

TTEM 005/16

CONCEITOS E APLICAÇÕES DE TOMOGRAFIA INDUSTRIAL

CONCEPTS AND APPLICATIONS OF INDUSTRIAL TOMOGRAPHY

- Felipe Gonçalves Frade¹
- Stephany de Barros Camargo²
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. Wendell de Queiroz Lamas – Universidade de São Paulo
- Prof. Dr. Evandro Luís Nohara – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. José Rui de Camargo – Universidade de Taubaté

¹ Aluno do Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté
(UNITAU/SP) – felipe-frade@hotmail.com

² Aluna do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – (UNITAU/SP)
stephanycamargo@live.com

Finalidade: Apresentar introdução, conceitos e aplicações de tomografia industrial.

Palavras chave: Tomografia industrial, Ensaio, Raios X, Indústria.

Resumo. Este trabalho pretende abordar conceitos de tomografia ou tomografia computadorizada (TC), e suas aplicações no setor industrial. TC é uma técnica que, em sua forma mais convencional, visa a obter imagens tridimensionais de objetos sólidos, através da utilização de raios X. Basicamente, uma TC indica a quantidade de radiação absorvida por cada porção da secção analisada, e traduz essas variações, produzindo uma imagem. Como a capacidade de absorção de raios X de um objeto está intimamente relacionada com a sua densidade, zonas com diferentes densidades terão diferentes cores, permitindo distingui-las. Assim, cada pixel da imagem corresponde à média da absorção dos componentes do objeto nessa área específica do mesmo, expresso em Unidades de Hounsfield, em homenagem do idealizador da primeira máquina de TC. A TC pertence ao grupo dos ensaios não destrutivos, que permitem avaliação não invasiva do objeto e, conseqüentemente, sem danificá-lo. Trata-se de um ensaio que, em princípio, pode ser realizado sem interromper o funcionamento do objeto. E, apesar de ter da técnica maior parte do seu uso na área médica, também atende às necessidades da indústria, pois permite avaliar o interior de componentes e equipamentos da produção industrial, necessitando interromper a atividade da produção industrial apenas pelo tempo necessário para efetuar as devidas correções, quando forem comprovadas pela TC as avarias internas e comprometedoras nos objetos da linha de produção.

1. INTRODUÇÃO

A utilização da Tomografia Computadorizada (TC) iniciou-se na área médica e tornou-se indispensável em alguns exames diagnósticos. A introdução do primeiro aparelho comercial de TC é atribuída ao engenheiro britânico Godfrey Newbold Hounsfield (28/08/1919 - 12/08/ 2004), que pela sua contribuição recebeu o prêmio Nobel de Medicina em 1979. As aplicações da TC foram ampliadas para vários campos da atividade humana e abriram um vasto campo na pesquisa e em diversas áreas do conhecimento, principalmente nas aplicações industriais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO

Historicamente, tem-se que a primeira imagem de raios X foi realizada por Wilhelm Conrad Röntgen em 8 de novembro de 1895, tendo sido denominada *röntgenogram* (Moreira, 2012). Nas décadas seguintes, diversas melhorias técnicas foram sendo introduzidas, tornando os raios de Röntgen uma das mais revolucionárias invenções da história da medicina, e possibilitando o aparecimento de uma nova especialidade médica, a radiologia (que, por muitos anos, foi chamada de roentgenologia, como homenagem ao seu fundador). Descobriu-se também que os raios X tinham efeitos lesivos sobre as células do corpo (mas apenas depois que incontáveis médicos e técnicos morreram por câncer induzido pela radiação) e que, portanto podiam ser usados para vários tipos de terapias, inclusive o próprio câncer (cerebromente.org).

Não há consenso absoluto sobre a realização da primeira radiografia no Brasil. Cronologicamente, todos os trabalhos estão muito próximos, o que dificulta a definição de quem foi o primeiro radiologista a ter a honra do feito. Porém, a maioria da academia brasileira considera que a primeira radiografia foi feita pelo professor Alfredo Brito (1863 - 1909), na Bahia (conter.gov.br).

Na neurociência, entretanto, os raios-X como método de imagem possuíam certas limitações. O tecido nervoso tem baixíssima radio-opacidade e está encerrado em uma caixa óssea externa espessa, que funciona como forte barreira. Além disso, o uso de raios X para a obtenção de um perfil efetua a transformação de um objeto tridimensional em bidimensional, implicando, desta forma, na perda de uma dimensão inteira de informação, e ao contrário de outros órgãos, como o coração, o pulmão e os intestinos, a típica projeção planar dos raios X sobre o filme fotográfico dificulta a

localização tridimensional tão característica do cérebro. Os neurologistas logo descobriram que as radiografias do crânio mostravam muito pouco da estrutura interna cerebral. Foram necessários, portanto, alguns desenvolvimentos técnicos adicionais para que os raios-X se tornassem mais úteis à neurociência básica e clínica. Dentre estes, destacaram-se 4 tipos de técnicas: A ventriculografia, a fluoroscopia, a arteriografia e a planigrafia (cerebroemente.org ; Moreira, 2012).

A planigrafia, desenvolvida primeiramente em 1931 pelo holandês Ziedses des Plantes (1902-1993), era uma técnica que implicava a tirada de várias radiografias em diferentes incidências e planos, e logo após, combinar essas imagens para obter uma localização espacial mais específica dentro do cérebro. Ela se baseia no movimento linear simultâneo do filme e da fonte de raios X, em direções opostas. Isso mantém o foco sobre a estrutura que se quer obter a imagem, no interior do corpo, que aparece mais nítida, em contraste com as estruturas distantes desta, que aparecem desfocadas. Posteriormente, a planigrafia recebeu o nome mais apropriado de tomografia linear (do grego "tomos", que significa "corte"). O italiano Alessandro Vallebona (1899-1987) em 1930 desenvolveu também uma técnica semelhante, mais sofisticada, que fazia o equipamento girar em torno de um eixo onde estava localizado o paciente, a qual chamou de estratigrafia. Posteriormente, esta técnica foi rebatizada com o nome de tomografia axial, e que foi a antecessora da tomografia computadorizada (cerebroemente.org). As figuras 1 e 2 mostram o princípio da planigrafia linear de Des Plantes em 1931, e o equipamento francês utilizado para a realização da tomografia linear em 1947, respectivamente.

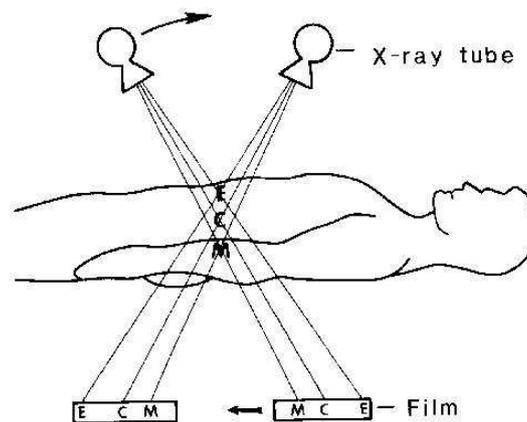


Figura 1. Princípio da planigrafia linear de Des Plantes em 1931 (cerebroemente.org).

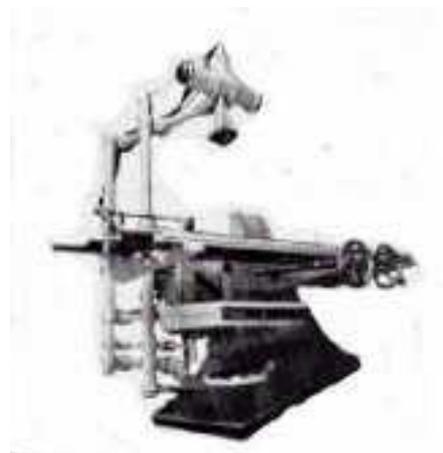


Figura 2. Equipamento francês de tomografia linear em 1947 (cerebroemente.org).

A criação do tomógrafo computadorizado só foi possível devido a matemática desenvolvida especialmente para a tomografia, pelo médico e matemático americano Allan Cormack em 1965. Essa solução matemática, denominada de integração de linha, permite que as informações “confusas” vindo dos sensores de raios X, que são semelhantes às imagens de uma radiografia convencional, possam ser trabalhadas e dêem origem às imagens de cortes transversais. Até esta época, no entanto, a técnica de tomografia axial computadorizada, como foi denominada, era inviável do ponto de vista computacional, pois os processadores analógicos e digitais ainda não tinham a capacidade para processar essa grande quantidade de imagens (edumed.org).

Foi apenas em 1967 que o engenheiro escocês Godfrey Hounsfield, conseguiu adquirir imagens radiográficas digitais em tempo real, ao redor de um eixo, e que processadas por meio do algoritmo de integração de linha, foram capazes de render as primeiras imagens tomográficas axiais computadorizadas, se tornando o inventor do primeiro aparelho prático de tomografia axial computadorizada. Os primeiros tomógrafos eram extremamente lentos e imprecisos, e não podiam ser usados em aplicações clínicas, pois demorava 9 horas para obter uma seção, e cerca de 9 dias de tempo de computação para a sua reconstrução com apenas 4% de precisão (edumed.org).

Em 1970 foram lançados os primeiros modelos comerciais, recebendo a alcunha de CAT scanner, provindo da sigla em inglês de Computed Axial Tomography, tendo sido usados exclusivamente em neurologia (edumed.org).

2.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

O princípio da tomografia computadorizada convencional consiste na análise da atenuação sofrida por um feixe de radiação ao atravessar um objeto. A projeção de vários feixes com orientações diferentes, em relação ao objeto estudado é o que permite a reconstrução da imagem de acordo com a distribuição espacial de densidade (Tetzner, 2008). A figura 3 mostra duas projeções em dois ângulos distintos para um objeto composto de dois cilindros.

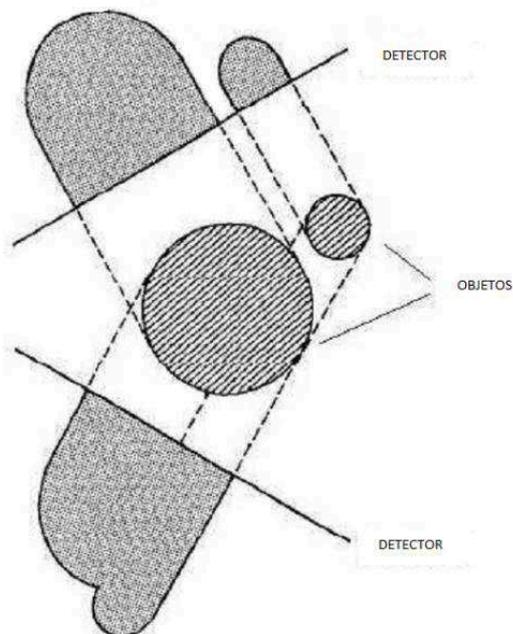


Figura 3. Princípio da TC. Duas projeções em dois ângulos distintos são mostradas para um objeto composto de dois cilindros (Godoi, 2012).

A principal vantagem da TC é que permite o estudo de "cortes" ou secções transversais do corpo humano vivo, ao contrário do que é dado pela radiologia convencional, que consiste na representação de todas as estruturas do corpo sobrepostas. É assim obtida uma imagem em que a percepção espacial é mais nítida, e apresenta maior distinção entre dois tecidos. A TC permite distinguir diferenças de densidade da ordem 0,5% entre tecidos, ao passo que na radiologia convencional este limiar situa-se nos 5%. Desta forma, é possível a detecção ou o estudo de anomalias que não seriam visualizadas em radiografias comuns, ou através de métodos invasivos (Bicalho, 2010).

“Tomos” é a palavra grega para corte ou seção, e a tomografia pode ser compreendida como uma técnica onde um feixe de radiação “corta” um espécime para revelar seus detalhes interiores. Uma imagem de TC é chamada tipicamente de “fatia”, uma vez que corresponde a uma fatia de um corte axial do objeto (Tetzner, 2008). A figura 4 apresenta um exemplo de imagens de TC, demonstrando os três planos de corte de uma tomografia realizada em um crânio humano.

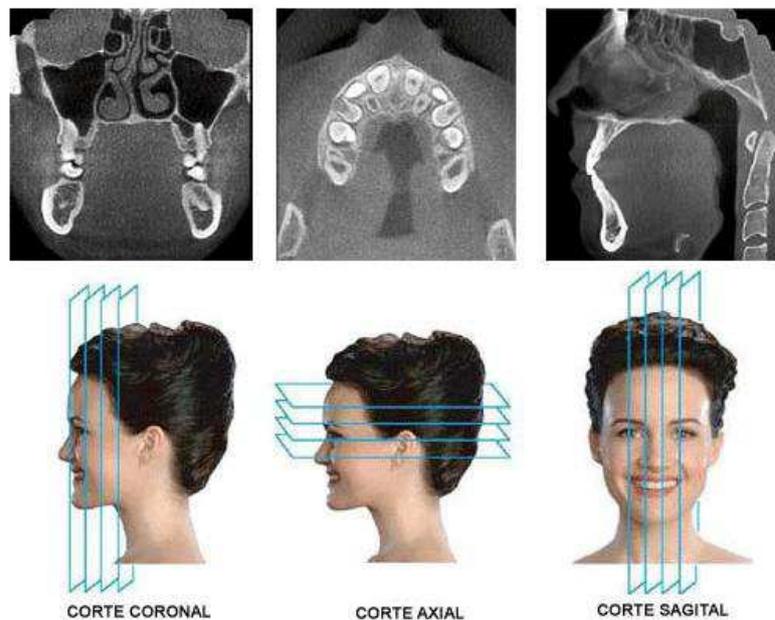


Figura 4. Planos de corte de uma tomografia em um crânio humano (ortho-x.com.br).

No domínio 3D, a amostragem e a quantização são representadas em coordenadas (x, y, z), onde x, y, z correspondem ao espaço. Portanto, uma imagem digital tridimensional (ou imagem 3D) pode ser representada como uma sequência de imagens bidimensionais (2D) ao longo do eixo espacial z. Sendo as dimensões de um pixel nessas imagens $p \times p$ e o espaçamento entre os cortes d , a extensão do pixel em 3D define um pequeno paralelepípedo de dimensões $p \times p \times d$, compondo uma descrição geométrica que é formada por elemento de volume denominado voxel (volume element). Os voxels podem representar pontos de amostragem de fenômenos físicos e são usados para reconstruir no computador a forma ou função de estruturas tridimensionais (Tetzner 2008). A figura 5 mostra uma representação dos elementos de uma imagem tomográfica, enquanto as figuras 6, 7, 8 e 9 mostram a reconstrução de um torso humano a partir de imagens tomográficas.

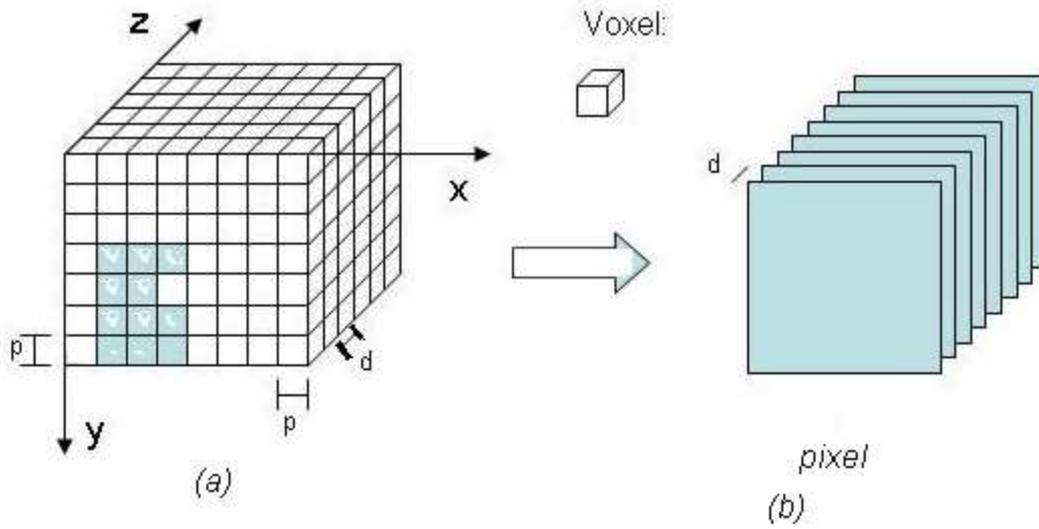


Figura 5. Representação dos elementos de uma imagem tomográfica. (a) *voxels* e (b) *pixels* (Tetzner, 2008).

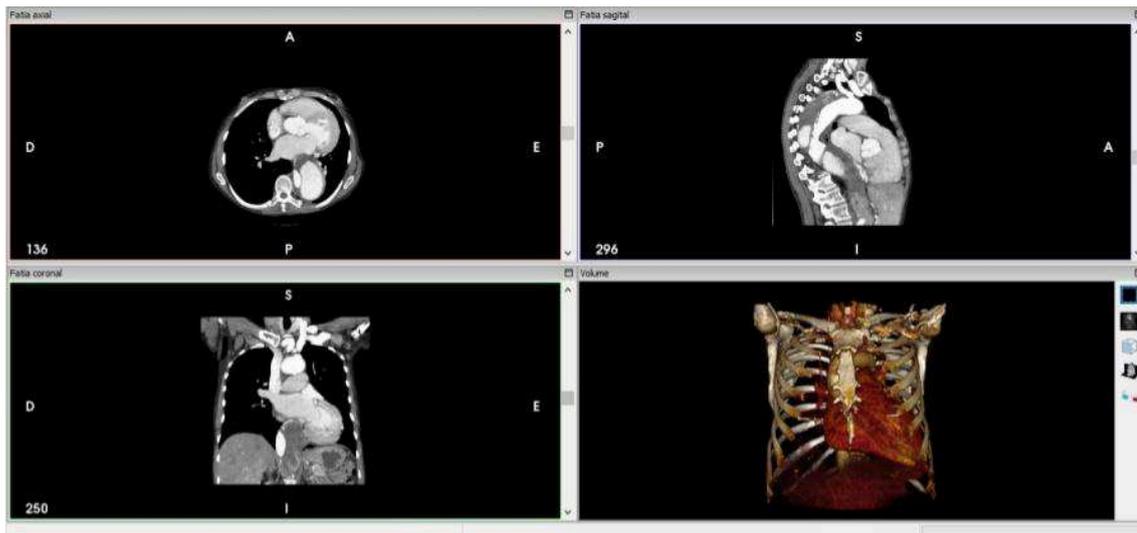


Figura 6. Reconstrução de um torso humano a partir de imagens tomográficas (Filho, 2015).

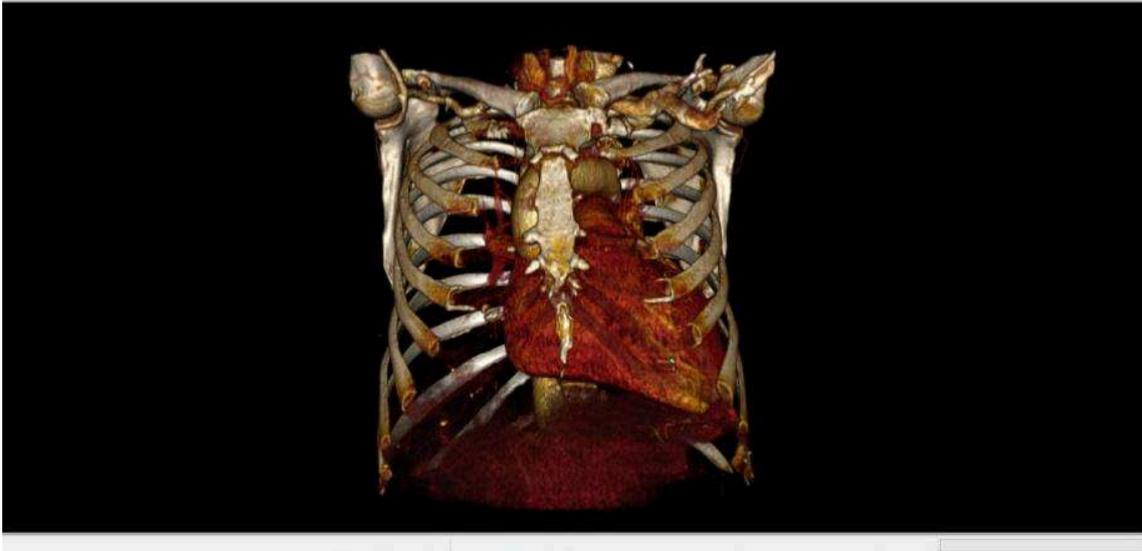


Figura 7. Visão frontal de um torso humano reconstruído a partir de imagens tomográficas (Filho, 2015).

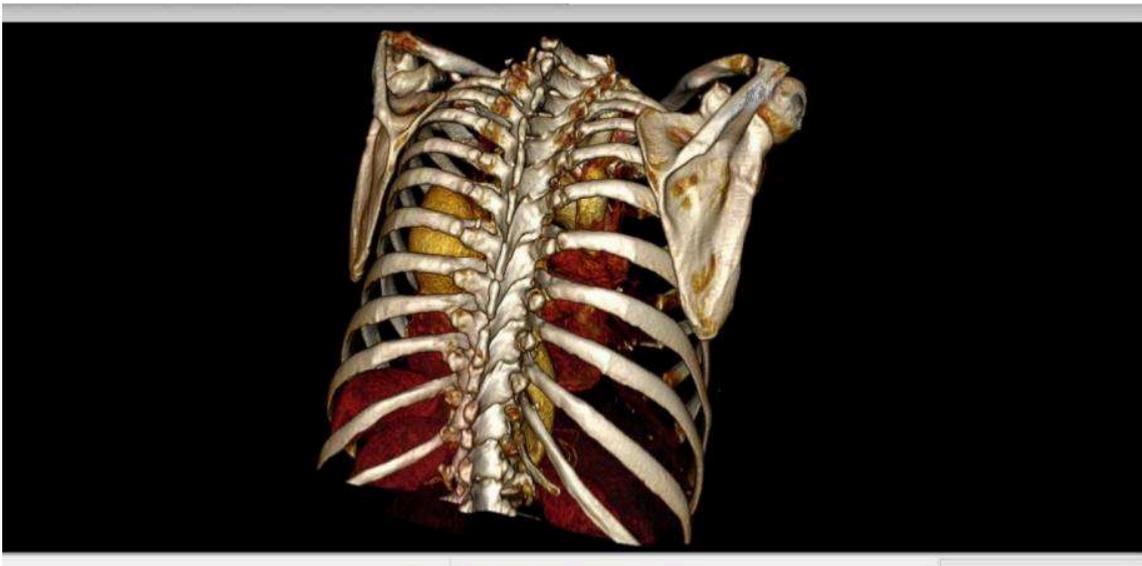


Figura 8. Visão posterior de um torso humano reconstruído a partir de imagens tomográficas (Filho, 2015).

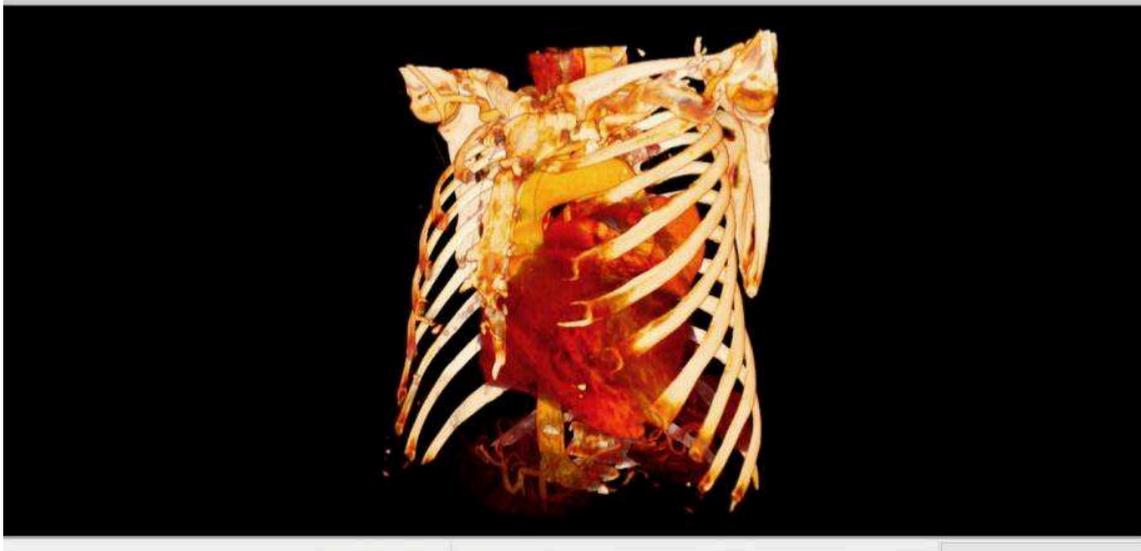


Figura 9. Vista frontal lateral de um torso humano reconstruído a partir de imagens tomográficas (Filho, 2015).

Apesar de os tomógrafos tradicionais funcionarem medindo a atenuação da radiação, outros princípios físicos também podem ser empregados para gerar imagens tomográficas (Haraguch, 2009). Tais princípios sendo:

- Velocidade de propagação do som – Tomografia sísmica, acústica, oceânica.
- Resistividade, Impedância e Capacitância – Tomografia elétrica.
- Absorção de luz – Tomografia ótica.

Usualmente analisa-se alguma grandeza física que possa ser medida no objeto e que varia apenas com a constituição deste meio (Haraguch, 2009). A figura 10 demonstra a atenuação da radiação ao passar através de um objeto.

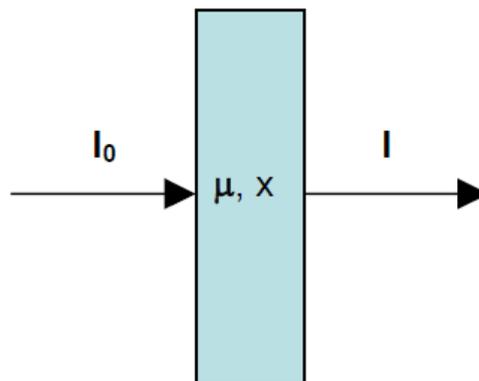


Figura 10. Esquema de atenuação de radiação (Haraguch, 2009).

A atenuação da radiação pode se expressa com a seguinte expressão:

$$I = I_0 \cdot f(\mu, x)$$

Aonde μ é o coeficiente de atenuação linear do meio para uma determinada energia e x é a espessura do objeto.

Se esta propriedade física varia ao longo de um caminho dentro do objeto, podemos representar a função como um produto de funções, conforme mostrado na figura 11:

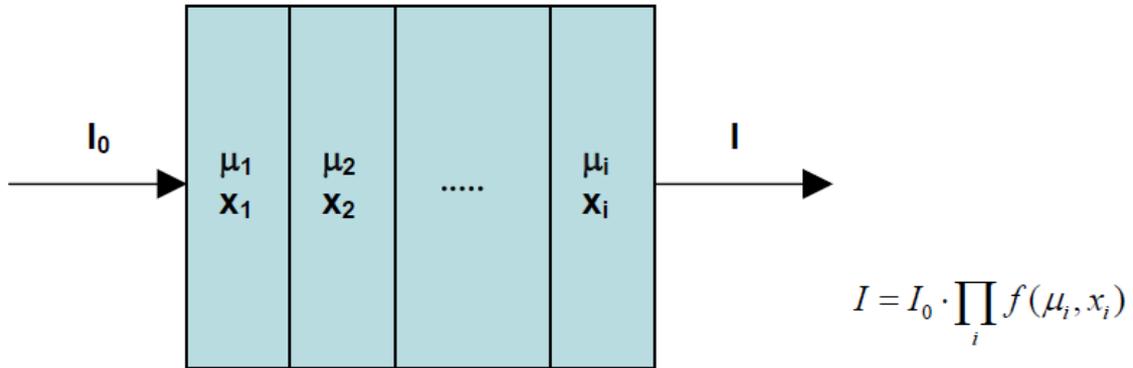


Figura 11. Esquema de atenuação de radiação em um caminho com propriedades físicas variantes (Haraguch, 2009).

O processo de reconstrução de imagens garante que podemos obter a distribuição desta propriedade dentro de uma região em análise, com um número limitado de medidas, usando um algoritmo matemático ou iterativo. Um exemplo geral é mostrado na figura 12, enquanto um exemplo de tomografia acústica é mostrado na figura 13.

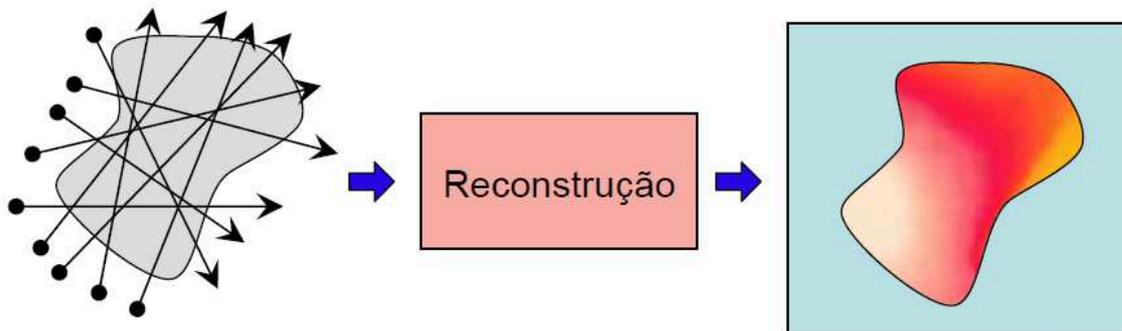


Figura 12. Reconstrução de uma imagem tomográfica (Haraguch, 2009).

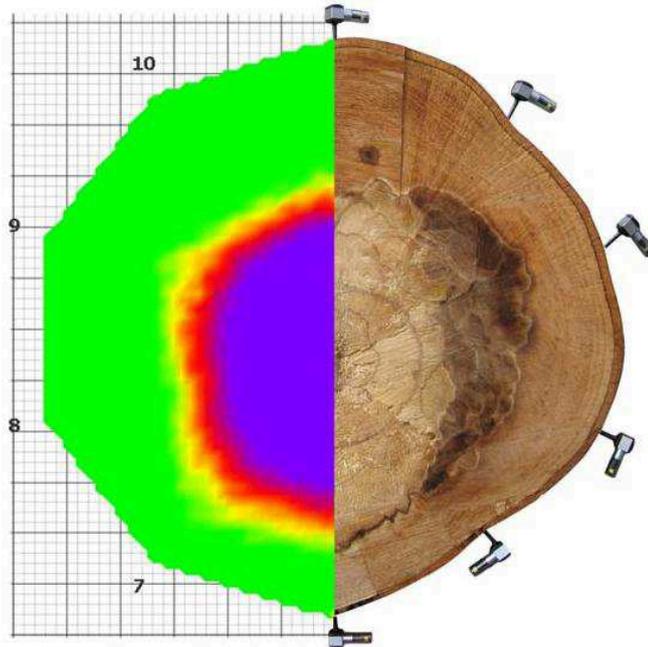


Figura 13. Tomografia acústica de um tronco de árvore (Haraguch, 2009).

2.3 TOMOGRÁFO

A partir do corte seccional de um tomógrafo podem ser visualizados os seguintes componentes: fonte, colimador da fonte, amostra, colimador do detector e o detector, representados na Figura 14 e descritos a seguir.

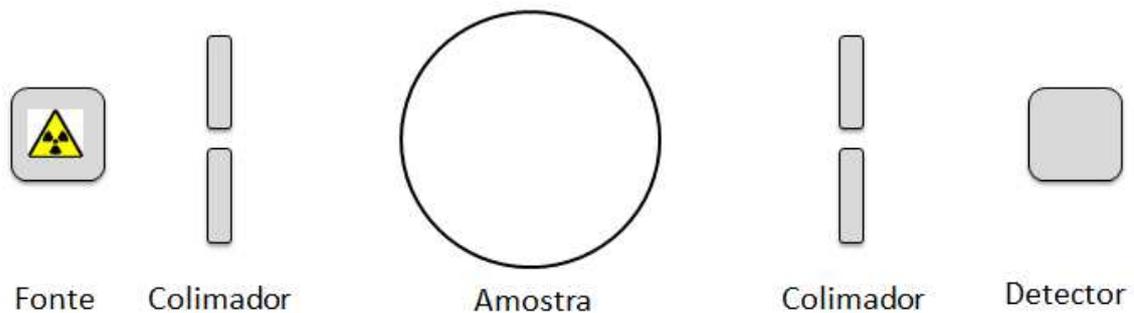


Figura 14. Representação seccional de um tomógrafo (Moreira, 2012).

Fonte: De onde é emitida a radiação.

Colimador da fonte: Também conhecido como diafragma, é responsável por definir parte da geometria do tomógrafo e também fazer com que o raio chegue ao detector de forma precisa.

Amostra: Objeto a ser reconstruído.

Colimador do Detector: Usado para reduzir o ruído da radiação que as outras fontes geram, interferindo no resultado.

Detector: Destino final de um raio de radiação e onde será analisado o quanto foi atenuado.

Vista é o conjunto de trajetórias emitido em determinado posicionamento de fonte, enquanto que trajetória é um raio de radiação que sai da fonte ao receptor.

A configuração de um tomógrafo é definida geometricamente pelo tipo, extensão, posicionamento angular, pela quantidade de trajetórias contidas na vista, assim como o espaçamento entre elas. A Figura 15 mostra uma vista de um tomógrafo (Moreira, 2012).

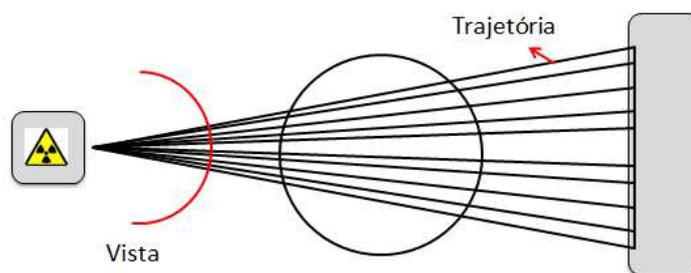


Figura 15. Vista de um tomógrafo (Moreira, 2012).

Em função da importância social da medicina os aprimoramentos da tecnologia dos tomógrafos advêm dos equipamentos projetados para a diagnose médica (Tetzner, 2008).

Considerando que as dimensões do corpo humano são razoavelmente padronizadas tornou-se possível a produção de aparelhos tomográficos em escala industrial e, em função dos aspectos de globalização da macroeconomia, esses equipamentos são produzidos atualmente por poucas empresas que dominam o mercado globalizado (Siemens, Phillips, GE, Toshiba e Hitachi) (Tetzner, 2008).

Cinco gerações de tomógrafos foram desenvolvidas de acordo com as necessidades operacionais. Os tomógrafos, de acordo com a varredura são classificados em 1ª, 2ª, 3ª e 4ª geração, sendo as técnicas de tomografia mais utilizadas para ensaios industriais as de 1ª a 3ª geração (Tetzner, 2008).

A 5ª geração de tomógrafos está agora se difundindo e é fruto de muito investimento em pesquisas, recorrente da importância de sua utilização na medicina (Tetzner, 2008). Porém, devido aos tomógrafos da 5ª geração apresentam componentes mais complexos do que os das gerações anteriores, explicá-los iria além do âmbito deste trabalho, portanto aparelhos desta geração não serão descritos.

2.4 GERAÇÕES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Tomografia de 1ª e 2ª geração

Os primeiros aparelhos, chamados de 1ª geração mostrados na figura 16 (a) surgiram no início dos anos 70 e se constituíam de um feixe em forma de lápis, ou feixe paralelo, e um detector do lado oposto ao objeto a ser estudado (Tetzner, 2008).

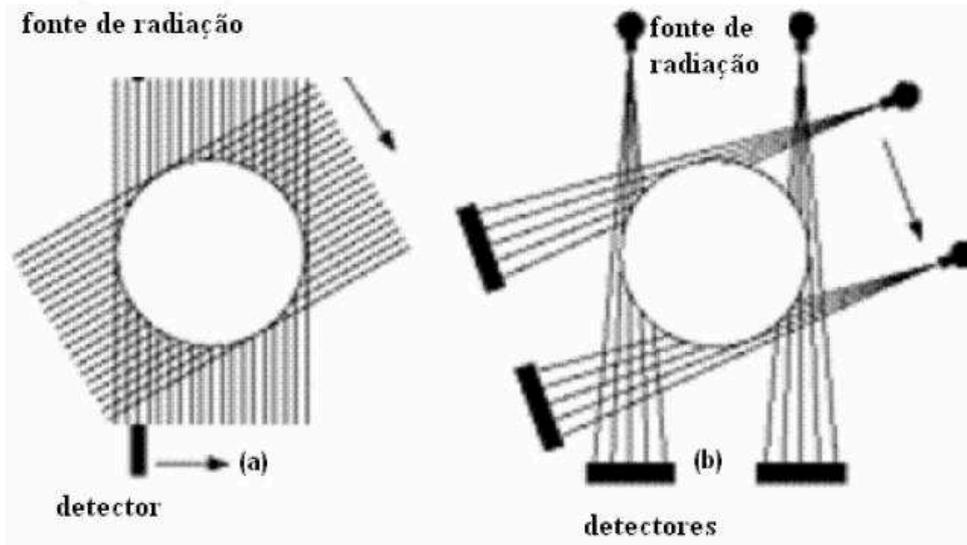


Figura 16. Representação dos tomógrafos: (a) 1ª geração e (b) 2ª geração (Tetzner, 2008).

O tubo de raios X e o detector de radiação possuem, nos tomógrafos de 1ª geração, movimento de rotação e translação, que demoram aproximadamente 5 minutos. Os aparelhos de 2ª geração introduziram mais detectores e as fontes em forma de leques também com movimentos de rotação e translação mostrados na figura 16 (b). Entretanto, diminuiu o tempo de cada escaneamento em aproximadamente 1 minuto e meio (Tetzner, 2008).

Tomografia de 3ª geração

A terceira geração de tomógrafos apareceu entre 1975 e 1977 e consta de um feixe de radiação também em forma de leque mais largo e com um sistema de múltiplos detectores mostrados na figura 17. A fonte e os detectores giram simultaneamente 360°. Consequentemente, a imagem é obtida mais rapidamente do que os aparelhos de 2ª geração (Tetzner, 2008).

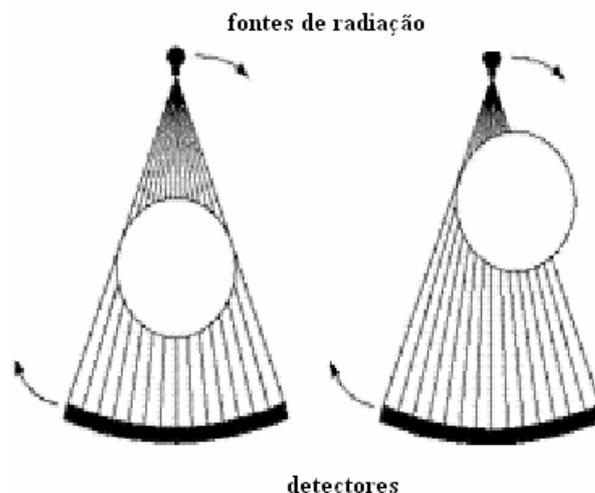


Figura 17. Representação do sistema de tomografia de 3ª geração, (a) objeto centralizado em relação ao sistema fonte/detectores e (b) objeto descentralizado (Tetzner, 2008).

Tomografia de 4ª geração

Os tomógrafos de 4ª geração mantêm o feixe em leque e possuem um anel de detectores, mostrados na figura 18. O giro de 360° é ainda mais rápido do que nos de 3ª geração. Os pontos de cada projeção são obtidos simultaneamente, reduzindo-se ainda mais o tempo de varredura, graças ao simples movimento de rotação e ao feixe em leque cobrindo todo o objeto. Entretanto, o tamanho do corpo em estudo é limitado pelo feixe em leque produzido pela fonte de raios X (Tetzner, 2008).

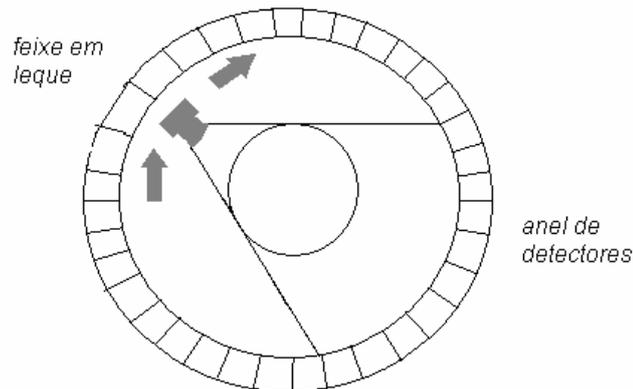


Figura 18. Representação da tomografia de 4ª geração mostrando a fonte de radiação, o objeto centralizado e o anel de detectores (Tetzner, 2008).

3. TOMOGRAFIA INDUSTRIAL

Pode-se afirmar, no entanto, que um dos mais proeminentes desenvolvimentos dessas técnicas de visualização de imagens médicas é sua adoção por outros campos das ciências, tais como a tomografia industrial (edumed.org).

Assim, como a demanda por imagens médicas aumentou desde o desenvolvimento dos equipamentos e da verificação de sua confiabilidade no diagnóstico, também aumentaram a demanda por imagens radiográficas na indústria e nos resultados que indicassem precisamente a existência de um defeito, pois um objeto industrial pode ser composto de uma larga variedade de complexos componentes, podendo ainda apontar falhas em processos inadequados de produção. Portanto, para examinar o seu interior as ferramentas instrumentais (equipamento e software) e as técnicas deveriam ser adequadas a esse objetivo (Godoi, 2012).

A tomografia computadorizada industrial tem inúmeras, possíveis aplicações nas quais permite a reconstrução de objetos em diferentes formas e densidades, tendo sido utilizada em diversas aplicações industriais, tais como aplicações em processos que envolvem fluidos multifásicos, alimentos, polímeros, eletrônica e em engenharia. A figura 20 mostra uma carcaça de bomba de alumínio, inspecionada por tomografia, sendo a esquerda a projeção no plano da imagem da peça e a direita o defeito interno. A figura 21 mostra a imagem volumétrica tomográfica da mesma peça usando raios X de 225 kV e 1,5 mA, sendo a esquerda a peça inteira e a direita o corte tomográfico indicando por um círculo a presença de um defeito interno (Andreucci, 2002).

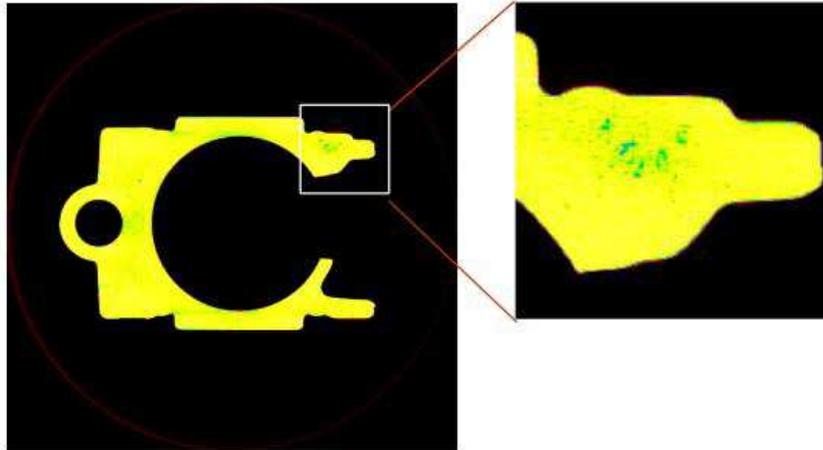


Figura 20. Carcaça de bomba de alumínio inspecionada por tomografia (Andreucci, 2002).

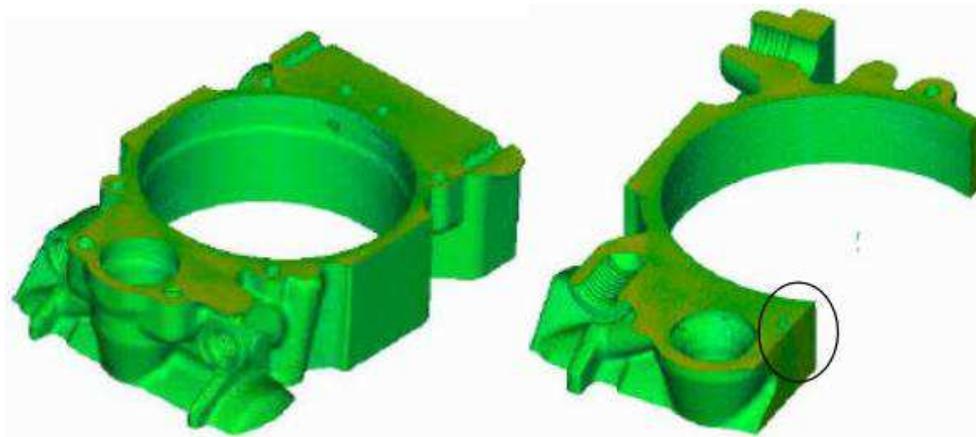


Figura 21. Imagem volumétrica tomográfica de uma carcaça de bomba de alumínio (Andreucci, 2002).

Nesta seção faz-se um levantamento de aplicações realizadas em trabalhos por diversos autores, que envolvem a tomografia no campo industrial (Godoi, 2012).

- Microtomografia por raios X no estudo de poros e permeabilidade em concreto, assim como outras possíveis falhas como trincas internas.
- Microtomografia 2D e 3D para caracterização de alumínio com a utilização de resoluções na ordem de 1 a 2,5 μm .
- Microtomografia para análises quantitativas e visualização de dados volumétricos de alta resolução (abaixo de 100 μm) e a tomografia de raios X de alta velocidade para inspeções em processos envolvendo fluidos.
- Tomografia de raios X para visualização do comportamento de monômeros e polímeros em pedras porosas, tais como concreto, que estão sujeitas à penetração de líquidos, o que pode prejudicar a estrutura desses materiais.

- Tomografia em microeletrônica, para inspeção de componentes, tais como trilhas e soldas eletrônicas.
- Aplicações de nanotomografia por raios X no setor industrial. Já existem equipamentos comerciais para aplicações em ciências dos materiais.
- Aplicações na detecção de vazios em cilindros de alumínio, tomografia em pesquisas de fusão a plasma e líquidos bifásicos com alta densidade.
- Microtomografia para a caracterização de polímeros para aplicações em bioengenharia, 3D. Para isso foi realizada a correlação dos resultados das imagens de tomografia 2D e 3D de polímeros tipo policaprolactona (PCL) produzidos com diferentes parâmetros de processamento e microarquitecturas com ensaios de laboratório. As aquisições de imagens foram realizadas por um equipamento de microtomografia de 19,1 μm de resolução, o que permitiu analisar o aspecto microestrutural das amostras.
- Produção de esponjas capazes de absorver óleo refinado, retirando-o do solo ou da água de maneira eficiente, em caso de acidente de transporte. Foi examinado o efeito do comportamento de absorção de óleo em quatro esponjas de poliuretano utilizando microtomografia, observando o transporte do óleo entre os poros das esponjas, através da técnica.

Alguns trabalhos em tomografia industrial, envolvendo a concepção de metodologias, software e instrumentação, têm sido desenvolvidos no Instituto de Tecnologia para Desenvolvimento (LACTEC), em Curitiba. Como por exemplo, a utilização da tomografia para estudo de defeitos em amostras de madeira de interesse industrial (pinus e eucalipto). Desenvolvimento de métodos de quantificação de volumes por tomografia de raios X dos vazios em isoladores poliméricos utilizados em linhas de distribuição de energia. Utilização de tomografia 2D e 3D em análise da ruptura dielétrica em materiais isolantes elétricos de cabos isolados XLPE e EPR. Aplicação da técnica de tomografia para estudo de testemunhos de concreto retirados de uma barragem hidroelétrica (Godoi, 2012).

4. CONCLUSÃO

A tomografia computadorizada, apesar da maior parte de sua utilização ocorrer na área médica, possui vasto potencial em possíveis aplicações na indústria, devido as vantagens proporcionadas pela técnica, como possibilitar um detalhamento preciso das características tridimensionais no interior dos objetos, serem de grande utilidade em diversos ramos industriais. Portanto, os investimentos para aprimorar métodos de obtenção de imagens tomográficas são justificados.

5. Comunicado de responsabilidade

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ANDREUCCI, R (2002). *A radiologia industrial*. Acesso em julho de 2016, disponível em <http://www.iem.unifei.edu.br/professores/edmilson/ER.pdf>

BICALHO, C.S (2010). *Tomografia computadorizada*. Acesso em julho de 2016, disponível em <http://www.cenapcascavel.com.br/cursosonline/artigos/radioI/Claudinei%20dos%20Santos%20Bicalho.pdf>

FILHO, P.R.F (2015). *Aplicações de tomografia computadorizada*. Acesso em julho de 2016, disponível em <http://pt.slideshare.net/prfonseca/aplicaes-de-tomografia-computadorizada>

GODOI, W.C (2012). *Reconhecimento de padrões 3D em tomografia industrial*. Acesso em julho de 2016, disponível em <http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/tese/46.pdf>

HARAGUCH, M.I (2009). *Tomografia industrial computadorizada*. Acesso em julho de 2016, disponível em <http://www.lps.usp.br/hae/CONAEND&IEV-070.pdf>

MOREIRA, I.C.V (2012). *Desenvolvimento do PSIRT para Tomografia Industrial*. Acesso em julho de 2016, disponível em

TETZNER, G.C (2008). *Aplicação da tomografia computadorizada industrial na análise de rochas*. Acesso em julho de 2016, disponível em www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde.../GuaraciabaDeCamposTetzner.pdf

http://www.cerebromente.org.br/n20/history/neuroimage2_p.htm

<http://conter.gov.br/site/historico>

http://www.edumed.org.br/cursos/neurociencia/neuroimage_p.htm

<http://www.ortho-x.com.br/Tomografia-radiografia.asp>

Abstract. This work intends to introduce concepts of tomography or computed tomography (CT), as well as its applications in the industrial sector. CT is a technique in which, in its most conventional form, aims to obtain tridimensional images of solid objects, through the use of X-rays. Basically, a CT indicates the amount of radiation absorbed by each segment of the analyzed section, and then translates these variations, generating an image. Since an object's capacity of X-ray absorption is closely tied to its density, sections with different densities will have different colors, allowing them to be distinguished. This way, each pixel from the image corresponds to the average absorption of the object's components, in the object's specific area, expressed in Hounsfield units, in honor of the first CT machine's idealizer. CT belongs to the group of non-destructive testing, which allows for a non-invasive evaluation of an object and, therefore, non-destructive. It's a test that, in principle, can be done without interrupting the object's use. And, even though the technique is mostly used in the medical sector, it also fulfills the needs of the industry, because it allows the evaluation of industrial production's component's and equipment's interiors, while needing to interrupt the industrial production long enough only for the proper corrective measures to be taken, when internal and compromising defects in the objects in the line of production are confirmed by the CT.

Keywords: Industrial Tomography, Test, X-Ray, Industry.