

**PACIENTE PORTADOR DE MARCA-PASSO CARDÍACO E A EVOLUÇÃO
NA REALIZAÇÃO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA: UMA REVISÃO
SISTEMATIZADA**

PATIENT WITH A CARDIAC PACEMAKER AND EVOLUTION IN
PERFORMING MAGNETIC RESONANCE: A SYSTEMATIZED REVIEW

Angelica Gama Rodrigues¹

Patricio Almeida da Silva²

Álvaro Augusto Ribeiro D'Almeida Couto³

Jefferson Luiz Monteiro Sanches⁴

RESUMO: Este estudo trata-se de um artigo bibliográfico com análise de publicações eletrônicas atuais sobre informações quanto à etiologia, modificações e avanços recentes na tecnologia de marca-passos no intuito de compreender os avanços alcançados na compatibilidade destes dispositivos com o procedimento de imagem por ressonância magnética (MRI). Os serviços de saúde passam por constantes mudanças, sempre em benefício do homem, dentre as quais podemos destacar os avanços tecnológicos que permitem diagnósticos e tratamentos suficientemente satisfatórios sem a utilização de técnicas invasivas. Tais avanços se estendem na área de diagnóstico por imagem onde podemos encontrar o serviço de ressonância magnética (RM), que nos dias atuais impressiona pela fidelidade e precisão dos resultados. À luz destes fatos, podemos realçar que o setor de imagiologia se destaca por contribuir para a extensão da longevidade humana e a qualidade de vida de pacientes. No entanto, a realização de um procedimento de RM exige um protocolo rigoroso no que diz respeito às contraindicações de pacientes, em especial quanto aos portadores de marca-passo, que não podem sequer adentrar um ambiente de RM sem as devidas precauções, sob o risco de ter seus dispositivos implantados afetados pela interação com os campos eletromagnéticos ali presentes. Em paralelo a este fato, pode-se também observar na literatura examinada, a compatibilidade do marca-passo cardíaco implantável perante os protocolos de ressonância magnética, o que representa importante benefício a esses pacientes.

Palavras-chave: Ressonância Magnética. Avanços. Marca-passos. Compatibilidade.

ABSTRACT: This study is a bibliographical article with analysis of current electronic publications on information regarding etiology, modification and recent advances in technology of pacemakers in order to understand the advances achieved in the compatibility of such devices with imaging magnetic resonance (MRI) procedures. The health services undergo constant changes, always for the benefit of mankind, among which we can highlight the technological advances that allow for sufficiently satisfactory diagnoses and treatments without the use of invasive techniques. Such advances extend into the area of diagnostic imaging where we can find the magnetic resonance (MR) service, which today amazes by the fidelity and precision of its results. In light of these facts, we may highlight that the imaging sector stands out for contributing to the extension of human longevity and patients' quality of life. However, performing an MR procedure requires a rigorous protocol concerning contraindications of patients, especially in regard to those with implanted pacemakers, who cannot even enter an MR environment without due precautions, under the risk of having their implanted devices affected by the interaction with the electromagnetic fields present there.

¹ Acadêmica do Curso de Tecnólogo em Radiologia da Faculdade de Tecnologia de Macapá – META; E-mail: angela2322@hotmail.com

² Professor Orientador; E-mail: patricioalmeida@meta.edu.br

³ Professor Orientador; E-mail: alvaro@meta.edu.br

⁴ Professor Orientador; E-mail: jeffersonsanches@meta.edu.br

Notwithstanding this fact, it is also possible to observe in the literature examined the compatibility of implantable cardiac pacemakers with MRI protocols, which represents an important benefit to these patients.

Keywords: Magnetic Resonance. Advances. Pacemaker. Compatibility

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a medicina desfruta de inovações tecnológicas que tem como objetivo, prolongar a vida do indivíduo auxiliando no diagnóstico e tratamento de doenças. Investimentos em equipamentos de diagnóstico por imagem são realizados com frequência devido à demanda e precisão dos procedimentos, paralelamente a isso, a engenharia biomédica se torna uma grande aliada da medicina, para aprimoramentos e adequações realizadas na respectiva área.

O diagnóstico por imagem se destaca no mercado como uma das áreas que mais avançam, já que em todo caso os centros dispõem de vários serviços em uma só unidade, facilitando a vida do paciente e assegurando fidelidade nos resultados. Em meios aos inúmeros serviços oferecidos, o mercado detém de um dos estudos mais recentes e fascinantes que a medicina pode oferecer, hoje definida como ressonância magnética (RM).

A RM é uma modalidade que não utiliza fonte de radiação ionizante, caracterizada por um grande imã que interage com átomos de hidrogênio presentes no corpo. Com o crescimento dos serviços de Imagem por ressonância magnética (MRI) na rotina clínica, esta técnica se torna cada vez mais comum para indicações médicas inclusive aos casos que apresentam doença cardiovasculares. Isto é justificado através das excelentes aquisições de imagens, por ser um método não invasivo e pelos raros efeitos colaterais comparados com outros procedimentos imaginológicos.

É importante esclarecer alguns parâmetros de segurança, em especial ao marca-passo cardíaco implantável que será o objeto de estudo em foco. Dentre os aspectos de segurança estão incluídas as contraindicações integrais e parciais. Paciente contraindicado integralmente não realiza o exame e deve ser sempre bem acompanhado. Nobrega (2006, p. 39) diz que, “esta atitude é importante para uma primeira triagem

visando impedir que pacientes que apresentem riscos potenciais venham a se submeter a este procedimento”.

Posto isto, pacientes dependentes de marca-passos lideram a tabela de contraindicação absoluta para exames de ressonância. Christiani (1994) diz que, “a principal contraindicação para a realização de estudos com RM é a presença de marca-passo cardíaco”. Com base no cenário atual surge a problemática da possível existência de um marca-passo cardíaco implantável compatível com exames de ressonância.

Assim sendo, este estudo tem como objetivo pesquisar avanços feitos em marca-passos, descritos em publicações atuais, para a adequação em um sistema RM. Bem como, evidenciar estudos que comprovem a utilização de marca-passos na ressonância magnética.

A mais de uma década, testes são realizados com pacientes portadores de marca-passo em setores de ressonância magnética, estes procedimentos são monitorados por uma equipe medica com o objetivo de resguardar a integridade física dos pacientes submetidos aos exames. Protocolos contendo todas as informações sobre o procedimento, devem ser repassados aos pacientes para esclarecimento, pois esta precisa entender a quais riscos ele está sujeito, esta prática só é possível graças às mudanças realizadas nos dispositivos.

Para entender como e porque ocorreram mudanças nos marca-passos para que hoje estes dispositivos pudessem adentrar um setor de RM, foi feito um apanhado histórico de estudos sobre o primeiro marca-passo até que se chegasse no momento atual.

O mercado vem investindo a todo vapor em novas tecnologias na especialidade cardiovascular. E um desses investimentos se manifesta na produção de marca-passos cardíacos compatíveis com a ressonância magnética, que possibilitam o paciente a realizar um exame de RM.

Este avanço, traz um leque de mudanças significativas na vida dos portadores de marca-passo cardíaco, ainda que, esta inovação contradiga alguns procedimentos de segurança nos setores de RM, todavia, realizar exames de ressonância magnética em pacientes com marca-passos vem sucessivamente mudar uma rotina de décadas, em benefício de pacientes que carecem destes procedimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A TECNOLOGIA DE MÃOS DADAS COM A MEDICINA

Segundo Nibeker (2002), a engenharia biomédica, é um campo da tecnologia que cresce rapidamente e surpreende através de suas recentes conquistas, e ainda impressiona com expectativas ambiciosas, modalidades de serviços incomensuráveis para a medicina como instrumentação de laboratório, imagem médica, marca-passos cardíacos e membros artificiais, são alguns de seus produtos.

A tecnologia avança por intermédio das pesquisas realizadas pela ciência. “Esse avanço exponencial provoca um *frisson* não só no meio médico, mas também na sociedade [...]”. (SANVITO, 2012, p. 634).

Definido como o uso dos princípios e técnicas de engenharia para resolver problemas em biologia e medicina, a engenharia biomédica hoje ocupa um lugar de destaque como um meio de melhorar o diagnóstico médico e o tratamento, como um negócio e como uma disciplina acadêmica. (NEBEKER, 2002).

Toda a possibilidade de trabalho existente foi graças aos estudos que constantemente são realizados em virtude da necessidade, impostas pelos serviços de saúde em relação à diagnóstico e tratamento dos pacientes, isto é, a engenharia biomédica foi e continua sendo uma ferramenta indispensável para a medicina. Nibeker (2002), diz que, foi particularmente a instrumentação, para medição e imagem, que a engenharia persuadiu a biomedicina. Em 1888, Augustus Desiré Waller mostrou que, com um eletrômetro, pode-se registrar as mudanças nas tensões cardíacas da superfície do corpo. [...], verbas destinadas aos institutos nacionais de saúde elevaram consideravelmente, permitindo que a engenharia em medicina ganhasse proeminência para o marca-passos cardíaco, a máquina coração-pulmão.

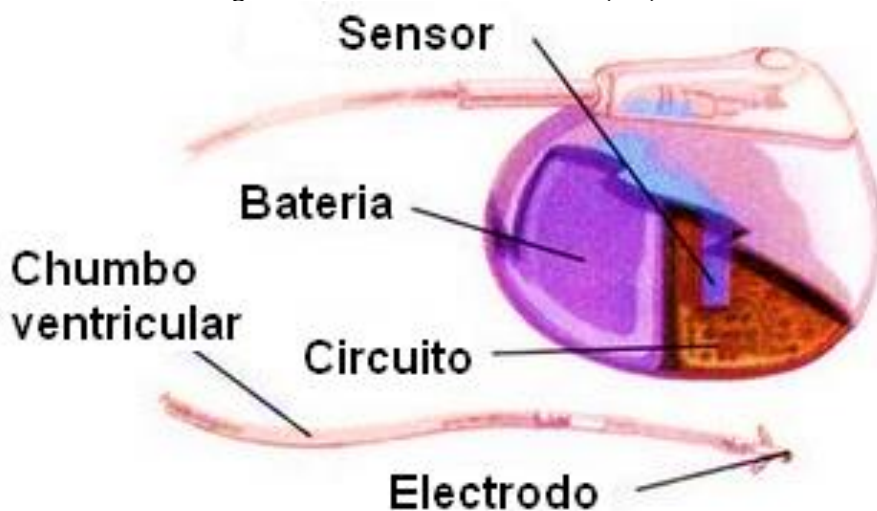
Foram feitos inúmeros estudos para obter informações sobre o funcionamento do corpo humano. De acordo com Nibeker (2002), o pesquisador Luigi Galvani realizou um estudo em 1780 chamado “eletricidade animal” iniciando uma linha de pesquisa

conhecida como eletrofisiologia. Em 1900, tinha estabelecido a natureza elétrica do impulso nervoso e sua velocidade revelou muito sobre a condução eletrolítica em tecidos animais.

Determinados serviços de saúde são ofertados mundialmente em diversos lugares, uma dessas ofertas são os dispositivos cardíacos implantáveis. “Atualmente, milhões de pessoas se beneficiam da tecnologia de marca-passo em um mercado estimado em mais de R\$9 bilhões em todo o mundo” (ST. JUDE MEDICAL, 2017).

Na realidade o “marca-passo” é um sistema de estimulação elétrica artificial que fornece descargas ou pulsos elétricos ao coração. Ele é composto por uma unidade geradora que armazena os circuitos eletrônicos e a bateria, além de ser ligado ao coração por um ou mais cabos eletrodos ou cateteres. (RIBEIRO, 2002)

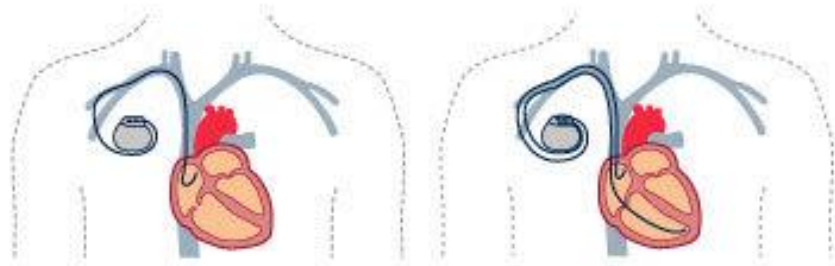
Figura 1: UNIDADE GERADORA (UG)



Fonte: www.clinicaritmo.com.br/wp-content/uploads/2015/11/image005.png

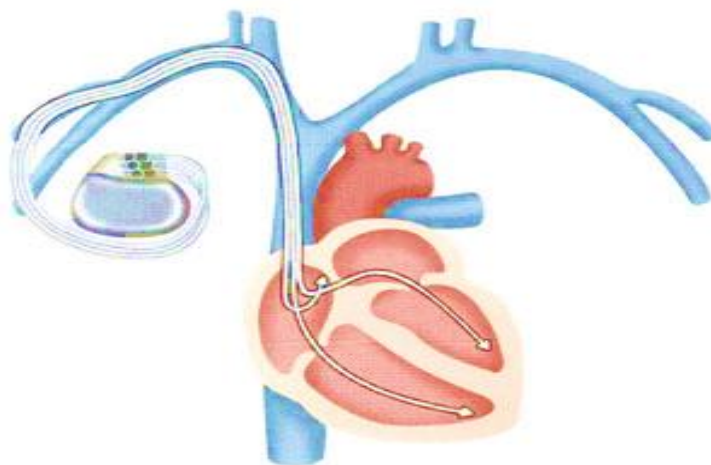
O marca-passo (MP) é implantado de acordo com a necessidade do paciente, incluindo a condição patológica que o atinge. “Os marca-passos podem ser atriais, quando o eletrodo só é fixado no átrio; ventriculares, os mais comuns é o átrio ventricular (bicameral ou dupla câmara), com um cateter no átrio e outro no ventrículo”. (RIBEIRO, 2002).

Figura 2: MARCA-PASSO UNICAMERAL E BICAMERAL.



Fonte: www.cardioweb.com.ar/img/schrittmacher.3010.jpg

Figura 3: DEMONSTRAÇÃO DO MARCA-PASSO EM TRÊS CÂMARAS.



Fonte: www.deca.org.br/Publica/img/marcaPasso8.jpg

Fontes potenciais de IEM fora do hospital incluem dispositivos eletrônicos de vigilância antirroubo, dispositivos de segurança aeroportuária, telefones celulares, micro-ondas, linhas de alta tensão, motores elétricos, unidades de solda elétrica, bobinas de desmagnetização e geradores de alta tensão. Os próprios hospitais contribuem para a "contaminação" de IEM com muitos instrumentos de produção de IEM: dispositivos de eletrocauterização, fontes de radioterapia, litotripsia extracorpórea de ondas de choque, desfibrilação elétrica, terapia de ondas de choque elétrico, estimulação nervosa elétrica transcutânea, testes de estimulação de condução nervosa periférica e alguns dispositivos dentários. (LOEWY, 2004).

2.2 HISTÓRIA DO MARCA-PASSO

Segundo Nibeker (2002). A engenharia contribuiu para a cardiologia de várias maneiras. Uma das criações que mais atraíram atenção foi o marca-passo cardíaco. Em

1952 Paul M. Zoll, trabalhando com engenheiros, desenvolveu um marca-passo externo, que estimulou o coração através de grandes eletrodos colocados na parede torácica. Um pouco mais satisfatório foi o ritmo direto do coração que C. Walton Lillehei e colegas conseguiram em 1957, eletrodos colocados no músculo cardíaco foram conectados a um gerador de pulso externo. E no ano seguinte, um marca-passo totalmente implantável foi desenvolvido durante os anos 1958 e 1959 por Wilso Greatbatch e William M. Chardak.

Figura 4: Médico com uma criança que recebeu um dos eletrodos colocados no músculo cardíaco que estavam conectados a um gerador de pulso externo.



Fonte: (NIBEKER, 2002)

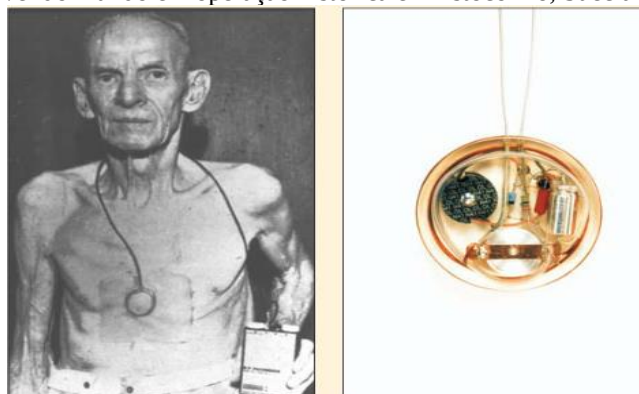
As descobertas foram atingidas devido às carências exigidas. De modo que, muita coisa se consolidou levando em consideração as necessidades dos serviços ofertados. “A invenção do transistor em 1947 fez com que os transistores ficassem ainda menores e consumindo menos energia” (Nibeker, 2002).

Transistores tornaram-se comercialmente disponíveis pela primeira vez na década de 1950, e aplicações em biomedicina seguiram rapidamente. Na verdade, foram as empresas de aparelhos auditivos as primeiras a comercializarem produtos com transistores, sendo que o primeiro apareceu no final de 1952. O marca-passo implantável usava transistores, assim como a endoradiosonda. (Nebeker, 2002)

De acordo com ST. Jude Medical (2017), o implante do primeiro marca-passo foi considerado altamente experimental em 1958. Larsson estava criticamente doente e a sua esposa, Else-Marie, insistiu para que ele se submetesse à cirurgia pioneira. Larsson viveu mais que os doutores que realizaram sua cirurgia para o implante do marca-passo, Arne

recebeu ao todo 22 marca-passos, desfrutando de um estilo de vida ativo e saudável até o seu último ano de vida. Arne H.W Larsson faleceu em 2001 aos 86 anos, por causas não relacionadas à sua saúde cardíaca.

Figura 5: Mostra o paciente Arne H.W. Larsson que recebeu o primeiro marca-passo totalmente implantável do mundo em operação histórica em Estocolmo, Suécia



Fonte: (Nibeker, 2002).

A técnica não invasiva onde não há necessidade de invadir o organismo com instrumentação é utilizada em diversos procedimentos médicos, obtendo uma enorme relevância para pacientes diminuindo as chances de complicações em períodos pós cirúrgicos. De acordo com ST. Jude Medical (2017), em 1962 iniciou a produção dos primeiros eletrodos de marca-passo endocárdicos permanentes, que podem ser passados através de uma veia do paciente até o coração, substituindo a tecnologia mais invasiva de ligar eletrodos à parte externa do coração.

Este avanço permitiu aos médicos implantarem marca-passos sem abrir o tórax, o que reduziu significativamente o risco do procedimento. Com o surgimento de sistemas de estimulação cardíaca artificiais dotados de circuitos de sensibilidade, vieram também algumas desvantagens, como vulnerabilidade frente a interferências de diferentes naturezas no dia a dia do paciente portador de marca-passo (FERREIRA, 2006).

E devido aos casos de doenças cardiovasculares em especial aos pacientes que possuíam tal insuficiência cardíaca, um dispositivo foi construído para suprir as necessidades do coração. Segundo Nibeker (2002), em 1965, Wilson Greatbatch concluiu o projeto para a construção de um marca-passo de demanda inibida (que funcionou apenas

quando necessário), que foi o primeiro marca-passo de demanda comercialmente disponível. Também em 1965 L. Lemberg e colegas relataram sobre um *trans-chest* marca-passo que forneceu estimulação apenas se necessário.

Em 1973 houve o Lançamento do primeiro marca-passo recarregável comercial com a capacidade de recarregar as baterias do marca-passo estendendo a longevidade do aparelho de aproximadamente 18 meses para até 20 anos com os marca-passos recarregáveis de hoje. Os primeiros aparelhos recarregáveis eram alimentados por baterias de níquel-cádmio, proporcionando superior confiabilidade e longevidade em comparação com as baterias de mercúrio iniciais (ST. JUDE MEDICAL, 2017).

Os primeiros dispositivos possuíam desvantagens que mais tarde necessitariam mudanças para melhor adaptação social. Ribeiro (2002), afirma que, os primeiros marca-passos possuíam sistemas unipolares ou de chumbo simples consistem no conjunto de alimentação como o ânodo e um único eletrodo na ponta distal do chumbo no miocárdio como o cátodo, pelo que uma via de retorno ocorre através do tecido corporal. O aumento do espaçamento entre o ânodo e o cátodo em um sistema unipolar pode resultar em uma maior suscetibilidade a interferência eletromagnética (EMI) e potencial interferência dos miopotenciais do corpo, já que também produzimos constantemente pulsos elétricos para realizar ações, esses fatores influenciavam tanto na estimulação quanto na sensibilidade do aparelho.

Os cateteres bipolares modificaram bastante o funcionamento dos marca-passos, sobre isso Ribeiro (2002, p. 45), afirma que,

Ainda há em uso eletrodos epimiocárdicos que eram suturados ou aparafusados no lado externo ou epicárdico do coração, técnica abandonada devido à menor morbidade da técnica endocárdica, com acesso pela veia cefálica, subclávia ou jugular. Atualmente todos os cateteres são bipolares, isto é, os dois polos estão dentro do coração, a ponta sempre é o polo negativo e o anel, positivo.

Os métodos de programação também se tornaram tão importantes quanto qualquer outra modificação realizada nos dispositivos cardíacos implantáveis, Gomes (2001) explica que, com o desenvolvimento de software próprio, é possível calibrar automaticamente até os modelos mais antigos, o que facilitou em muito a avaliação e o controle dos pacientes. Esta calibração também é dita automática e contínua pois, após a

mudança do modo de estimulação átrio ventriculares de circuito fechado, automaticamente o marca-passo começa a coletar dados (medições de impedância ventricular) com o paciente realizando suas atividades do dia-a-dia, para assim ajustar os parâmetros do sensor.

2.3 MARCA-PASSO E O CAMPO MAGNÉTICO

Quando um paciente adentra um serviço de ressonância magnética, a interação do dispositivo com o campo magnético altera as funções dos MP, comprometendo a vida do paciente, entendendo este fenômeno Ribeiro (2002) afirma que, quando um ímã interage com o marca-passo, este passa a não reconhecer os sinais elétricos que são captados pelo eletrodo (sinais cardíacos ou extracardíacos), passando a funcionar assincronicamente (em tempos diferentes), fixamente, independentemente de haver um batimento ou não.

Ainda para Ribeiro (2002), “Em alguns marca-passos, há um aumento de frequência enquanto o ímã estiver posicionado sobre a unidade geradora. Em outros, este aumento ocorre só por alguns pulsos, voltando depois à sua frequência normal”.

Para realizar exames de ressonância, a medicina impõe algumas restrições que estão diretamente relacionadas a segurança dos pacientes para evitar efeitos provocados pelos poderosos campos magnéticos. Para Maldonado (2006), a contraindicação de pacientes portadores de marca-passos nos serviços de ressonância, estão relacionados à interação do produto com o campo magnético, que podem acarretar alguns danos como “queimação” precordial, a presença de arritmia e a mudança no limiar de comando do MP podem ser atribuídas ao aquecimento e à vibração do sistema de eletrodos provocados pela energia de radiofrequência.

Frente a uma interferência eletromagnética o dispositivo se comportara de forma aleatória, isto é, não é possível prevê como os marca-passo responderá a uma interferência. “Existem vários tipos de respostas às IEM como: inibição, assincronia, falha permanente em sua função, reprogramação inapropriada (modos “reset” ou volta a parâmetros nominais ou outros) e dano miocárdico na interface eletrodo-endocárdio”. (FILHO 2002, p. 2).

As interferências eletromagnéticas podem ser influenciadas pela: intensidade do campo, distância entre a fonte da interferência e o marca-passo, frequência e a forma da onda do sinal, orientação física do marca-passo, tipo de sistema implantado (unipolar, bipolar, dupla câmara), tipo de biodetector, programação da sensibilidade e o modo de demanda (deflagrado, inibido ou assíncrono) (RIBEIRO, 2002, p. 2).

“Como resultado destas preocupações sobre interferência eletromagnética, uma série de mudanças ocorreram no desenho, construção e controle de marca-passos” (LOEWI, 2004).

2.4 MARCO-PASSO NA ATUALIDADE

De acordo com Westbrook (2013, p. 310), até recentemente, todos os marca-passos cardíacos eram considerados uma contraindicação absoluta para RM. Mesmo campos com potência baixa como 5G podem ser suficientes para causar deflexão, alterações na programação e fechamento do interruptor de lâmina (*reed switch*) que converte o marca-passos para um modo de assincronia.

Acompanhando alguns estudos realizados pela engenharia biomédica, podemos notar mudanças significativas nos marca-passos que passaram a se adequar ainda mais com os setores de ressonância magnética. Para Loewi (2004), houve uma mudança na construção de marca-passos em relação ao uso de materiais ferromagnéticos, diminuindo o conteúdo ferromagnético e substituindo outros metais como o titânio em tantas partes da fonte de alimentação quanto possível.

Os componentes eletrônicos do gerador de impulsos, proteção de ruído e circuitos de programação também viram mudanças importantes. As opções de programação se expandiram significativamente, assim como a tecnologia de comunicações usada para efetuar mudanças na programação, isto é, um dispositivo externo pode se comunicar com o marca-passo que por sua vez contém software especial para reconhecimento de falhas eliminando erros acidentais. (LOEWI, 2004).

A geração mais recente de dispositivos compatíveis com RM é única porque os dispositivos são considerados seguros em condições pré-específicas de RM.

[...]. seu design engloba várias melhorias em relação aos dispositivos anteriores, incluindo: (1) incorporação de filtros mais avançados; (2) proteção reforçada do circuito interno para diminuir a probabilidade de interrupção da fonte de alimentação; (3) substituição do interruptor Reed por um sensor Hall para permitir um desempenho mais previsível sob IRM; (4) utilização de um teor ainda menor de materiais ferromagnéticos e dissipação de calor melhorada dentro do gerador; (5) verificações de integridade do sistema de estimulação antes de permitir o modo compatível com MRI; (6) aumento da energia entregue para captura durante um exame de ressonância magnética; E (7) retorno do dispositivo para a programação pré-RM após a conclusão do exame. (KODALI, 2013).

Segundo Goldsher *et al* (2010). Dado o avanço da idade da população e a expansão das indicações para pessoas com problemas no ritmo cardíaco, o número de pacientes com marca-passos provavelmente continuará a aumentar. Muitos desses pacientes podem tirar proveito clínico do poder diagnóstico da ressonância magnética. Dada a importância da saúde pública desta questão, os fabricantes de dispositivos devem prosseguir os esforços para conceber sistemas de marca-passo permanentes com uma maior segurança no ambiente de ressonância magnética nuclear.

A necessidade que pacientes com marca-passos apresentam para realizar exames de RM, é outra realidade que estimula o desempenho de mudanças realizadas nestes dispositivos. “Estima-se que até 75% dos pacientes com marca-passo irão desenvolver pelo menos uma indicação para um estudo de ressonância magnética após a implantação do seu dispositivo.” (KODALI *et al*, 2013).

Conforme Loewi (2004) existem dois grupos de paciente que utilizam MP, os dependentes de marca-passos e os MP de demanda. Aqueles que dependem do MP o tempo todo para manter o ritmo cardíaco e são hemodinamicamente instáveis sem o aparelho de funcionamento, podem apresentar maior risco experimental e ainda deve aguardar um maior corpo de evidências antes que possam ser considerados para a ressonância magnética.

Em razão dos avanços tecnológicos realizados nos dispositivos alcança-se então a realização de protocolos para os procedimentos de RM. “Algumas instituições conseguiram realizar a aquisição de imagens de pacientes de marca-passos não dependentes sem incidentes”. (WESTBROOK, 2013, p. 310).

Ainda para Westbrook (2013, p. 310),

Se determinada instituição pretende fazer a varredura de um paciente com marca-passo cardíaco, são vários os critérios específicos a serem observados, incluindo: se o paciente não é dependente do marca-passo, o paciente está clinicamente apto a passar pelo exame, existe um radiologista, cardiologista e representante da empresa de marca-passo disponível antes, durante e após o exame de RM

Goldsher *et al* (2010), cita que, para realizar um exame de ressonância magnéticas em pacientes com marca-passos é necessário adotar alguns protocolos de segurança para o andamento da técnica, bem como, os sintomas do doente foram monitorizados utilizando o sistema de altifalantes de imagem por ressonância magnética. A pressão arterial não invasiva foi medida a cada 3 minutos.

O eletrocardiograma contínuo foi monitorado. A oximetria de pulso foi usada como um substituto para o ritmo quando o eletrocardiograma mostrou artefatos relacionados à RM, a taxa de absorção específica SAR (limite da taxa de calor que o corpo pode absorver durante um exame em relação ao peso) que é uma medida de potência absorvida por massa de tecido também foi levada em consideração.

Todavia, segundo Westbrook (2013, p. 310), para não haver risco de incidir em erro, no entanto, a maior parte dos centros médicos ainda não faz a varredura de pacientes portadores de marca-passo.

“A decisão de realizar uma ressonância magnética em cada paciente com um dispositivo implantável deve ser feita equilibrando o benefício potencial da ressonância magnética contra os riscos associados”. (GOLDSHER *et al*, 2010)

Em 2011, a Agência de Administração de Alimentos e Drogas dos Estados Unidos (FDA) aprovou o primeiro marca-passo condicional de ressonância magnética, o sistema de estimulação Medtronic EnRhythm MRI TM SureScan TM (Medtronic, Inc., Minneapolis, Minnesota). (KODALI, 2013)

Figura 6: Marca-passo compatível com um sistema de ressonância magnética de até 3T.



Fonte: Medtronic, 2017.

As inúmeras modificações nos dispositivos possibilitaram a realização de exames em setores de ressonância magnética. Westbrook, (2013, p. 310-320), também menciona o MRITM SureScanTM como um dispositivo compatível nos exames de RM. Contudo, esse dispositivo tem critérios específicos segundo os quais deve ser feito o exame (limite específico para SAR, limitação específica do gradiente e potência específica do campo estático). Esses critérios *têm* de ser obedecidos. Além disso, existem ajustes no marca-passo e critérios de aquisição de imagem que *têm* de ser seguidos durante o exame.

De acordo com Kodali (2013), para a segurança dos pacientes no ambiente de RM são observadas algumas preocupações que incluem, a composição do MP que podem resultar em movimento do dispositivo e no deslocamento do eletrodo. Outro efeito colateral adverso potencial é o aquecimento dos condutores, que pode depender de vários fatores, inclusive deve-se levar em consideração o aconselhamento quanto ao limite da taxa de absorção específica (SAR) a não mais que 2 W / kg. Outras preocupações como a impedância do eletrodo após os exames e finalmente a tensão da bateria que deve ser cuidadosamente monitorada uma vez que pode ser reduzida após uma ressonância magnética devido à constante detecção pelo dispositivo, assim potencialmente drenagem de seu fornecimento e reduzir a longevidade do dispositivo.

Estudos comprovam a realização de exames em setores de ressonância magnética em pacientes com marca-passo. Sommer *et al* (2006), realizou um estudo com onde 82 pacientes com marca-passos foram submetidos a um total de 115 exames de ressonância magnética a 1,5T. vários critérios foram utilizados antes de iniciar o procedimento, tal

como, todos os marca-passos foram interrogados imediatamente antes e após o exame de ressonância magnética e após 3 meses. Todos os exames de RM foram concluídos com segurança.

A possibilidade de realizar um exame de ressonância ganha espaço devido sua importância para a medicina. “[...] A RM tornou-se uma das mais importantes modalidades de diagnóstico por imagem na avaliação do sistema nervoso central, tumores, distúrbios musculoesqueléticos e algumas doenças cardiovasculares” (GÖTTE, 2010)

Em um estudo realizado por Gimbel (2008), onde encontramos procedimentos de ressonância magnética com potência de 3T realizados em pacientes com marca-passos, obtém-se alguns resultados bastantes significativos como: Todos os pacientes foram examinados com sucesso. Não foram observadas arritmias. Não foi observada qualquer alteração significativa nos parâmetros programados, limiares de estimulação, detecção, impedância ou parâmetros da bateria.

Ainda para Gimbel (2008),

Os pacientes com dispositivo podem ser submetidos a exames de ressonância magnética 3T cuidadosamente preparados quando a reprogramação pré -MRI do dispositivo ocorre em conjunto com monitoramento extensivo, supervisão e acompanhamento.

3. METODOLOGIA

A pesquisa delinea, através da consulta a livros e periódicos, um estudo bibliográfico de produções científicas que aportam temas a respeito da utilização de marca-passos compatíveis com ressonância magnética.

A busca aos dados foi realizada utilizando meio eletrônico, com pesquisas na internet, a procura de publicação de artigos científicos periódicos, descritos entre os anos de 1994 a 2017, bem como através da pesquisa na biblioteca da instituição, faculdade tecnológica do estado do Amapá. Para Marconi e Lakatos (2010), a finalidade da pesquisa bibliográfica é a de colocar o pesquisador em contato direto com tudo que foi escrito sobre determinado assunto.

Os critérios de inclusão para os estudos encontrados foram os artigos que explorassem a evolução histórica do marca-passo, também, produções que descrevessem, de forma técnica, características físicas e fisiológicas desses marca-passos.

Através do levantamento bibliográfico, com a identificação das obras que interessavam a pesquisa, o estudo, em seguida, buscou estudar, compreender e discutir as principais características do marca-passo compatível, almejando os objetivos desta pesquisa.

O estudo, ainda, apresenta um caráter exploratório, visto que o pesquisador buscou definir objetivos através do estudo pesquisando informações sobre o assunto de estudo. A pesquisa exploratória é recomendada quando há pouco conhecimento sobre o problema a ser estudado (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2007, p.61).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A existência de um marca-passo compatível com os procedimentos da ressonância magnética nos encaminha para novos horizontes. Acerca disso, Kodali, (2013), afirma que, “o sistema de estimulação Medtronic EnRhythmTM SureScanTM e os cabos SureScanTM e os cabos SureScanTM CapSureFix MRITM associados são o primeiro sistema de estimulação compatível com RM aprovado pela FDA nos Estados Unidos”. Há alguns anos, os fabricantes de dispositivos cardíacos veem construindo produtos com tecnologias que atendem cada vez mais as necessidades dos centros hospitalares. Algumas destas necessidades estão presentes nos serviços de ressonância magnética, em relação as pessoas que utilizam marca-passo cardíaco, no momento atual, as literaturas nos instruem que portadores de MP são contraindicadas a realizar exames de RM, esta colocação também é descrita por Nobrega, (2015, p. 26), assegurando que, a ressonância não está indicada na presença de cliques e marca-passo. Porém, estas afirmações, podem mudar de forma global em virtude da prática de testes feitos em pacientes com marca-passo observando parâmetros e protocolos específicos para estes casos nos setores de ressonância magnética. Estudos como de Westbrook (2013, p. 310), garantem que, atualmente, pode ser aceitável a

varredura de um sistema de RM em determinados pacientes [...]. Se o benefício supera o risco, pode ser aceitável realizar a aquisição de imagens [...].

A interação do marca-passo com o campo magnético impede que os portadores do dispositivo adentrem a sala de exame. Maldonado (2006), explica que, a contraindicação de pacientes nos serviços de ressonância, estão relacionados à interação do produto com o campo magnético, que podem acarretar alguns danos como “queimação” precordial, a presença de arritmia e a mudança no limiar de comando do MP podem ser atribuídas ao aquecimento e à vibração do sistema de eletrodos provocados pela energia de radiofrequência. Todavia, esta relação é relevante e pode ser reconsiderada em casos isolados para a medicina, se tornando bastante significativa para o público dependente ou não dependente do MP para sua subsistência, Westbrook (2013), relata que, “algumas instituições conseguiram realizar a aquisição de imagens de pacientes de marca-passo não dependentes sem incidentes”. Estes estudos ampliam o número de possibilidades à diagnóstico e tratamento de doenças cardiovasculares nos casos em que se necessita de marca-passo cardíaco implantável. Pois, certamente estes pacientes precisarão realizar uma ressonância durante sua vida após o implante do dispositivo, em virtude disso Kodali *et al* (2013), “Estima que até 75% dos pacientes com marca-passo irão desenvolver pelo menos uma indicação para um estudo de ressonância magnética após a implantação do seu dispositivo”. Esta necessidade influencia a engenharia biomédica na construção de dispositivos cada vez mais compatíveis com as necessidades da medicina.

Pacientes com determinados dispositivos cardíacos podem realizar exames de ressonância magnética com segurança. Porém, Westbrook (2013, p. 310), ressalta que, “para não haver risco de incidir em erro, no entanto, a maior parte dos centros médicos ainda não faz a varredura de pacientes portadores de marca-passo”. Após assegurar que exames podem ser executados, outros fatores importantes são levados em consideração, como estado emocional e condição física do paciente, afim de que o procedimento possa ser concluído. De acordo com Nobrega (2012), é obrigatório observar e manter comunicação para que acidentes no interior da sala de exames sejam minimizados tanto quanto possível. Westbrook (2008), reforça que, a principal garantia de segurança do

paciente em qualquer centro de RM é apresentar um protocolo rigoroso de rastreamento, evitando a entrada de alguns materiais na sala.

Muitos pacientes não são autorizados a realizar procedimentos de RM, devido a presença de alguns materiais contidas nos marca-passos, paralelo a isso, para esclarecer a diferença de dispositivos anteriores com versões atuais Kodali (2013), comprova que, o design engloba várias melhorias consideradas seguras para as condições pré-específicas de ressonância magnética. Através dessas melhorias, na relação dos pacientes portadores de marca-passos com os setores de RM, futuramente os exames se tornarão aceitáveis.

Exames de ressonância magnética em portadores de marca-passos são realizados em campos magnéticos considerados altos que variam de 0,5, 1,5 a 3T de potência. Estes procedimentos podem ser comprovados por Sommer *et al* (2006), onde “82 pacientes com marca-passos foram submetidos a um total de 115 exames de ressonância magnética a 1,5T”, assim também para Gimbel (2008), “Os pacientes com dispositivo podem ser submetidos a exames de ressonância magnética 3T cuidadosamente preparados”. Quanto a possibilidades de se realizar estes exames em campos superiores, a engenharia biomédica estuda constantemente para obter avanços significativos. Uma vez que por inúmeras razões “Vivemos na era da impermanência, em que os avanços científico-tecnológicos, se sucedem com espantosa rapidez [...]”. (SANVITO, 2012, p. 634).

Não é possível afirmar a existência de marca-passos compatível com sistemas de RM superiores a 3T, porém, mantem-se as conclusões discurridas de que o dispositivo cardíaco implantável compatível com potências de até 3T é o que o mercado pode oferecer de mais atual para a ressonância cardiovascular. Em relação a isso, Nibeker (2002), afirma que “a engenharia contribuiu para a cardiologia de várias maneiras. Uma das criações que mais atraíram atenção foi o marca-passos cardíaco”. Estas contribuições estreitam cada vez mais a relação do paciente portador de marca-passos e setores de ressonância magnética. Embora esta realidade seja observada em poucos centros. Levando em consideração estas situações Westbrook (2013, p. 310), assegura que, se determinada instituição pretende fazer a varredura de um paciente com marca-passos cardíaco, são vários os critérios específicos a serem observados [...].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebendo que no Brasil há uma escassez na produção de pesquisas que abordam a relação, do paciente portador de marca-passo com serviços de ressonância magnética e que isto não é bom para a comunidade científica brasileira, decidiu-se então, realizar um apanhado em materiais que abordam uma reavaliação analisada quanto a importância e necessidade de pacientes com marca-passo realizarem exames em setores ressonância magnética. São encontrados poucos testes realizados no Brasil, não obstante, há um elevado número pesquisas produzidas em outros países, esta realidade exigiu interpretações minuciosas em suas leituras e traduções aprofundadas. A atenção quanto aos procedimentos de segurança foi levada em consideração obrigatoriamente, respeitando parâmetros de RM para montar protocolos que possibilitassem total segurança dos pacientes.

É de suma importância atentar-se às questões de segurança que regem ambientes de RM. É comum encontrarmos avisos fixados nas portas dos setores de ressonâncias, orientando quanto a evitar que objetos ferromagnéticos possam adentrar o ambiente, estes objetos possuem um poder atração pelo campo, em virtude disso, é necessário estudar os princípios de segurança na RM para entender como os dispositivos cardíacos em especial os marca-passos interagem com o campo magnético, sempre relacionando as interferências que podem resultar danos ao marca-passo objetivando proteger o paciente. Com o tempo o marca-passo obteve melhorias significativas frente a procedimentos MRI, mas isso não é tratado em forma padronizada, isto é, muitos centros não realizam esta prática, pois é necessário conhecimento quanto à extensão desses impactos. Outros requisitos devem ser adotados, para isso é importante o acompanhamento do paciente, frente a anamneses, fabricante do MP, ano de fabricação, e entre outros requisitos de segurança impostos pelos equipamentos RM.

A tecnologia contida no MRI TM SureScan TM é uma novidade bastante relevante para as pessoas que utilizam marca-passo cardíaco. Este modelo possibilita a realização de exames em equipamentos de RM com até 3T de potência. Nas últimas décadas a

engenharia biomédica vem atualizando a produção de marca-passo, aderindo a necessidades impostas por ambientes cotidianos e principalmente pelos serviços de saúde.

Realizar exames de ressonância em portadores de marca-passo é uma prática normalmente reavaliada e bastante comum em outros países. Não obstante, é perceptível que em pouco tempo estes procedimentos serão realidade mundialmente.

REFERÊNCIAS

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; DA SILVA, Roberto. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHRISTIANI, Luiz Alberto. **Ressonância Magnética Em Cardiopediatria**. Hospital Universitário Pedro Ernesto e Hospital São Vicente de Paulo. Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: < <http://www.rbconline.org.br/wp-content/uploads/img1.pdf>>. Acesso em: 25 mai 2017.

FERREIRA, Álvaro S. A.; PIVOTTO, Luiz G.; HORVATH Ada R. **Interferências Eletromagnéticas em Portadores de Marca-passo**. Revista Brasileira de Marca-passo e Arritmia, 2006. Disponível em: < www.relampa.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=609&nomeArquivo=01-01-06.pdf>. Acesso em: 04 abr 2017.

FILHO, Mário Ypiranga Monteiro. **Interferências nos Marca-passos Cardíacos**. Revista Brasileira de Cardiologia. Médico responsável pelo Ambulatório de Marca-passo do Hospital de Servidores do Estado do Rio de Janeiro – RJ, 2002. Disponível em: < <http://www.rbconline.org.br/artigo/interferencias-nos-marcapassos-cardiacos/>>. Acesso em: 18 mai 2017.

GIMBEL, J. Rod. **Ressonância Magnética de Dispositivo Cardíacos Implantáveis em 3,0 tesla**. MD Divulgações Pacing Clin Electrophysiol. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2008.01117.x>>. Acesso em 18 de jun 2017.

GOLDSHER, Doroth ; NAZARIAN, S; HANSFORD, R; ZVIMAN, Menekhem M. ; LARDO, Albert C. **Uma Avaliação Prospectiva De Um Protocolo Para Imagens De Ressonância Magnética De Pacientes Com Implantes De Dispositivos Cardíacos**. Universidade Johns Hopkins, Baltimore, Maryland e Rambam Medical Center, 2010. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4337840/>>. Acesso em 12 mai 2017.

GOMES, Cândido Rodrigues Martins. **Experiência Clínica e Evolução dos Marca-passos Cardíacos Responsivos Controlados pelo Sistema Nervoso Autônomo**.

Hospital Anchieta (InCor Taguatinga), Hospital Santa Lúcia (Cardiocentro) e Hospital de Base de Brasília. Revista Brasileira de Marca-passo e Arritmia. Brasília – DF, 2001. Disponível em: < www.relampa.org.br/detalhe_artigo.asp?id=325>. Acesso em: 15 mar 2017.

GÖTTE, MJW; RÜSSEL, IK; ROEST, VELDKAMP, RF, GJ de; KNAAPEN, P.; ALLAART, CP ; ALLAART, AC van ROSSUM. **Ressonância magnética, marca-passos e cardioversor desfibriladores implantáveis: situação atual e perspectiva clínica.** Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2810033/>>. Acesso em: 23 mai 2017.

KODALI, Santhisri; BAHAR, Alex; SHAH, Dipan. **Segurança de MRIs em Pacientes com Marca-passos e Desfibriladores.** Methodist DeBakey Cardiovascular Journal. 2013. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3782320/>>. Data de acesso: 15 mar 2017.

MALDONADO, Jaime Giovany Arnez; MADURO, Simão Gonçalves; ALBUQUERQUE, Karina Rabelo de. **Ressonância Magnética em Paciente Portadora de Marcapasso.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia - Volume 84, Manaus – AM, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/abc/v84n5/a14v84n5.pdf>>. Acesso em: 11 abr 2017.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica.** Ed. 7, editora atlas, São Paulo, 2010.

LOEWY, J; LOEWY, A; KENDAL, EJ. **Reconsiderações de marca-passo e RM.** 2004. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15371606>>. Data de acesso: 13 abr 2017.

NIBEKER, Frederik. **50 Anos de Engenharia da IEEE nas Sociedades de Medicina e Biologia e a Emergência de uma Nova Disciplina.** Conquistas realizadas na engenharia biomédica. 2002. Disponível em: < http://ethw.org/w/images/2/29/Embs_1.pdf>. Acesso em: 01 mar 2017.

NÓBREGA, Almir Inácio da. **Tecnologia Radiológica e Diagnóstico por Imagem.** Serie Curso de Radiologia, 5. Ed. Difusão Editora, São Caetano do Sul-SP, 2012.

_____. **Técnicas em Ressonância Magnética Nuclear.** Serie Tecnologia em Radiologia Medica, Ed, Editora Atheneu/Centro Universitário São Camilo. São Paulo - SP, 2006.

NORDBECK, Peter et al. **Medição de Curvas Induzidas por RF dentro dos Implantes: Impacto Da Configuração do Dispositivo de Ressonância Magnética Marca-passos.** Pagina NCBI. 2009. Disponível em:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19132759>> . acesso em: 19 mai 2017.

SANVITO, Wilson Luiz; RASSLAN, Zied. **Os Paradoxos da Medicina Contemporânea**. Revista Associação Médica Brasileira, Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo – SP, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v58n6/v58n6a02.pdf>>. Acesso em: 22 mai 2017.

SOMMER, Torsten; NAEHLE, Claas P.; YANG, Alexandre; ZEIJLEMAKER, Volkert; HACKENBROCH, Matthias; SCHMIEDEL, Alexandra; MEYER, Carsten; STRACH, Katharina; SKOWASCH, Dirk; VAHLHAUS, Christian; LITT, Harold; SCHILD, Hans. **Estratégia para Desempenho Seguro da Imagem de Ressonância Magnética Extratorácica em 1,5 Tesla na Presença de Marca-passos Cardíacos em Pacientes não Dependentes de Marca-passo**. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3219582/>>. Acesso em: 27 mai 2017.

ST. Jude Medical. **Revista Eletrônica**. Celebrando 50 anos da Tecnologia de Marca-passos; Linha do Tempo do Marca-passo. Disponível em: <http://br.sjm.com/Empresa/Celebrando50AnosMarcapasso_LinhaTempo>. Acesso em: 30 abr 2017 às 13:20 horas.

RIBEIRO, José Carlos. **Princípios Básicos da Estimulação Cardíaca Artificial**. Revista Brasileira de Cardiologia. Volume XV, Rio de Janeiro – RJ, 2002. Disponível em: <http://www.rbconline.org.br/wp-content/uploads/a2002_v15_n02_art01.pdf>. Acesso em: 17 mai 2017.

WESTBROOK, Catherine, ROTH, Caroline Kaut, TALBOT, John. **Ressonância Magnética: Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro – RJ, Guanabara Koogan, ed. 4, 2013.

WESTBROOK, Catherine. **Manual de Técnicas de Ressonância Magnética**. Editora Guanabara Koogan, ed. 2, Rio de Janeiro – RJ, 2008.