

INTRODUÇÃO

Arnolfo de Carvalho Neto (arnolfo@ufpr.br)

TEÓRICA

A Radiologia tem como objetivo principal auxiliar o médico a estabelecer o diagnóstico, de forma precisa e rápida, utilizando imagens.

Até poucos anos atrás, a preocupação do estudante de medicina era simplesmente aprender um pouco sobre radiografia de tórax, abdome agudo e fraturas, para a eventualidade de, depois de formado, ficar sozinho numa cidadezinha do interior. Nos últimos anos, principalmente com a evolução da informática a prática médica mudou completamente e a radiologia teve papel importante nesta revolução. O número de métodos de investigação novos cresceu muito e as escolas médicas não conseguiram acompanhar essa evolução.

Até mesmo os especialistas têm muita dificuldade em saber qual método é o melhor em cada situação. Mais grave que isto, muitos médicos não entendem nem o que vem escrito no laudo e a maioria, infelizmente, não consegue ter um espírito crítico para saber se o exame trazido pelo paciente foi adequado e respondeu ou não suas dúvidas. O médico perdeu suas âncoras, ficando à deriva, sendo levado pela correnteza da tecnologia, da sofisticação ou da mídia, às vezes acertando, mas muitas outras errando grosseiramente, apesar de lançar mão das últimas novidades tecnológicas e de levar instituições e pacientes à falência.

A primeira pergunta a ser respondida é: preciso pedir um exame? Por que se pede um exame? Não para “ver o que está acontecendo”, mas para tomar uma decisão ou estabelecer um prognóstico. Caso contrário, por mais preciso que seja, o exame é desnecessário e só traz ônus e riscos para o paciente.

Uma vez decidido que um exame de imagem é necessário, devemos definir qual o melhor método. Podemos utilizar a radiografias (simples ou contrastadas), ultra-sonografia (US), tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM), além de outras técnicas como a medicina nuclear (PET e SPECT). A decisão é complexa e vários fatores devem ser considerados. O mais importante, sem dúvida, é a sensibilidade, pois se o método não for sensível para estudar determinada região do corpo, dificilmente será útil. Mas, além da sensibilidade, é importante levar em consideração: o tipo de decisão a ser tomada (ex. tratamento clínico x cirúrgico), as condições do paciente, a disponibilidade do exame, o custo, etc.

Embora os métodos de imagem sejam muito diferentes entre si, todos seguem o mesmo o princípio básico: alguma forma de energia interage com o corpo humano e depois é colhida por um filme ou por sensores e transformada numa imagem (luz), visível ao olho humano e, portanto, passível de análise. Por isto, os métodos de imagem reproduzem, de forma geral, a anatomia, servindo assim para o diagnóstico das alterações morfológicas. Como regra geral as

alterações funcionais não são tão bem avaliadas pelos métodos de imagem, embora este conceito também esteja mudando.

Aprender radiologia não é decorar um monte de figurinhas (banco de dados mental tipo “uma doença - uma figura”), pois cada doença pode apresentar-se de inúmeras formas, que se sobrepõem. A análise das imagens é parecida com a macroscopia da anatomia-patológica, só que obtida “in vivo”. Ou seja, nós procuramos entender o processo patológico que está envolvendo determinado órgão ou região do corpo humano e, juntando com a clínica, definir quais são as doenças, que mais provavelmente, podem causar esta alteração neste determinado paciente.

Durante o curso vamos tentar apresentar a forma mais adequada de investigar os problemas mais comuns em cada região do corpo humano. Não vai ser possível aprender a técnica de interpretação das imagens, porque isto necessitaria um treinamento específico e demorado (você não sai da neurocirurgia pronto para operar um tumor cerebral, nem da gastroenterologia apto a fazer uma endoscopia, por exemplo).

No começo, ao analisar as imagens, você vai ficar decepcionado, achando que “tudo parece com tudo” e que o professor não quer ensinar “o caminho das pedras”. Calma! Lembre que mesmo coisas simples como dirigir ou andar de bicicleta exigiram de você um longo treinamento.

MÉTODOS DE IMAGEM

HISTÓRIA DA RADIOLOGIA

A radiologia convencional surgiu com a descoberta dos raios-x em 1895, com o trabalho do físico alemão Wilhelm Roentgen (mais detalhes em <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/historia-da-radiologia/historia-da-radiologia-2.php>). Logo nos primeiros anos, ficou clara a importância da radiologia, tanto é que, com uma rapidez espantosa, a nova técnica se espalhou por todo o mundo e durante mais de 70 anos, reinou absoluta como método de diagnóstico por imagem.

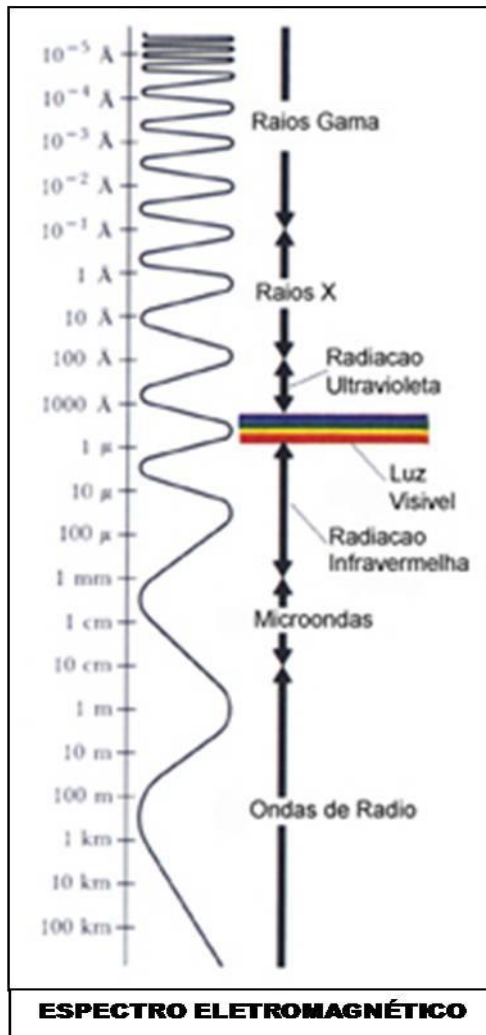
A planigrafia ou tomografia simples foi desenvolvida nos anos 1920, permitindo, pela primeira vez, obter “cortes”, que são a melhor forma de estudar a anatomia.

Os contrastes radiológicos passaram a ser usados, permitindo o estudo detalhado, principalmente, dos aparelhos urinário e digestivo. Novos geradores, cada vez mais potentes foram introduzidos, até chegar aos poderosos geradores trifásicos atuais.

Finalmente, em 1950, Seldinger introduziu uma técnica de cateterização vascular, que permitiu a avaliação de todos os órgãos do corpo humano.

Nos últimos 40 anos, iniciou-se uma revolução no diagnóstico por imagem com a introdução, inicialmente, da ultrassonografia, seguida da tomografia computadorizada e, nos anos 80, da ressonância magnética.

RADIOLOGIA CONVENCIONAL



O raio-x é uma radiação **eletromagnética**, portanto uma prima em primeiro grau da **luz**, apenas com comprimento de onda muito menor e frequência muito maior, por isso tem quase todas as suas propriedades semelhantes à luz (propaga-se em linha reta, sofre reflexão, difração, propaga-se no vácuo, é capaz de interagir com cristais de prata dos filmes fotográficos, etc). Apenas algumas características são diferentes:

1. Tem maior poder de penetração, assim, alguns obstáculos, como o corpo humano, que são opacos à luz são “transparentes ao raio-x”.

2. Carrega muito mais energia que a luz e pode transmiti-la aos tecidos causando dano ao material genético das células (é uma **radiação ionizante**). Este dano não só afeta o indivíduo exposto, mas se transmite às gerações futuras através do material genético.

3. Não é captada pelo olho humano.

4. Pelo curto comprimento de onda é muito atenuada pelo ar (na proporção do quadrado da distância).

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA:

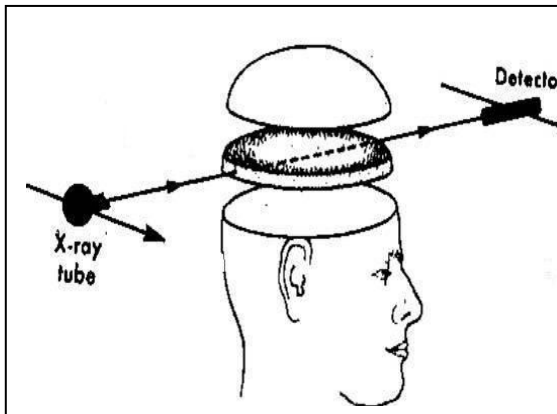
Os raios-x têm uma quantidade grande de energia, suficiente para produzir lesões no material genético das células. A quantidade utilizada em diagnóstico hoje em dia não é suficiente para causar lesões agudas, mas o dano no genoma é cumulativo, ou seja, toda radiação que você recebe vai somando por toda nossa vida, e, o que é pior, será transmitida aos seus descendentes. Por isto, existe uma série de normas de proteção radiológica ou radioproteção, que devem ser seguidas, **SEMPRE** que houver radiação ionizante. 1) Princípio da justificação: só realizar exames realmente necessários (é assim no HC?) 2) Princípio da otimização (ALARA ou *as low as reasonably achievable*): a dose deve ser a menor possível. Como o tubo de raios-x só emite radiação quando ligado, os tempos de exposição devem ser muito curtos e a menor quantidade de mAS deve ser usada. Especialmente as gestantes e as crianças devem ter sua exposição muito reduzida. 3) Blindagem: tanto da sala de exames (paredes chumbadas ou baritadas), quanto das pessoas expostas (pacientes, médicos e auxiliares), que devem usar aventais de chumbo, protetores gonadais, óculos plumbíferos, etc e todos os trabalhadores desta área devem usar medidores de radiação, cujas leituras devem ficar dentro dos limites definidos por lei.

Os raios que se chocam com o ar ou os que são desviados pelos elétrons do corpo, constituem a chamada radiação secundária, que não contribui para formar a imagem (formam um *fog* que apenas irradia as pessoas). Para reduzi-la são usados equipamentos que limitam o feixe de raios, como cones e diafragmas (quanto menor a área irradiada melhor a imagem) e para filtragem, como as grades.

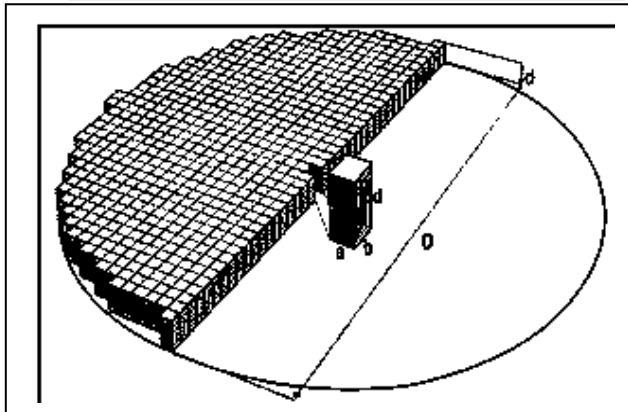
Também é importante haver restrições à circulação do público nas áreas de radiação. A distância é fator importante de proteção, pois a energia é atenuada em proporção ao quadrado da distância.

É fundamental que toda pessoa que trabalhe com radiação ionizante conheça os princípios de proteção radiológica. Muitas vezes, infelizmente, vemos médicos sem nenhum preparo irradiando em excesso os seus pacientes e a si mesmos, principalmente em procedimentos intervencionistas.

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA



Para vencer as limitações da radiologia convencional, foi desenvolvida a tomografia computadorizada, em que um feixe estreito de raios-x, gerado por um tubo, que gira em torno do paciente, “corta” o corpo e é captado por uma ou mais fileira de detectores.



As informações são enviadas a um computador, que calcula a densidade radiológica em cada ponto onde o feixe passou, criando uma matriz. Cada ponto desta matriz é um **pixel**, que representa um pequeno volume de tecido (**voxel**).

Como as imagens são cortes, há pouca sobreposição e, por outro lado, a imagem digital permite a manipulação do contraste. Ele concentra os tons de cinza apenas numa faixa das densidades (**janela**). As densidades fora desta faixa ficam negras (mais baixas) ou brancas (mais altas), mas na janela de visualização o contraste é aumentado. Este conceito de janela vai ser utilizado em diversos exames digitais.

A TC foi desenvolvida no início da década de 70, um engenheiro inglês chamado Godfrey Hounsfield. No começo, cada imagem demorava cerca de 5 minutos para ser obtida, pois era necessária uma volta completa do equipamento, que, a cada grau de rotação, realizava um movimento de translação. Por isto, só era possível examinar a cabeça, pois os segmentos do corpo humano tinham movimento que degradava a imagem.

Nos equipamentos de segunda geração, em vez de 1 grau o aparelho podia andar de 10 a 25 graus, o que reduziu os tempos de cada corte a 25-60 segundos.

A seguir os matemáticos descobriram que o movimento de translação podia ser suprimido e a imagem obtida somente com as informações obtidas

durante a rotação, reduzindo a aquisição a pouco mais de 1 segundo nos chamados aparelhos de terceira geração, que permitiram obter cortes de qualquer parte do corpo.

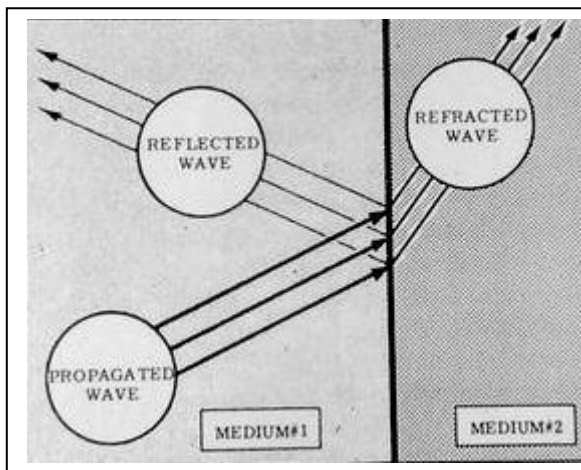
Leituras complementares sugeridas:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Tomografia_computadorizada

Carvalho ACP. História da tomografia computadorizada. Rev Imagem 2007; 29(2):61-66.

ULTRASSONOGRAFIA

Introduzida nos anos 60, inicialmente somente para obstetrícia, a US tornou-se um dos métodos de imagem mais importantes.



Ela utiliza ondas sonoras (mecânicas), com frequência elevada, acima da capacidade do ouvido humano, simulando um radar ou um sonar.

Para produzir o ultra-som, utilizam-se cristais piezelétricos, que ao serem estimulados por uma corrente elétrica, deformam-se emitindo ultrassons. Em seguida, o mesmo cristal é capaz de captar a onda mecânica refletida (eco) emitindo um impulso elétrico, que

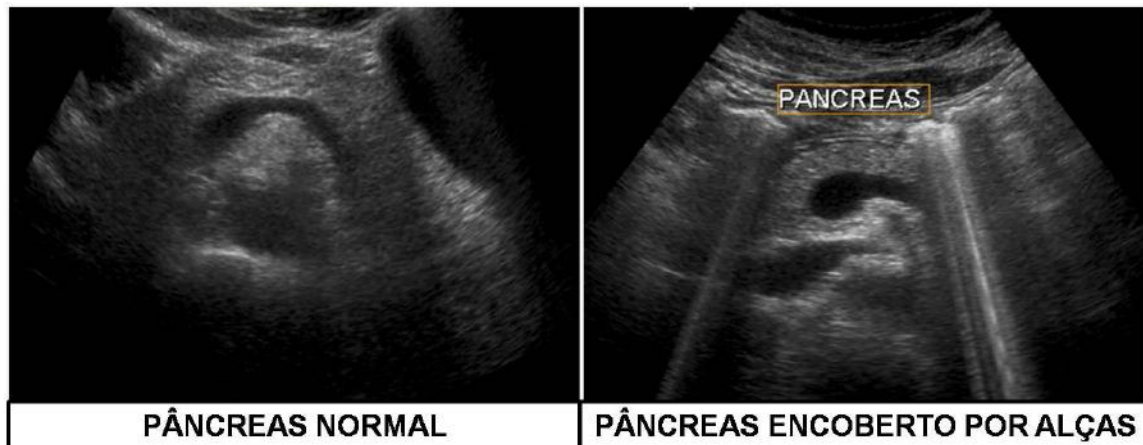
enviado a uma tela ou a um computador formam uma imagem. Assim, a imagem do US depende das superfícies ecorrefringentes que o feixe encontrar.

O cristal piezelétrico encontra-se no braço do equipamento de US, chamado de transdutor. O feixe de US pode ser gerado com diferentes frequências. Quanto maior a frequência maior a resolução da imagem formada, mas menor será a profundidade que o feixe alcança no corpo.

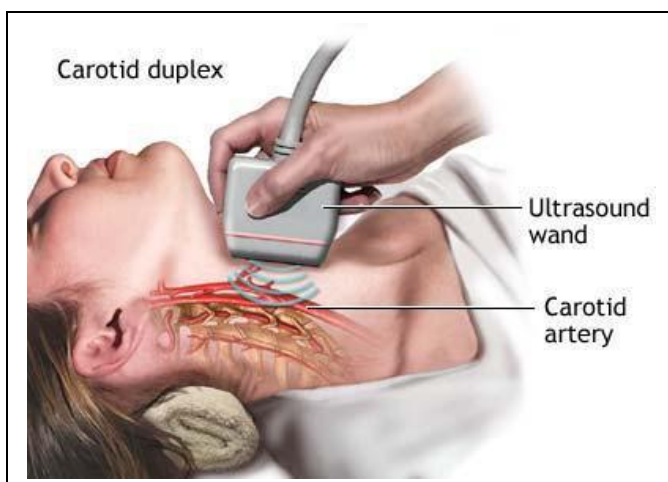
O ultra-som, como onda mecânica, além de não se propagar no vácuo é completamente refletida pelo ar e por certos tecidos como o osso. Isto limita sua utilização a certas áreas do corpo humano, não sendo possível estudar pulmões ou ossos, nem estruturas que estejam encobertas por estes órgãos. Por outro lado, o som se propaga muito bem pelos líquidos, que são chamados de janelas acústicas, o que facilita enormemente a caracterização de lesões císticas.

Podemos dizer que o US é um exame relativamente barato e inócuo, sendo o primeiro método de investigação por imagem no abdome e na pelve, exceto no estudo das alças intestinais ou do andar médio, encoberto por elas. Também é método muito bom para pescoço, mama, pequenas partes e

músculos e tendões superficiais. Não serve para pulmão, ossos e crânio do adulto.



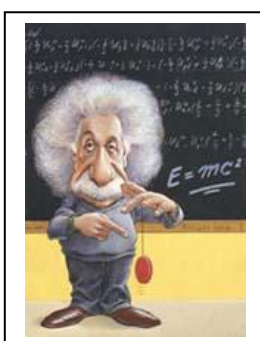
Nos últimos anos foram introduzidos nos transdutores específicos, como transretal e vaginal que melhoraram a resolução de certas áreas, enquanto as imagens passaram também a ser digitalizadas, o que melhorou muito sua qualidade.



A técnica de doppler foi acoplada à imagem, permitindo excelente análise das estruturas vasculares de forma não-invasiva.

Leituras complementares sugeridas:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ultrassonografia>

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

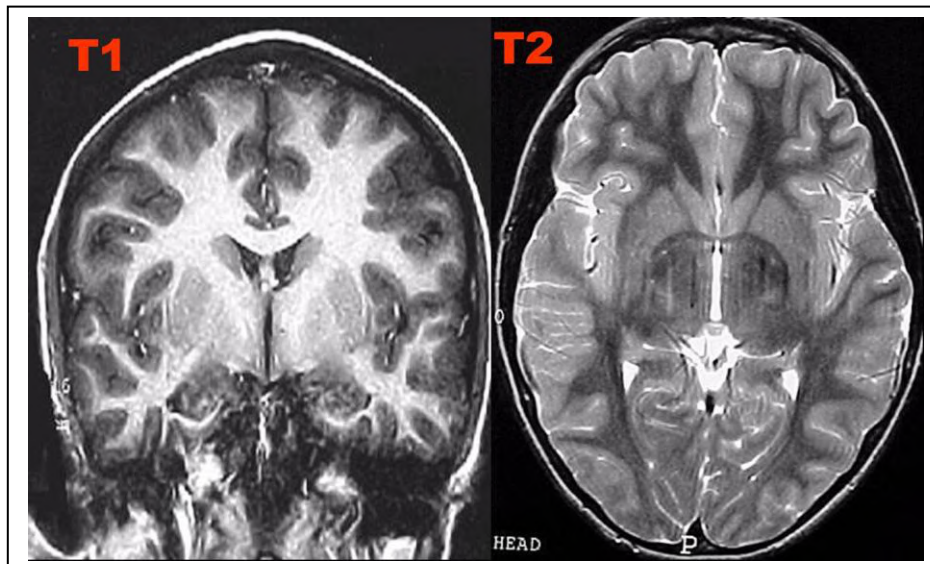


A MRI é o mais moderno e sofisticado dos métodos de imagem, utilizando somente um campo magnético potente e ondas de radio de baixa energia para formar imagens de altíssima resolução.

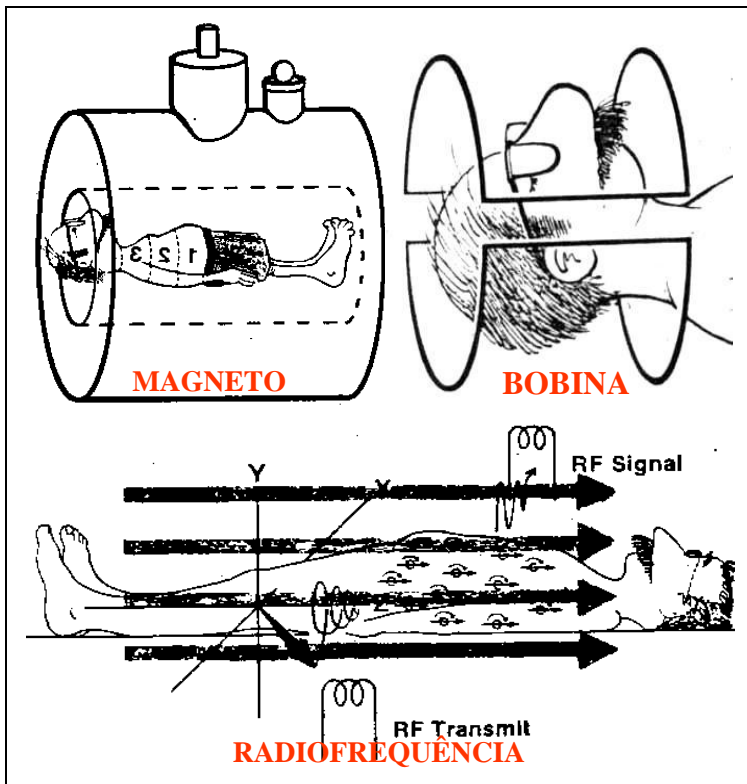
A física da RM é complicada. Todas as imagens são formadas por sinais de radio com frequência específica, capaz de estimular somente os átomos de hidrogênio de um segmento escolhido do corpo humano.

O hidrogênio é o elemento ideal para a RM por sua abundância (2 átomos por molécula de água, que constitui quase 80% dos tecidos) e porque o átomo de hidrogênio comporta-se como um pequeno imã, que quando colocado num campo magnético muito potente e estimulado, emite sinais numa frequência específica, que pode ser codificado, captado por uma antena e transformado em imagem.

Podemos formar imagens baseadas nas mais diferentes propriedades dos átomos, como seu número (também chamada de densidade de prótons, pois para a RM, podemos chamar o átomo de hidrogênio de próton, uma vez que seu núcleo tem somente uma destas partículas), mas as propriedades que permitem formar as melhores imagens, com maior contraste natural, são aquelas relacionadas ao arranjo das moléculas e que infelizmente são difíceis de entender para nós que não sabemos nada de física quântica. Estas propriedades são chamadas de tempos de relaxamento ou relaxação (T^1 e T^2) que caracterizam a maior ou menor facilidade com que os átomos trocam de energia com o meio e voltam ao equilíbrio (T^1) ou tempo que os átomos demoram para trocar energia entre eles e sair de fase (T^2).



Assim, no exame de RM escolhemos a porção do corpo que vamos examinar, colocamos uma antena (bobina) próxima a ela, para captar os fracos sinais emitidos pelo prótons e colocamos a área a ser examinada no centro de um potente imã. O aparelho sintoniza os hidrogênios desta região e emite ondas de radio nesta frequência. Conforme o tempo entre os estímulos e o tempo entre o estímulo e a leitura dos sinais teremos imagens que serão baseadas em diferentes propriedades dos tecidos (T^1 , T^2 , densidade de prótons, fluxo, etc).



Leituras complementares sugeridas:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Resson%C3%A2ncia_magn%C3%A9tica

COLABORADORES

André Américo Bedenko Martins
Ridiney Santos Oliveira
Helder Campos
André Américo Bedenko Martins