

Qualidade de Imagem em Radiologia em Filme (Analógico)

Fatores de qualidade de imagem

Imagens radiográficas baseadas em filme são avaliadas tendo como alicerce **quatro fatores de qualidade**, a saber:

- Densidade
- Contraste
- Resolução espacial
- Distorção

Cada um desses apresenta parâmetros específicos pelos quais é controlado.

Densidade

Definição

A densidade do filme radiográfico é definida como a **quantidade de “negrume” na radiografia processada**. Quando uma radiografia com densidade alta é visualizada, menos luz é transmitida pela imagem.

Fatores Controladores

O **principal fator controlador** da densidade do filme é a **mAs**, que controla a densidade por meio da quantidade de raio X emitidos do tubo de raios X e a duração da exposição. A relação para nosso propósito pode ser definida como linear: duplicando a mAs, dobra-se a quantidade ou duração dos raios X emitidos, assim dobrando a densidade no filme.

A distância da fonte de raios X para o RI, ou a **distância do receptor de fonte-imagem (DFR)**, também tem um efeito na densidade radiográfica, de acordo com a lei do inverso do quadrado. Se a DFR é duplicada, no RI, a intensidade do feixe de raios X é reduzida a um quarto, o que, então, reduz a densidade radiográfica para um quarto. Uma DFR padrão geralmente é usada para reduzir essa variável.

Outros fatores que influenciam a densidade em uma imagem de filme incluem KV, espessura da parte, tempo de desenvolvimento químico/temperatura, razão da grade e velocidade da tela-filme.

Ajustando a Densidade da Imagem Analógica

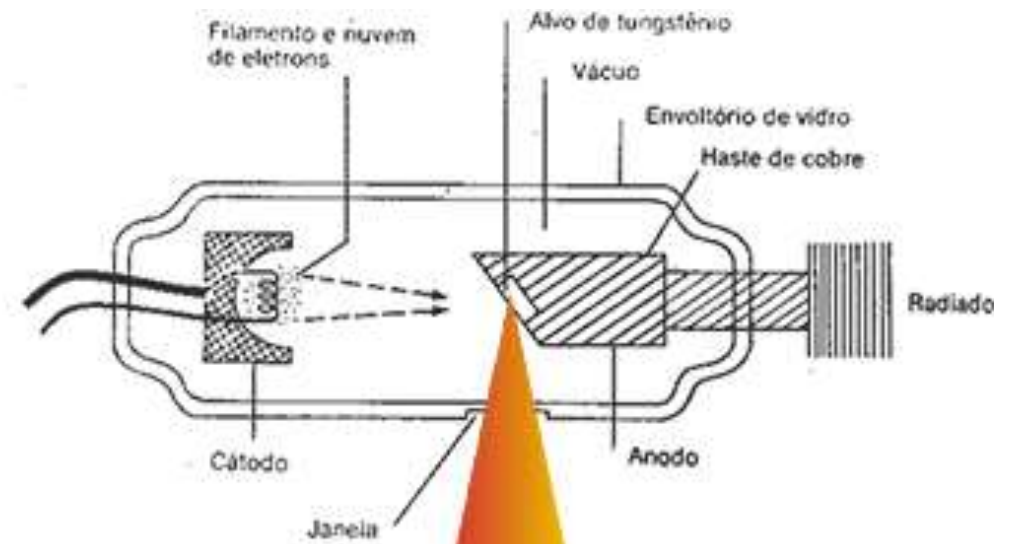
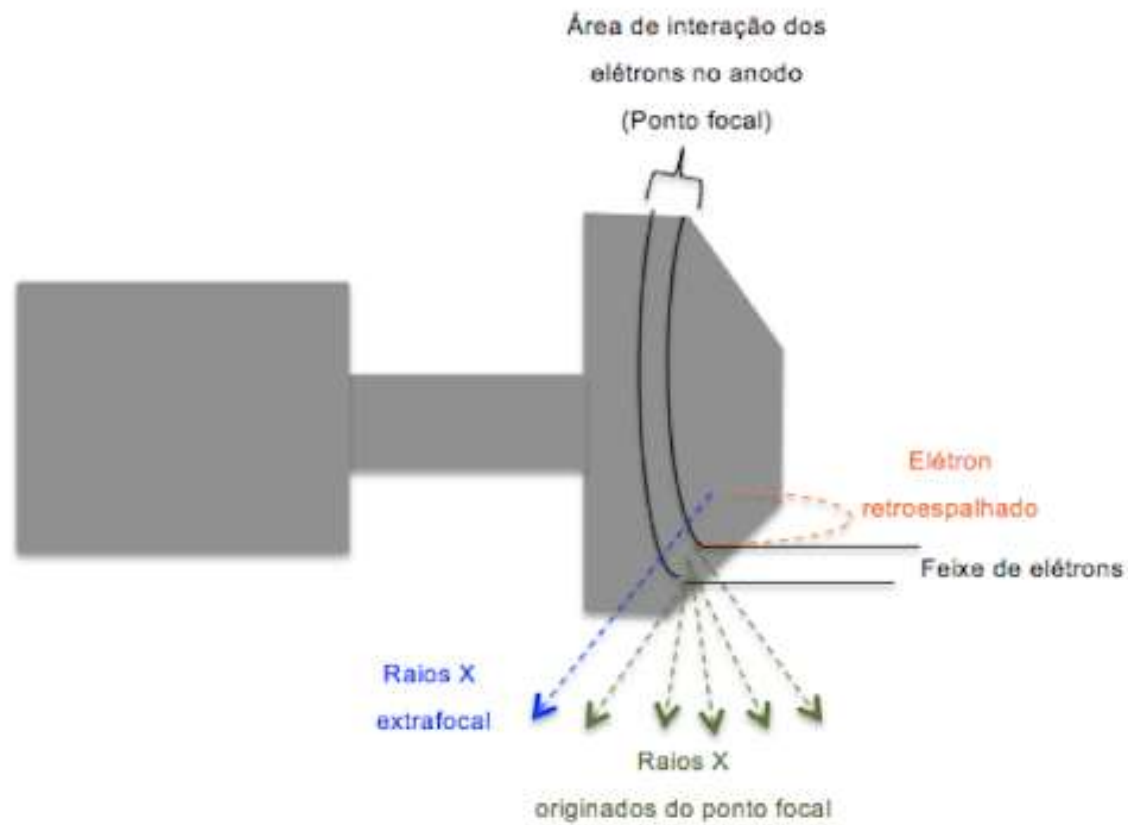
Quando as imagens de filme (feitas com a configuração técnica manual) são superexpostas ou não têm exposição suficiente, uma regra geral estabelece que a alteração mínima na mA de 25% a 30% é requerida para que haja uma considerável diferença na densidade radiográfica na radiografia repetida. Algumas imagens incorretamente expostas podem precisar de uma mudança maior, frequentemente de 50% a 100%, ou às vezes até maior. A radiografia da mão obtida com o uso de 2 mAs não teve exposição suficiente; a radiografia repetida foi obtida com o uso de 4 mAs. A duplicação da mAs nesse exemplo resultou no dobro da densidade na radiografia. A KV não precisa de ajuste, uma vez que a KV ideal para a espessura da parte foi usada. A DFR também não precisa de ajuste: é uma constante.

Densidade e Efeito Anódico

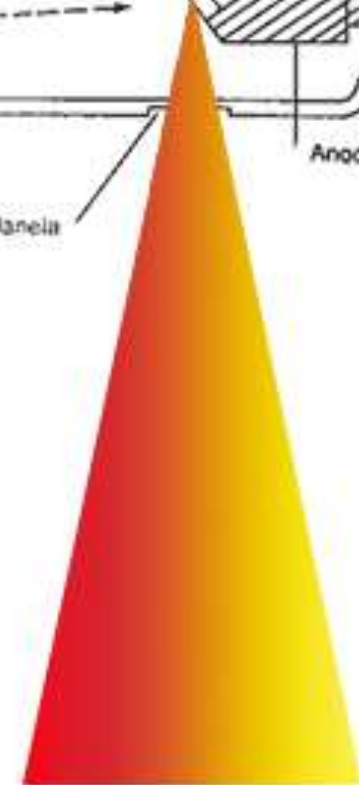
A intensidade da radiação emitida da extremidade do cátodo no todo de raios X é maior que a emitida pelo outro lado. Esse fenômeno é conhecido como *efeito anódico*. Um maior enfraquecimento ou absorção dos raios X ocorre na extremidade do ânodo por causa de seu ângulo: os raios X emitidos de um ponto mais interno do ânodo devem passar através de mais material anódico antes de sair; assim, eles são mais atenuados.

Estudos mostram como a diferença na intensidade, da extremidade do cátodo para o do ânodo, do campo de raios X, quando um RI de 43 centímetros é usado em uma DFR de 102 centímetros, pode variar 45% dependendo do ângulo do ânodo. O efeito anódico é mais nítido quando são usadas uma DFR curta e um campo longo.

Aplicar o efeito anódico a uma prática clínica auxilia o tecnólogo a obter imagens de qualidade das partes do corpo que exibem uma variação considerável na espessura ao longo do eixo longitudinal do campo de raio X. O paciente deve ser posicionado de modo que a **parte mais espessa fique na extremidade do cátodo** do tubo de raios X e a **parte mais fina fique sob o ânodo** (as extremidades do cátodo e do ânodo do tubo de raios X geralmente são marcadas na caixa de proteção). O abdome, a coluna torácica e os ossos longos dos membros (p. ex., o fêmur e a tíbia/fíbula) são exemplos de estruturas com espessuras que variam o suficiente para garantir o uso correto do efeito anódico.



Efeito Anódico



Filtros Compensadores

Como discutido na seção anterior, as partes do corpo de densidade anatômica variante podem resultar numa imagem parcialmente superexposta, pois as partes anatômicas atenuam o feixe de raios de modos diferentes. Esse problema pode ser resolvido com uso de *filtros compensadores*, que filtram uma porção de feixe principal na direção da parte fina ou menos densa do corpo que está sendo radiografada. Muitos tipos de filtros compensadores estão em uso, a e maioria é feita de alumínio. No entanto, alguns incluem plástico em sua composição. O tipo de filtro compensador usado pelo tecnólogo depende da aplicação clínica.

Dentre os filtros compensadores mais comumente usados, estão os seguintes:

- Filtro em cunha: É encaixado no colimador; a porção mais grossa da cunha é posicionada na direção da parte menos densa da anatomia para nivelar as densidades. Esse filtro tem inúmeras aplicações; a mais comum inclui uma incidência AP do pé, AP da coluna torácica e axiolateral do quadril.
- Filtro em cocho: É montado no colimador e usado para tomografia do tórax. As partes periféricas mais densas do filtro são posicionadas de acordo com os pulmões, anatomicamente menos densos; a parte fina do filtro corresponde ao mediastino.
- Filtro em bumerangue: É posicionado atrás do paciente e usado principalmente para radiografia do ombro e da coluna torácica superior, onde ele fornece visualização melhorada dos tecidos moles do lado superior do ombro e da coluna torácica superior.

Resumo dos Fatores de Densidade

A densidade adequada, como **principalmente controlada pela mAs**, deve ser visível no filme processado se as estruturas radiográficas estão para serem precisamente representadas. Muito pouca densidade ou muita densidade (superexposição) não demonstram adequadamente essas estruturas. O uso correto do efeito anódico e dos filtros de compensação ajudam a demonstrar uma densidade otimizada no filme nas partes anatômicas que têm uma variação considerável da espessura.

Contraste

Definição

Contraste radiográfico é definido como a **diferença de densidade entre as áreas adjacentes de uma imagem radiográfica**. Quando a diferença de densidade é grande, o contraste é alto, e quando essa diferença é pequena o contraste é baixo.

O contraste pode ser definido como de **longa escala** ou de **curta escala**, referindo-se ao alcance total das densidades ópticas, da parte da imagem mais clara à mais escura da imagem radiográfica.

O contraste permite o detalhamento anatômico numa imagem radiográfica a ser visualizada. Aperfeiçoar o contraste radiográfico é importante, e o entendimento do contraste é essencial para avaliar a qualidade da imagem.

O fato de o contraste ser alto ou baixo não é de tudo ruim. Por exemplo, baixo contraste (contraste de longa escala) é desejável em uma imagem radiográfica do toráx. Muitos tons de cinza são requeridos para a visualização das marcas finas do pulmão.

Fatores Controladores

O **principal fator controlador** do contraste em tomografia baseada em filme é a quilovoltagem (KV), que controla a energia ou o poder penetrante do feixe de raios X primário, Quanto mais alta a KV, melhor é a energia, e mais uniformemente o feixe de raios X penetra as densidades das variadas massas de todos os tecidos. Desse modo, **uma KV mais alta** produz menos variação da atenuação (absorção diferencial), resultando em **baixa contraste**.

A KV é também um **fator controlador secundário** de densidade. Uma KV alta resulta num maior número e melhor energia de raios X, causando a chegada de mais energia de raios X ao RI, com um crescimento correspondente na densidade total. Uma regra geral importantíssima estabelece que **um aumento de 15% na KV aumenta a densidade do filme, o que é similar à duplicação da mA**. No alcance baixo da KV, como de 50 a 70 KV, um aumento de 8 a 10 KV dobraria a densidade (o equivalente a dobrar a mA). Num alcance de 80 a 100 KV, um aumento de 12 a 15 KV é necessário para dobrar a densidade

A importância disso tem relação com a proteção contra a radiação porque, à medida que o KV aumenta, a mAs pode ser significativamente reduzida, resultando na absorção de uma menor dose de radiação pelo paciente.

Outros fatores podem afetar o contraste radiográfico. A quantidade de radiação *dispersa* recebida pela tela-filme influencia o contraste radiográfico. Radiação dispersa é a radiação que teve direção e intensidades mudadas como resultado da interação com o tecido do paciente. A quantidade desses resíduos radioativos produzidos depende da intensidade do feixe de raios X, da quantidade de tecido irradiado e do tipo e espessura do tecido. A colimação precisa do campo de raios X também reduz a dose de radiação para o paciente e o tecnólogo.

A irradiação de partes do corpo espessas produz uma quantidade considerável de radiação dispersa, que diminui o contraste da imagem. Um dispositivo chamado *grade* é usado para absorver uma parte da radiação dispersa antes de atingir o RI.

Grades

Dado o aumento da quantidade de resíduos radioativos com a espessura do tecido irradiado, recomenda-se geralmente que uma grade seja usada para se radiografar qualquer parte do corpo que tenha uma espessura maior que 10 cm. Dependendo do exame, a grade pode ser portátil ou construída no equipamento de raios X. Posicionada entre o paciente e o RI, absorve grande parte da radiação dispersa antes de atingir o RI. Essa absorção é o principal evento que aumenta o contraste da imagem.

Uso correto das grades

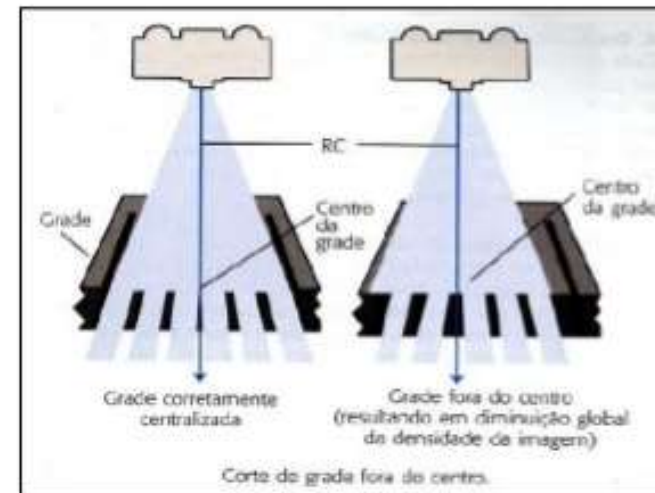
Uma discussão aprofundada sobre construção e característica da grade está além do âmbito deste texto. No entanto, muitas regras devem ser seguidas para garantir uma qualidade de imagem ideal quando se usam grades. Seu uso incorreto resulta na perda de densidade óptica ao longo do todo ou de parte da imagem radiográfica; este aspecto é chamado de *corte da grade*. Isso ocorre em vários graus, e por diversas causas, entre as seguintes:

1. Grade descentralizada
2. Grade desnivelada
3. Grade desfocada
4. Grade de cabeça para baixo

1. Grade descentralizada

O RC deve ser centralizado ao longo do eixo da grade. Se não tiver, a descentralização lateral pode ocorrer. Quanto mais RC estiver desalinhado em relação à linha do centro da grade, maior é o corte resultante.

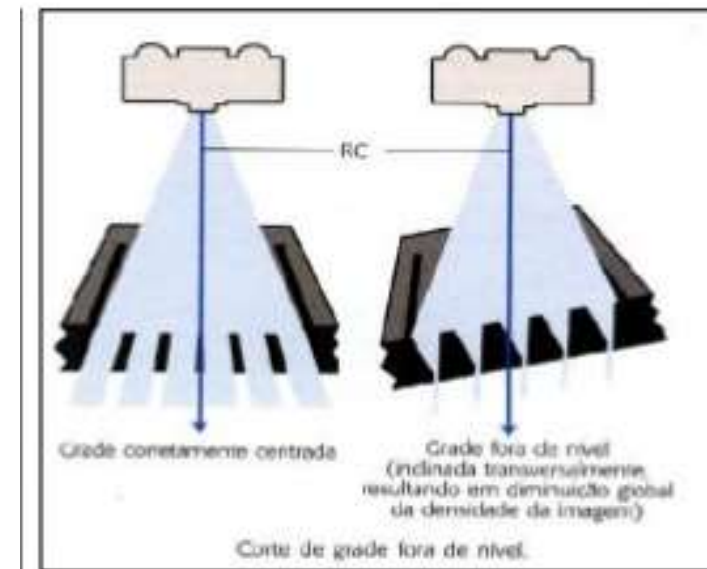
Em certas situações médicas, nas quais é difícil posicionar a área de interesse no centro da grade, esta deve virada de modo que as faixas de chumbo corram perpendicularmente ao comprimento do paciente, a fim de permitir a centralização precisa (p. ex., feixe horizontal lateral da coluna lombar).



Exceção: Decúbito – dimensão curta (DC) – grades do tipo linear: Uma exceção à posição da grade mais comum, que consiste na grade direcionada longitudinalmente com as faixas de chumbo e o eixo central correndo longitudinalmente com a grade, é a grade transversalmente linear **tipo decúbito**. Esta grade, na qual as faixas de chumbo e o eixo central correm transversalmente ao longo da menor dimensão da grade, é útil para incidências de feixe horizontal do tipo decúbito. Para essas incidências, a grade é posicionada longitudinalmente ao paciente, mas o RC é centrado transversalmente ao eixo da grade, para prevenir o corte.

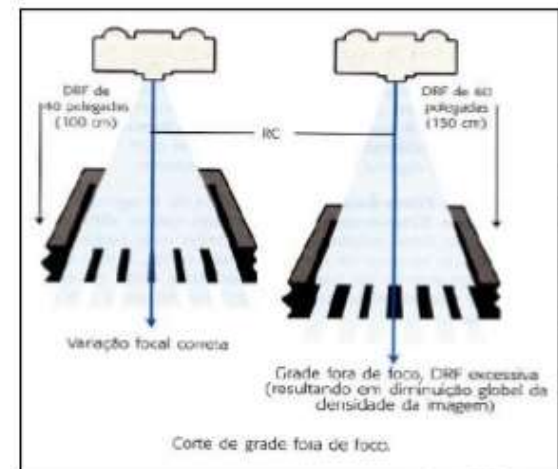
2 Grade Desnivelada

Com a angulação, o RC deve ser inclinado ao longo do eixo longo das faixas de chumbo. Angular o raio atravessando as linhas da grade resulta em corte da grade. O corte por desnível também ocorre se a grade estiver inclinada; o RC atinge as linhas de chumbo em algum ângulo.



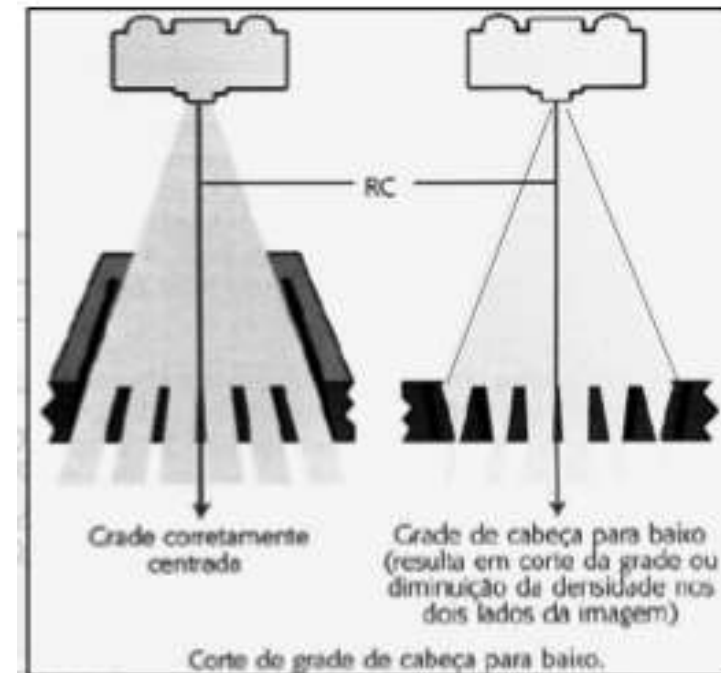
3 Grade desfocada

Uma grade focada deve ser usada numa DFR específica, se o corte da grade puder ser prevenido. Grandes geralmente têm uma DFR mínima e máxima utilizável; é o que se chama de *alcance focal*. O alcance focal é determinado pela **frequência da grade** (número de tiras de grade por polegada ou centímetro) e pela **razão da grade** (altura das tiras de chumbo comparada ao espaço entre elas). Grades portáteis geralmente têm menor frequência de grade e baixa razão da grade em relação às grades fixas ou à grade de bucky. Uma razão da grade típica de grades portáteis é **6:1** ou **8:1**, comparadas com **12:1** para grades de bucky. Isso indica um melhor alcance focal para grades portáteis, mas as limitações de DFR ainda existem para prevenir o corte de grade. Cada tecnólogo deve saber que tipos de grades portáteis estão disponíveis, bem como o alcance focal de cada um.



4 Grade de cabeça para baixo

Cada grade é rotulada a fim de indicar o lado que deve ser posicionado de frente ao tubo de raios X. As tiras de chumbo são inclinadas ou focadas de modo que permitam que o feixe de raios X atravessasse desimpedido (se a DFR estiver dentro do alcance focal e a grade estiver corretamente posicionada). Se a grade for posicionada de cabeça para baixo, a imagem mostrará um grave corte.



Resumo dos fatores de contraste

A seleção da quilovoltagem (KV) apropriada é a balança entre um ótimo contraste de imagem e a menor dose de radiação possível do paciente. Uma regra estabelece que a **mais alta KV e a mais baixa mA que produzem informação diagnóstica suficiente devem ser usadas em cada exame radiográfico**. A colimação fechada e o uso correto das grades também garantem que a imagem radiográfica processada seja exibida com o contraste ideal.

Resolução Espacial

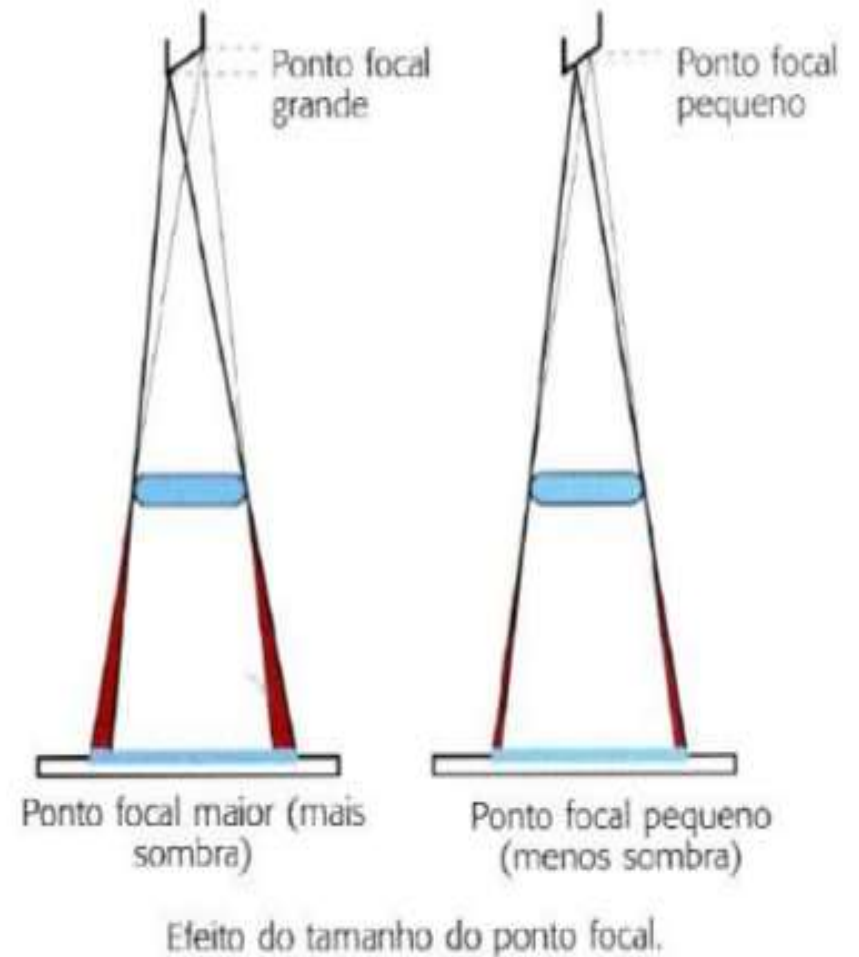
A *resolução espacial* é definida como **nitidez obtida das estruturas em uma imagem**. A resolução de uma imagem radiográfica é demonstrada pela clareza ou nitidez das linhas estruturais e as bordas dos tecidos ou estruturas da imagem. A resolução também é conhecida como **detalhe, detalhe gravado, nitidez da imagem** ou **definição**. A resolução em imagens de tela-filme geralmente é mensurada e expressa como um par de linhas por milímetro (pl/mm), no qual um par de linhas é visto como uma linha única e um interespaço de largura igual. Quanto mais alta a medida do par de linhas, maior é a resolução. Geralmente, a resolução mede de 5 a 6 pl/mm nas tomografias comuns. A falta de nitidez ou resolução é conhecida como **embaçamento** ou **opacidade**.

Fatores de Controle

A radiografia ideal exibe uma imagem clara, como avaliado sob o prisma dos “Critérios de Avaliação” para cada posição neste texto. A resolução na tomografia de tela-filme é controlada por **fatores geométricos, o sistema de tela-filme e o movimento.**

Fatores Geometricos que controlam ou influenciam a resolução consistem em **tamanho do ponto focal, DFR e distância objeto-receptor (DOR).**

O uso de um **ponto focal pequeno** resulta em **menos opacidade geométrica**. Para ilustrar, utiliza-se um ponto como a fonte dos raios X no tubo de raios X. No entanto, a verdadeira fonte de raios X é uma área de ânodo, conhecida como *ponto focal*. Muitos tubos de raios X têm foco duplo, ou seja, dois pontos focais: um grande e um pequeno. O emprego do ponto focal pequeno resulta em menos opacidade da imagem, ou uma imagem com *penumbra* diminuída. A penumbra se refere aos **cantos opacos dos objetos na imagem projetada**. No entanto, mesmo com o ponto focal pequeno, ainda existe alguma quantidade de penumbra.



Sistema de Tela-Filme

Como o sistema de tela-filme, a *velocidade de tela-filme* usada para um exame afeta os detalhes mostrados no filme resultante. Um sistema mais rápido permite um tempo menor de exposição, o que ajuda em prevenir a movimentação do paciente e reduzir a dose; porém, a imagem é menos nítida que com um sistema mais lento.

Movimentação

O grande empecilho com relação a nitidez da imagem quanto ao posicionamento é a *movimentação*. Dois tipos de movimentação influenciam no detalhe radiográfico: a **voluntária** e a **involuntária**.

Movimentação voluntária é aquela que o paciente pode controlar. Movimentos de respiração ou das partes do corpo durante a exposição podem ser evitadas, ou pelo menos minimizados, como **respiração controlada** e **imobilização do paciente**. Blocos de apoio, bolsas de areia ou qualquer outros dispositivo imobilizador podem ser usados para reduzir efetivamente a movimentação. Esses dispositivos têm um efeito melhor no exame dos membros superiores e inferiores, como demonstrado ao longo do texto.

A **movimentação involuntária** não pode ser controlada pela vontade do paciente. Assim, os movimentos involuntários, tais como a ação peristáltica dos órgãos abdominais, tremores ou calafrios, são mais difíceis, se não possíveis, de serem controlados.

Se a falta de nitidez pela movimentação for aparente na imagem, o tecnólogo deve determinar se o embaçamento se deve a movimentação voluntária ou involuntária. Essa determinação é importante, pois esses dois tipos de movimentação podem ser controladas de vários modos.

Diferença entre movimentação voluntária e involuntária

A **movimentação voluntária** é visualizada como a **opacidade geral de estruturas ligadas**, tal como o embaçamento de osso torácico e dos tecidos moles. A movimentação voluntária pode ser minimizada com o uso de alta miliamperagem (mAs) e períodos curtos de exposição. A cooperação do paciente também é outro fator que contribui para diminuir a movimentação voluntária. Podem ser úteis uma explicação completa do procedimento e instruções claras sobre a respiração

A movimentação involuntária é identificada ao se **localizar pontos específicos de opacidade ou embaçamento**. Esse tipo de movimentação é menos óbvio, mas pode ser visualizado em imagem abdominais, como a opacidade localizada nas beiradas do intestino, quando outras linhas do intestino aparecem nítidas (o gás no intestino aparece sob a forma de áreas escuras).

Uma explicação clara do procedimento pelo tecnólogo pode ajudar a reduzir a movimentação voluntária; no entanto, uma diminuição no tempo de exposição associada ao aumento da mA é o melhor, e às vezes o único, jeito de minimizar a opacidade causada pela movimentação involuntária.

Resumo dos fatores da resolução espacial

O uso de **ponto focal pequeno, aumento da DFR e diminuição na DOR** resultam em menos opacidade geométrica e aumentam a resolução. A movimentação do paciente também afeta a qualidade da imagem; **períodos curtos de exposição e cooperação do paciente** ajudam a minimizar a opacidade causada pelos movimentos voluntários. No entanto, a falta de nitidez consequente de movimentos involuntários é controlada apenas com curtos períodos de exposição.

Distorção

O quarto e último fator de qualidade da imagem é a *distorção*, que é definida pela **representação errônea do tamanho ou forma do objeto** quando projetada na mídia de gravação radiográfica. Dois tipos de distorção podem ser identificados: distorção de tamanho (ampliação) e distorção de forma.

Nenhuma imagem radiográfica reproduz o tamanho exato da parte do corpo que é radiografada. Isso se torna impossível de se realizar, pois o grau de ampliação ou distorção, ou ambos, existem como resultado da DOR e da divergência do feixe de raios X. Mesmo assim, a distorção pode ser minimizada e controlada se alguns princípios básicos forem seguidos.

Divergência do feixe de raios X

Essa divergência é um conceito básico, porém importante, no estudo do posicionamento radiográfico. Ocorre porque os raios X são originados de uma pequena fonte no tubo de raios X (o ponto focal) e divergem na travessia até o RI. O tamanho do campo do feixe de raios X é eliminado por um colimador, que consiste em atenuadores de chumbo ajustáveis ou obturadores. O colimador e os obturadores absorvem os raios X periféricos, controlando o tamanho do feixe de luz.

O **ponto central do feixe de raios X**, que é chamado de *raio central* (RC), teoricamente não divergem; a **menor quantidade de distorção** é vista no ponto correspondente a ela na imagem. Todos os outros lados dos raios X atingem o RI em algum ângulo, com o ângulo de divergência aumentando as porções mais externas do feixe de raios X. O potencial de distorção nessas margens é aumentado.

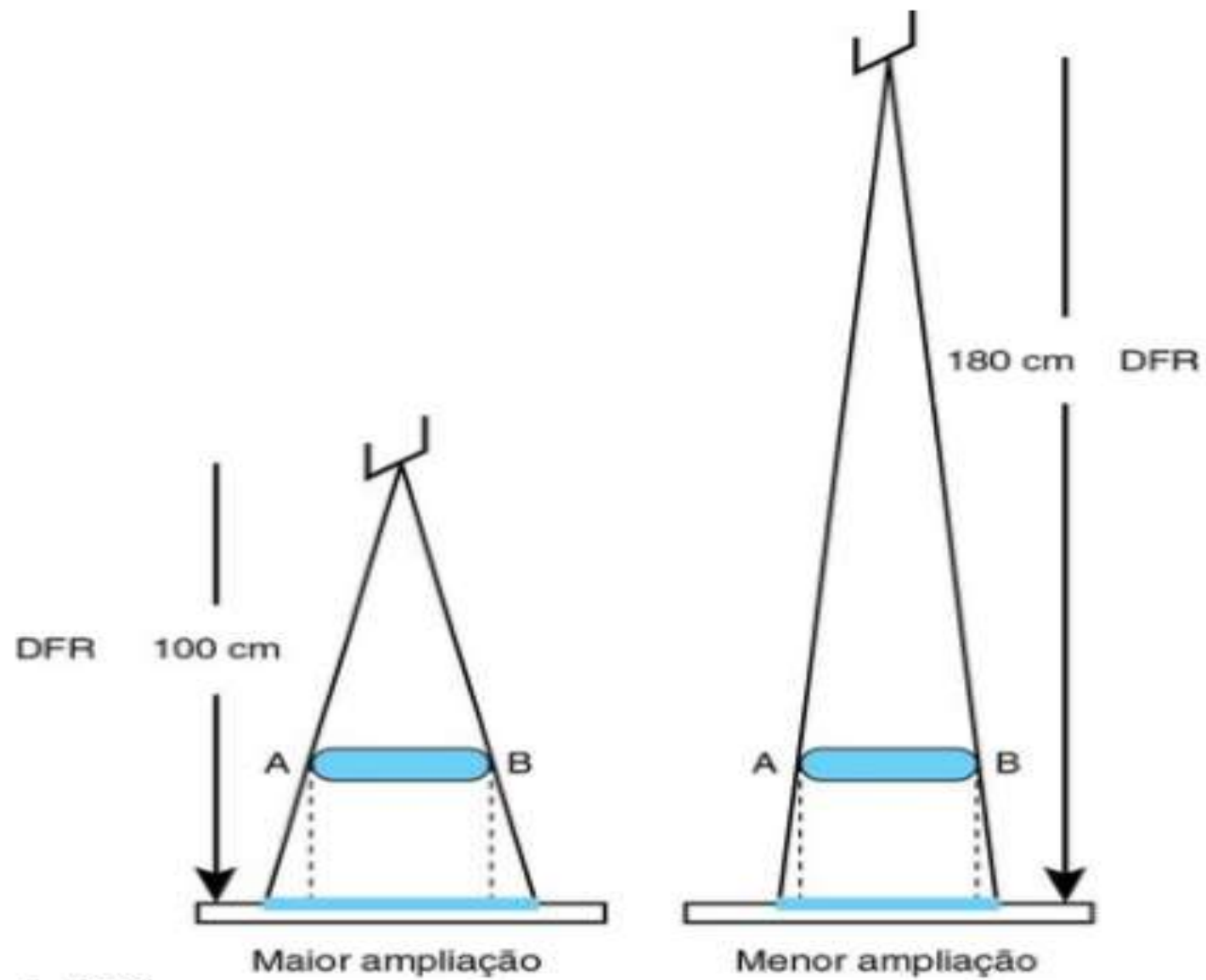
Fatores de controle

A seguir estão **quatro** fatores de controle principais da distorção:

1. Distância de receptor de fonte-imagem (DFR)
2. Distância do receptor de objeto-imagem (DOR)
3. Alinhamento do receptor objeto-imagem
4. Alinhamento/centralização do raio central

1.DFR

O primeiro fator de controle de distorção é a DFR. O efeito na distorção de tamanho (ampliação). É por esse motivo que radiografias do tórax são obtidas preferencialmente com uma DFR mínima de 183 centímetros que uma de 102 a 122 centímetros, o que é comumente usado para muitos outros exames. Uma DFR de 183 centímetros resulta numa ampliação menor do coração e dos outros estruturas dentro do tórax.



Efeito da DFR.

DFR mínima de 102 centímetros tem sido uma prática comum de muito tempo o uso de cerca de 102 centímetros como DFR padrão para a maioria dos exames radiográficos do esqueleto. No entanto, em face do interesse de aprimorar a resolução da imagem diminuindo a ampliação e a distorção, é cada vez mais comum aumentar a DFR padrão para 112 ou 122 centímetros. Além disso, foi mostrado que aumentar a DFR de 102 para 122 centímetros reduz a dose radioativa que incide na pele mesmo quando há a necessidade de aumento da mA.

2. DOR

O segundo fator de controle da distorção é a DOR. **Quanto mais perto o objeto radiográfico estiver do RI, menor serão a ampliação e a distorção da imagem e melhor será a resolução.**

3. Alinhamento do receptor objeto-imagem

Um terceiro importante fator de controle da distorção é o *alinhamento do objeto no RI*, que se refere ao alinhamento ou aplainamento do objeto a ser radiografado em relação ao plano do RI, ocorre a distorção. Quanto maior o ângulo de inclinação do objeto ou o RI, maior será a distorção. Por exemplo, se um dedo a ser radiografado não estiver paralelo ao RI, os espaços da junta interfalângiana não aparecerão abertos em decorrência da sobreposição dos ossos.