora et al. (2016). Os valores correspondentes aos *LSE* (limite superior de especificação) e *LIE* (limite inferior de especificação) foram de 4.000 e 60 segundos, respectivamente.

Para calcular a capacidade, existem indicadores importantes; entre eles, dois se destacam, o  $C_p$  e o  $C_{pk}$ . O  $C_p$  é utilizado para medir os limites naturais de dispersão do item com relação a seus limites de especificação, sem considerar a centralização do processo é calculado através da fórmula:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad (3)$$

onde *LSE* e *LIE* são os limites superior e inferior de especificação,

$\hat{\sigma}$  é a estimativa do desvio padrão, dada por  $\bar{R}/d_2$  tal que  $d_2$  é um valor tabelado para diferentes tamanhos de amostra.

O índice  $C_{pk}$ , por sua vez, considera a distância da média do processo em relação aos limites de especificação (KANE, 1986). O  $C_{pk}$  é dado através da fórmula:

$$C_{pk} = \min(C_{pk}^{SUP}, C_{pk}^{INF}) \quad (8) \quad C_{pk}^{SUP} = \frac{LSE - \mu}{3\hat{\sigma}} \quad (9) \quad C_{pk}^{INF} = \frac{\mu - LIE}{3\hat{\sigma}} \quad (4)$$

Onde *min* é o valor mínimo (seleção do menor valor resultante das duas equações),

$C_{pk}^{SUP}$  é o cálculo do  $C_{pk}$  considerando o *LSE* e a  $\mu$ ,

$C_{pk}^{INF}$  é o cálculo do  $C_{pk}$  considerando o *LIE* e a  $\mu$ .

No presente artigo será considerado apenas o cálculo do  $C_{pk}^{SUP}$ . Caso o valor de algum dos índices seja inferior a 1, o processo é considerado como não capaz.

## 3. Resultados

O conjunto de dados apresentou característica lognormal, sendo necessária a sua transformação para valores lognormalizados, para que a normalidade fosse verificada. Os testes utilizados foram: *Jarque-Bera*, *Qui-Quadrado*, *D'Agostino-Pearson* e *Shapiro-Wilk test*. Os resultados foram significativos para os testes *Jarque-Bera* ( $p\text{-value}=0,0787$ ) e *D'Agostino-Pearson* ( $p\text{-value}=0,0889$ ). Após a transformação dos valores, foi conduzida a primeira fase das cartas de controle.

Durante o processo, foram verificados pontos fora dos limites das cartas I-AM. Para parametrização das CCs, foi necessário um total de 5 rodadas de cálculos de limites de ensaio, até a remoção completa de todos os valores espúrios. A média de tempo de interpretação do grupo de radiologistas foi de 619,81 segundos. A primeira fase também foi aplicada individualmente a cada radiologista. Foi verificado que apenas 3 dos 10 radiologistas possuíam tempo médio de interpretação abaixo da média do grupo.

Para exibição das cartas, foi selecionado o radiologista M8, que possui a menor média de tempo de interpretação de exames, o radiologista M30, que possui a maior média, o radiologista M11, que possui forte tendência descendente e o radiologista M24, que possui forte tendência ascendente. O radiologista M11 foi selecionado como *benchmark* (modelo a ser seguido) para o grupo de radiologistas, por apresentar tempo de interpretação estável e dentro dos limites de especificação em relação ao grupo. Nas CCs, apenas as médias (linha central) foram convertidas para valores normais de tempo. Os limites de ensaio calculados (*LSC* e *LIC*) foram informados como  $-3\sigma$  e  $+3\sigma$ .

A Figura 1 traz as cartas I-AM do radiologista M8. M8 apresentou um tempo médio de interpretação de 509,55 segundos. Apenas 1 exame ultrapassou o *LSC*, sendo considerado causa especial no processo, correspondendo a 3.816 segundos para a interpretação (para efeito de comparação, o maior tempo de interpretação de exame do radiologista M8 dentro dos limites de controle foi de 1.518 segundos). O que se pode verificar é que o desempenho do radiologista M8 vem melhorando no horizonte de tempo, pela sua linha de tendência apresentar comportamento suavemente descendente.

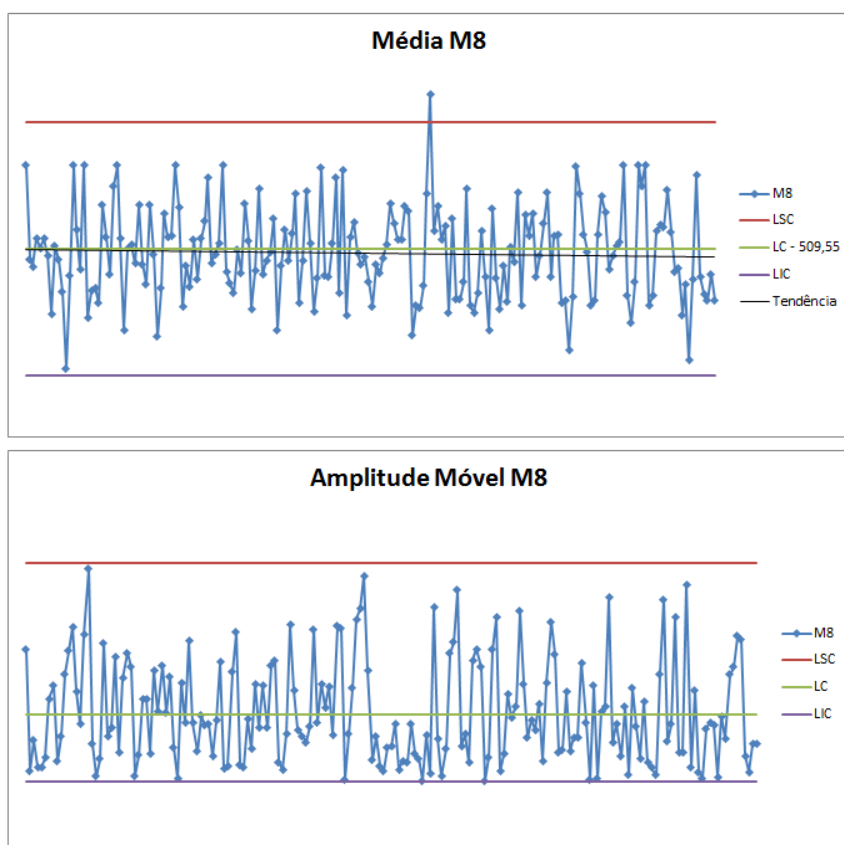


Figura 1 – Cartas I-AM – desempenho individual de M8

Já na Figura 2 é informado o desempenho do radiologista M8 em relação aos parâmetros de média e limites de controle do grupo de radiologistas. O que pode ser verificado é que o radiologista M8 possui uma média de tempo menor para interpretar exames em relação ao grupo.

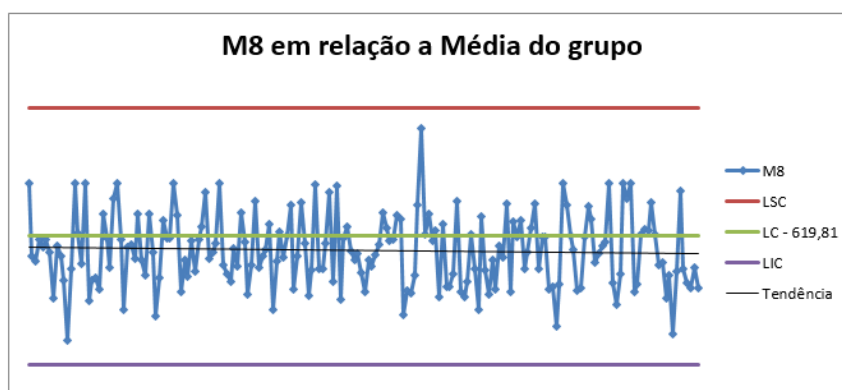


Figura 2 – Carta I – desempenho de M8 em relação à média do grupo

A Figura 3 apresenta as cartas I-AM de desempenho individual obtidas para o radiologista M30. A média de M30 é de 1.231,538 segundos, sendo praticamente o dobro da média do grupo (619,81 segundos). Nenhum ponto ultrapassou o *LSC*, evidenciando a ausência de anomalias ou causas especiais no processo. A linha de tendência apresenta um comportamento suavemente descendente, indicando que o desempenho do radiologista vem melhorando.

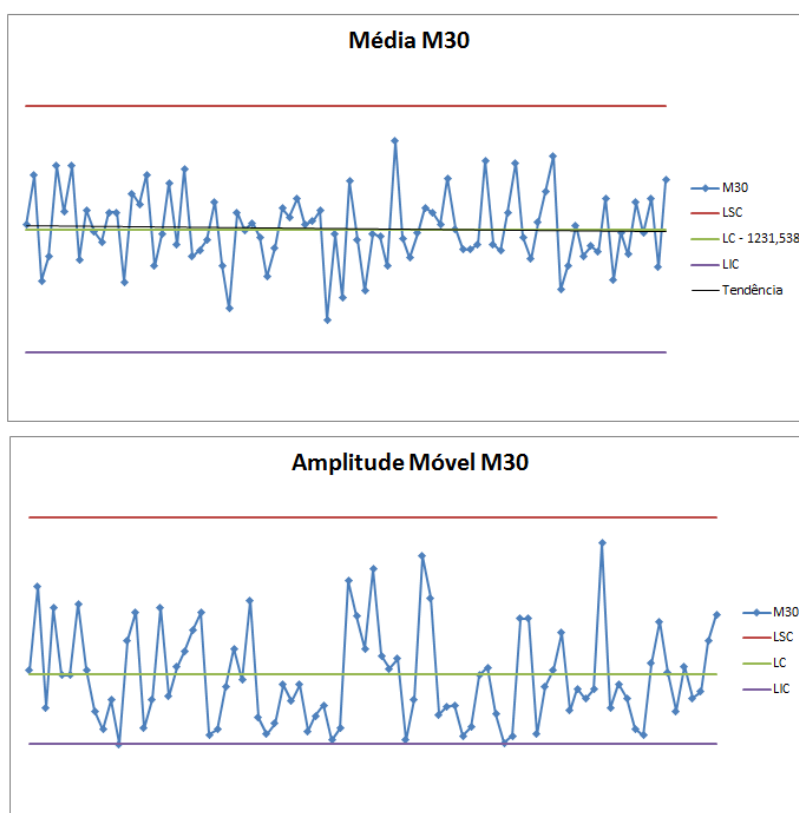


Figura 3 – Cartas I-AM – desempenho individual de M30

Na Figura 4 é possível verificar que a maioria dos tempos de M30 fica acima da média do grupo e o processo está descentralizado, evidenciando que o radiologista tem apresentado um tempo consideravelmente maior para interpretar os exames de tórax.



Figura 4 – Desempenho de M30 em relação à média do grupo

A Figura 5 apresenta as cartas de desempenho individual do radiologista M11, que apresentou média de 734,841 segundos. Vários pontos ultrapassaram os limites de controle das cartas, evidenciando que o processo não está sob controle. A linha de tendência apresenta um comportamento consideravelmente descendente, ultrapassando o tempo médio de interpretação do radiologista M11 em dado momento, indicando que seu desempenho apresentou importante melhora no horizonte de tempo.

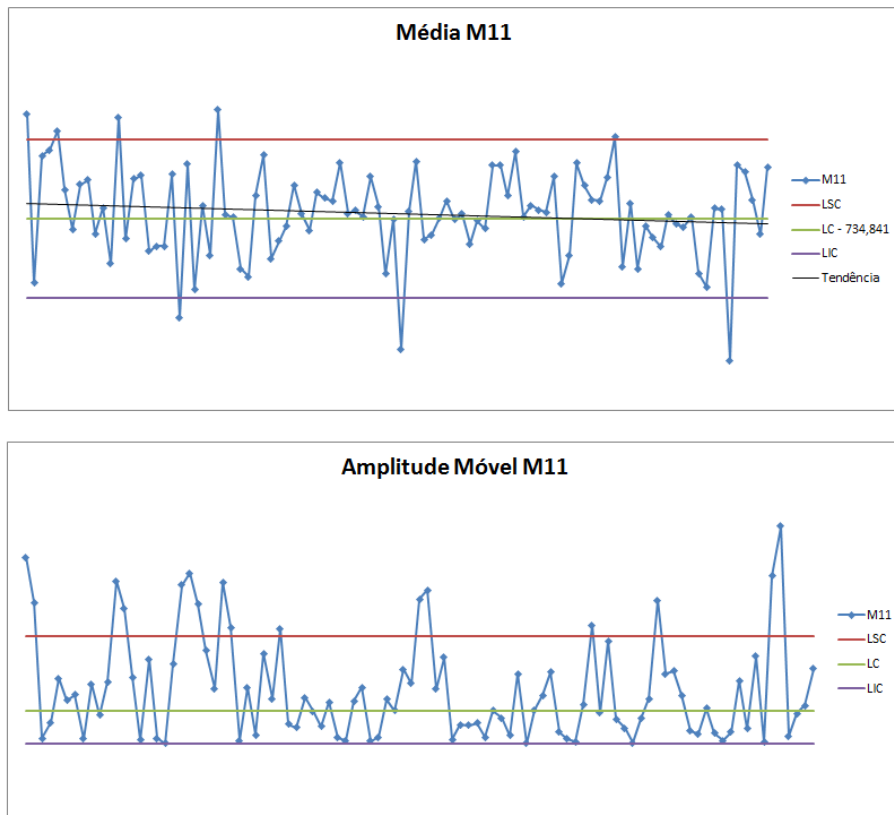


Figura 5 – Cartas I-AM – desempenho individual de M11

Na Figura 6 nota-se que o tempo médio de interpretação de exames do radiologista M11 é superior ao tempo médio do grupo; porém, a linha de tendência indica que seu desempenho

está melhorando em relação à média do grupo. A CC também indica que M11 apresentou pouca variabilidade e está bem centralizado em relação ao grupo, por esse motivo o radiologista foi selecionado como *benchmark* para o grupo.



Figura 6 – Desempenho de M11 em relação à média do grupo

A Figura 7 mostra as cartas I-AM do radiologista M24, que apresentou média de 970,4 segundos. Como apenas um exame ultrapassou o *LIC*, o processo está sob controle. A linha de tendência apresenta um comportamento ascendente, indicando que o desempenho de M24 vem piorando no horizonte de tempo.

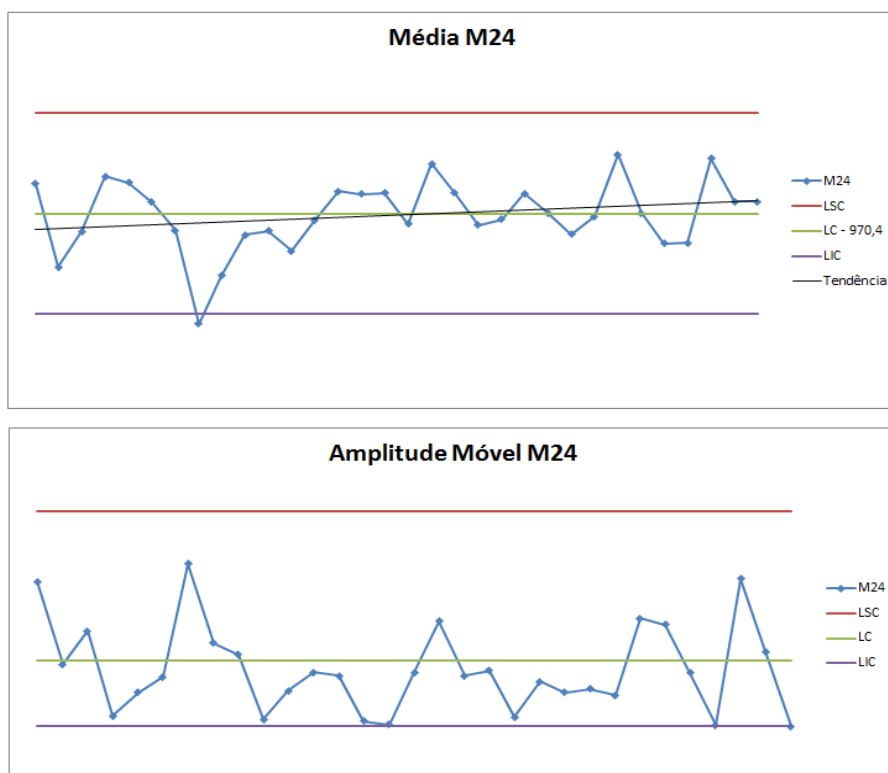


Figura 7 – Cartas I-AM – desempenho individual de M24

Na Figura 8 a tendência se verifica de maneira mais intensa, indicando que o desempenho de M24 está piorando em relação à média do grupo.



Figura 8 – Desempenho de M24 em relação à média do grupo

De maneira geral, dos 10 radiologistas, 6 apresentaram comportamento descendente. Os demais apresentaram comportamento ascendente. Porém, em 6 casos dos 10, os comportamentos são praticamente estáveis, pois a reta de tendência apresenta pequena inclinação.

### 3.1 Índices de capacidade

A Tabela 1 traz os resultados para os índices  $C_p$  e  $C_{pk}$  dos exames de tórax do grupo de radiologistas que interpretam esses exames e dos demais radiologistas selecionados para a análise dos dados da segunda fase das CCs.

|              | $C_p$   | $C_{pk}$ |
|--------------|---------|----------|
| <b>Grupo</b> | 0,9633  | 0,7693   |
| <b>M8</b>    | 1,2311  | 1,2365   |
| <b>M11</b>   | 1,77522 | 1,39119  |
| <b>M24</b>   | 1,1055  | 0,7644   |
| <b>M30</b>   | 1,4556  | 0,8089   |

Tabela 1 – Índices de capacidade do processo

Para o grupo ( $n=1.431$ ) o processo é considerado não-capaz, já que ambos os índices apresentam valores inferiores a 1. Isso indica que há dispersão excessiva nos dados e que o processo não está centralizado dentro dos limites de especificação. Isso ocorre porque 7 dos 10 radiologistas apresentaram média acima da média do grupo. Já no caso de M8, o processo é considerado capaz por ambos os valores ultrapassarem 1..

Para M11, o processo é considerado altamente capaz por ambos os valores ultrapassarem 1,33. Para o radiologista M30, que apresentou a maior média de tempo para interpretar exames, o processo é considerado não capaz pelo  $C_{pk}$  ser inferior a 1. Apesar de o  $C_p$  ser maior que 1,33, indicando que há pouca dispersão nas interpretações do radiologista, o processo não está centralizado nos limites de especificação e apresenta forte assimetria na direção do LSE, o que torna baixo o seu desempenho.

#### 4. Discussão

A partir deste estudo foi possível desenvolver uma metodologia para monitorar a produtividade de um setor de radiologia. Ao usar as CCs e os índices de capacidade foi possível ter um conhecimento mais rico e detalhado do processo de interpretação de exames dos radiologistas e visualizar seu comportamento em um dado horizonte de tempo.

Apesar de Lighter e Tylkowski (2004) terem feito uso das CCs para monitorar a produtividade de um pediatra, os autores não aprofundaram o estudo, considerando apenas um médico de um setor e não calculando a capacidade do processo. Baseado em uma análise individual, o estudo é inconclusivo quanto à adequação do processo analisado. O presente estudo, ao incluir um banco de dados contemplando diversos radiologistas com características diferentes e utilizar os índices  $C_p$  e  $C_{pk}$ , permite traçar um diagnóstico mais preciso do processo analisado e elaborar conclusões.

É importante entender o comportamento de cada radiologista e do grupo em geral. Um fator importante a ser destacado e que influenciou na análise foi a diferença do número de exames interpretados pelos radiologistas no período de 6 meses. Dos 3 radiologistas que apresentaram média de interpretação de exames inferior à média do grupo, dois possuíam o maior número de exames laudados no horizonte de tempo. Isso influenciou diretamente na queda da média do grupo, fazendo os demais (à exceção de apenas um radiologista) ficarem com médias de interpretação acima da média do grupo. Analisando o desempenho dos radiologistas perante ao grupo, nota-se que o radiologista *benchmark* (M11) apresentou pequena variabilidade e centralização no processo, apesar da maioria dos exames interpretados ultrapassar o limite central na CC. Os demais radiologistas apresentaram grande variabilidade e descentralização nos seus respectivos processos, não podendo ser adotados como modelo de *benchmark*.

#### 5. Conclusão

Esse estudo apresentou a possibilidade de utilizar uma ferramenta estatística para monitorar a produtividade do setor de radiologia de um hospital universitário. A partir disso foi possível criar as cartas de controle, medir o desempenho, verificar a tendência e, finalmente, avaliar a capacidade do processo.

É importante destacar que este estudo analisou apenas a variável tempo, desconsiderando demais aspectos que poderiam interferir no desempenho dos radiologistas. Uma questão que também deve ser levantada é a qualidade das interpretações. Desse modo, é preciso apontar que um laudo interpretado de maneira mais ágil não é necessariamente o melhor. O estudo permite apenas avaliar o melhor desempenho em relação aos tempos de interpretação, desconsiderando fatores não controlados que podem interferir sistematicamente no desempenho dos radiologistas. O impacto dos resultados apresentados, bem como futuras ações tomadas no setor de radiologia a partir deles serão objetos de pesquisas futuras.

#### Referências

- ARENSON, R. L.; LU, Y.; ELLIOT, S. C.; JOVAIS, C.; AVRIN, D. E. *Measuring the academic radiologist's clinical productivity: applying RVU adjustment factors*. Academic radiology, v. 8, n. 6, p. 533-540, 2001.
- BAADH, A.; PETERKIN, Y.; WEGENER, M.; FLUG, J.; KATZ, D.; HOFFMANN, J. C. *The relative value unit: history, current use, and controversies*. Current problems in diagnostic radiology, v. 45, n. 2, p. 128-132, 2016.
- BHARGAVAN, M.; KAYE, A. H.; FORMAN, H. P.; SUNSHINE, J. H. *Workload of Radiologists in United States in 2006–2007 and Trends Since 1991–1992*. Radiology, v. 252, n. 2, p. 458-467, 2009.

- BHARGAVAN, M.; SUNSHINE, J. H.** *Workload of radiologists in the United States in 1998-1999 and trends since 1995-1996.* American Journal of Roentgenology, v. 179, n. 5, p. 1123-1128, 2002.
- BHARGAVAN, M.; SUNSHINE, J. H.** *Workload of Radiologists in the United States in 2002-2003 and Trends Since 1991-1992 1.* Radiology, v. 236, n. 3, p. 920-931, 2005.
- BRADY, A. P.** *Measuring Consultant Radiologist workload: method and results from a national survey.* Insights into imaging, v. 2, n. 3, p. 247-260, 2011.
- CONOLEY, P. M.; VERNON, S. W.** *Productivity of radiologists: estimates based on analysis of relative value units.* AJR. American journal of roentgenology, v. 157, n. 6, p. 1337-1340, 1991.
- CRABBE, J. P.; FRANK, C. L.; NYE, W. W.** *Improving report turnaround time: an integrated method using data from a radiology information system.* AJR. American journal of roentgenology, v. 163, n. 6, p. 1503-1507, 1994.
- DORA, J. M.; TORRES, F. S.; GERCHMAN, M.; FOGLIATTO, F. S.** *Development of a local relative value unit to measure radiologists' computed tomography reporting workload.* Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology, v. 60, n. 6, p. 714-719, 2016.
- DUSZAK, R.; MUROFF, L. R.** *Measuring and managing radiologist productivity, part 1: clinical metrics and benchmarks.* Journal of the American College of Radiology, v. 7, n. 6, p. 452-458, 2010a.
- DUSZAK, R.; MUROFF, L. R.** *Measuring and managing radiologist productivity, part 2: beyond the clinical numbers.* Journal of the American College of Radiology, v. 7, n. 7, p. 482-489, 2010b.
- KANE, V. E.** *Process capability indices.* Journal of quality technology, v. 18, n. 1, p. 41-52, 1986.
- KELLY, A. M.; MULLAN, P. B.; GRUPPEN, L. D.** *The evolution of professionalism in medicine and radiology.* Academic radiology, v. 23, n. 5, p. 531-536, 2016.
- KHAN, S.** *Measuring radiologist workload: past, present and future.* Diagnostic Imaging Europe, outubro, p. 27-29, 2013.
- KOTZ, S.; JOHNSON, N. L.** *Process capability indices.* CRC Press, 1993.
- LIGHTER, D. E.; TYLKOWSKI, C. M.** *Case study: Using control charts to track physician productivity.* Physician executive, v. 30, n. 5, p. 53, 2004.
- LU, Y.; ZHAO, S.; CHU, P. W.; ARENSON, R. L.** *An update survey of academic radiologists' clinical productivity.* Journal of the American College of Radiology, v. 5, n. 7, p. 817-826, 2008.
- MEZRICH, R.; NAGY, P. G.** *The academic RVU: a system for measuring academic productivity.* Journal of the American College of Radiology, v. 4, n. 7, p. 471-478, 2007.
- MONTGOMERY, D. C.** *Statistical quality control.* Seventh Edition. New York: Wiley, 2009.
- OAKLAND, J. S.** *Statistical process control.* Routledge, 2007.
- ONDATEGUI-PARRA, S.; BHAGWAT, J. G.; ZOU, K. H.; GOGATE, A.; INTRIERE, L. A.; KELLY, P.; SELTZER, S. E.; ROS, P. R.** *Practice Management Performance Indicators in Academic Radiology Departments 1.* Radiology, v. 233, n. 3, p. 716-722, 2004.
- PITMAN, A.; JONES, D. N.; STUART, D.; LLOYDHOPE, K.; MALLITT, K.; O'ROURKE, P.** *The Royal Australian and New Zealand College of Radiologists (RANZCR) relative value unit workload model, its limitations and the evolution to a safety, quality and performance framework.* Journal of medical imaging and radiation oncology, v. 53, n. 5, p. 450-458, 2009.
- SUNSHINE, J. H.; BURKHARDT, J. H.** *Radiology Groups' Workload in Relative Value Units and Factors Affecting It 1.* Radiology, v. 214, n. 3, p. 815-822, 2000.
- TAGUE, N. R.** *Seven basic quality tools. The Quality Toolbox.* Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality, p. 15, 2004.
- WHEELER, D. J.; CHAMBERS, D. S.** *Understanding statistical process control.* SPC press, 1992.
- WILT, M. A.; MIRANDA, R.; JOHNSON, C. D.; LOVE, P. S.** *Measuring and improving productivity in general radiology.* Journal of the American College of Radiology, v. 7, n. 10, p. 774-777, 2010.