Considerações Básicas das Propriedades Físicas Magnéticas - Uma Aplicação em Computadores

REVISTA ELETRÔNICA MULTIDISCIPLINAR
UNIFACEAR

Armando Heilmann; Elielton Matias da Silva; Joice Cristine Schuhmann

Universidade Federal do Paraná
Departamento de Engenharia Elétrica

RESUMO
O atual artigo é um resgate bibliográfico que tem a finalidade de apresentar de forma resumida num único artigo, as propriedades magnéticas dos materiais, que é um fenômeno de ordem elétrica relacionada a uma carga em movimento, tendo sua origem na estrutura dos átomos que se comportam como dipolos naturais e são considerados pequenos ímãs. Há dois movimentos a nível atômico que explicam a origem do Momento Dipolar Magnético de Spin e o Momento Dipolar Magnético de Orbital, até o comportamento dos materiais diante de um campo magnético externo. É abordado também a classificação dos materiais e suas influências, como temperatura, Curva de Histerese, permeabilidade e susceptibilidade magnética. E a grande relevância deste resgate bibliográfico, está nas principais aplicações dos materiais magnéticos, utilizados no mundo tecnológico, sendo os ferromagnéticos os mais importantes, pois suas peculiaridades se aplicam em diferentes dispositivos, como: transformadores de potência, alto-falantes, motores, geradores, porém estudo abordaremos as aplicações em computadores.

Palavras – Chave: Magnetismo, Propriedades Magnéticas, Computadores

ABSTRACT
The present article is a bibliographical research whose purpose is to briefly expose in a single article the magnetic properties of materials, which is an electrical phenomenon related to a moving charge that has its origin in the structure of atoms which behave as natural dipoles and are considered small magnets. There are two atomic-level movements that explain the origin of the Spin Magnetic Dipole Moment and the Magnetic Dipole Moment of Orbital, to the behavior of the materials before an external magnetic field. In the article the classification of the materials and their influences, such as temperature, Hysteresis Curve, permeability and magnetic susceptibility are also discussed. And the great relevance of this bibliographic rescue is in the main applications of magnetic materials, used in the technological world, being ferromagnetic the most important, because its peculiarities are applied in different devices, such as: power transformers, loudspeakers, motors, generators , however we will study the applications in computers.

Key Words: Magnetism, Magnetic Properties, Computers.

1. INTRODUÇÃO

O Magnetismo e a parte da física que estuda os materiais magnéticos, e que boa parte deles sofrem atração e repulsão. Neste campo de estudo, muito se faz presente a

análise das propriedades magnéticas dos materiais, já que estão presentes em várias substâncias, e elas se subdividem em: Ferromagnética, Paramagnética e Diamagnética.

Para classificar as substâncias, é necessário conceito que as definem, tais como a forma que reage cada substância na presença de um Campo Magnético, análise da curva de histerese, do Ponto de Curie bem como a Permeabilidade magnética. Este artigo, então tem como objetivo o estudo das propriedades magnéticas dos materiais como um todo, abrangendo, desde as partes mais básicas da Física até os efeitos em que o Magnetismo causa aos materiais e como eles são classificados.

A metodologia de pesquisa a ser utilizada como base para as discussões a serem expostas neste artigo será a pesquisa bibliográfica, que, conforme explica (BARROS e LEHFELD, 2000), “em termos gerais, são consideradas pesquisas teóricas aquelas que têm por finalidade o conhecer ou aprofundar conhecimentos e discussões”. Para isto, serão realizadas consultas em livros, artigos, monografias, jornais, enciclopédias, buscando, assim, compreender e ampliar a discussão sobre as propriedades magnéticas dos materiais.

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

De acordo com (TALES DE MILETO, 624 a.c. – 558 a.c., filosofo, matemático e astrônomo grego), “de maneira simplificada, pode-se dizer que Magnetismo é um fenômeno pelo qual os materiais exercem forças (de atração e de repulsão) uns sobre os outros. Esta definição, embora útil e pratica, apresenta algumas limitações. Por exemplo, o estado magnético de um material não é constante e pode ser alterado de diversas maneiras.”

O fato de os materiais se atraírem ou se repelirem não significa que, de fato, sejam magnéticos, haja vista que podem ser, por exemplo, eletrostáticos. Segundo o que explica (L. C. PINHO, 2009), “alguns materiais são inerentemente magnéticos, isto é, podem gerar um campo magnético sem a presença de uma corrente elétrica macroscópica”.

A propriedade magnética dos materiais tem sua origem na estrutura eletrônica dos átomos, e a associação do elétron que explica a origem dos momentos magnéticos: o momento angular orbital do elétron, e o momento angular do “spin” do elétron, conforme demonstrado na Imagem 1. Estes momentos magnéticos serão melhores discutidos na seção 2.3.

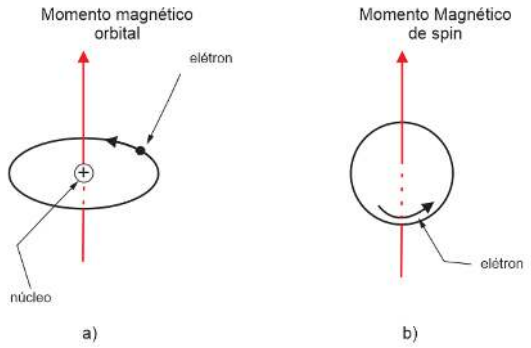

FIGURA 1 - ORIGEM DOS MOMENTOS MAGNÉTICOS A) MOMENTO MAGNÉTICO ORBITAL; B) MOMENTO MAGNÉTICO DE SPIN
FONTE: ADAPTADO DE A.F. PADILHA. 2000

2.1 Campo Magnético

Conforme o exposto por (A. F. PADILHA, 2000), “as forças magnéticas aparecem quando as partículas eletricamente carregadas (não neutras) se movimentam. Frequentemente, é conveniente raciocinar em termos de campo magnético e linhas de força (imaginarias) podem ser traçadas indicando a distribuição do campo magnético”.

As linhas de campo magnético podem estar presentes tanto no entorno de um condutor que por ele passe corrente elétrica, quanto pelos polos de um ímã. No caso do ímã, saem do polo norte deste ímã e entram no polo sul. Neste caso, é importante, ressaltar que não é possível separar os polos, já que cada “pedaço” de ímã apresenta os polos norte e sul. O autor explica que o vetor H é utilizado para definir a intensidade do campo magnético ou a força do campo magnético, sendo expresso em Ampere por metro (A/m).

Através do Campo Magnético, que pode ser representado através de linhas, calcula-se a Densidade de Fluxo que atravessa uma área, tendo, então a grandeza Densidade de Fluxo Magnético (B).

A relação entre a densidade de fluxo magnético (B) e o campo magnético aplicado (H) pode ser calculada conforme a Equação 1.

$$B = \mu . H \qquad (1)$$

Onde B é a densidade de fluxo magnético [Wb/m2] ou [T] , μ é a Permeabilidade Magnética, [H / m], e H é o Campo Magnético [A/m].

A densidade de fluxo magnético também é chamada de indução magnética, pois além do vetor campo magnético, existe no campo magnético uma outra grandeza vetorial, que desempenha papel importantíssimo em muitos fenômenos eletromagnéticos.

2.2 Permeabilidade Magnética

“ A permeabilidade é o parâmetro mais importante para os materiais magnéticos macios uma vez que indica a quantidade de indução magnética que é gerada por um material quando colocado sob a ação de um determinado campo magnético” (L. C. PINHO, 2009).

O autor ainda explica que, no caso de um material ferromagnético, a permeabilidade magnética não é constante, já que varia quando este material sofre magnetização.

A permeabilidade magnética relativa (μ_r) pode ser relacionada com a permeabilidade magnética no vácuo [$4 . \pi \text{ x } 10^7 \left(T.\frac{m}{A} ou \frac{H}{m}\right)$], pela equação 2.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \tag{2}$$

Na tabela 1, são apresentadas a permeabilidade magnética relativa (μ_r) de alguns materiais.

TABELA 1 – PERMEABILIDADE MAGNÉTICA RELATIVA DOS MATERIAIS

MATERIAL	COMPOSIÇÃO	PERMEABILIDADE RELATIVA
Ferro “puro’	0,1% de impureza	$0{,}5.10^3$
Aço ao Silício	4,25 % Si	$1{,}5.10^3$
“Suppermalloy”	79% Ni, 16% Fe, 5% Mo	1.10^4
Ferrita Cerâmica	(Mn, Zn) Fe2O4	$1{,}5.10^3$
Ferrita Cerâmica	(Ni,Zn) Fe2O4	$0{,}3.10^3$

FONTE: ADAPTADO DE (A.F. PADILHA. 2000)

A figura 2 mostra o gráfico da curva de magnetização, na qual mostra como responde a Indução Magnética (B) diante do campo Magnético. É importante ressaltar que essa resposta está limitada a permeabilidade magnética máxima e mínima.

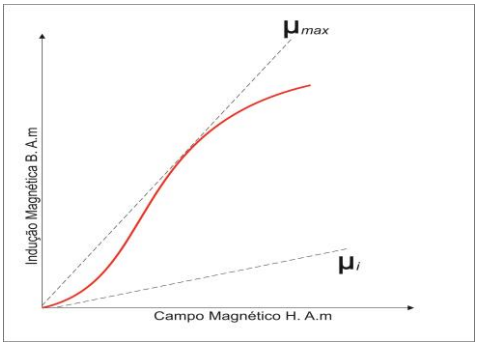

FIGURA 2 – COMPORTAMENTO DA INDUÇÃO MAGNÉTICA X CAMPO MAGNÉTICO
FONTE: AUTORES (2018)

2.3 Momentos Magnéticos

Nos átomos, cada elétron possui um momento magnético, sendo um positivo e outro negativo. Esse momento magnético, conforme explica (L. C. PINHO, 2009), é "a força do campo magnético associada ao elétron.

O autor explica que na maioria dos átomos há o emparelhamento de elétrons, anulando, então os momentos magnéticos.

2.3.1 Momento Dipolar Magnético de Spin

Segundo o que explica (HALLIDAY, D. e RESNICK, R., 2009), "um elétron possui um momento angular intrínseco, conhecido como momento angular de spin, que associado a este momento, existe um momento dipolar magnético". O momento angular de spin (S) e o momento dipolar magnético de spin (μs), estão relacionados segundo a equação 3.

$$\mu_s = \frac{e}{m} . S \tag{3}$$

Este momento angular de spin (S), assume apenas valores discretos, sendo, no caso do elétron, apenas dois valores divergindo um do outro pelo sinal. O mesmo ocorre para o momento dipolar magnético de spin (μ_s), conforme destaca (HALLIDAY, D. RESNICK, R., 2009), a medida deve ser feita apenas de uma componente e, no caso, se for escolhida a componente z, na equação 4, μ_s fica:

$$\mu_{sz} = \frac{e}{m_e} . S_z \tag{4}$$

A componente S_z, então assume os valores presentes na equação 5.

$$S_z = m_s \cdot \frac{h}{2\pi} \quad (5)$$

Onde m_s é o numero quântico magnético de spin ($\pm\frac{1}{2}$), h é a constante de Planck (6,62607004 x 10^{-34} m^2kg/s), e é a carga do elétron (1,602 x 10^{-19} C), m_e é a massa do elétron (9,10938356 x 10^{22} microgramas).

Substituindo a equação 5 na equação 4, o valor do número quântico magnético de spin, se obtém, a equação 6.

$$\mu_{sz} = \pm \frac{e.h}{4.\pi.m_e} = 9{,}27.10^{-24}\frac{J}{T} \quad (6)$$

Esta relação é muito útil, já que todas as demais partículas elementares, o momento dipolar magnético pode ser calculado em termos dela. No caso do elétron, o valor absoluto da componente, medida de $\mu_s$na direção z, corresponde a 1 μ_B.

2.3.2 Momento Dipolar Magnético Orbital

Além do momento dipolar magnético de Spin, os elétrons, segundo (HALLIDAY, D. e RESNICK, R. , 2009) possuem um momento angular adicional, chamado momento angular orbital. Para o momento angular de orbital (L_{orb}), da mesma forma que para, o momento angular de spin, existe um momento magnético dipolar orbital, (μ_{orb}), que são relacionados segundo a equação 7.

$$\mu_{orb} = -\frac{e}{2\,m_e} \cdot L_{orb} \quad (7)$$

Este momento angular de orbital (L_{orb}), segundo (HALLIDAY, D. e RESNICK, R. , 2009) também assume apenas valores discretos, sendo no caso do elétron, apenas dois valores, também divergindo um do outro pelo sinal. O mesmo ocorre para o momento dipolar magnético de spin (μ_s) e assume os valores conforme a equação 8.

$$L_{orb} = -m_l \cdot \frac{h}{2.\pi} \quad (8)$$

Sendo m_1 o numero quântico magnético orbital, que assume os valores de $\pm 1 \pm 2 \ldots \pm (limite)$. Os sinais $\pm$ representam o sentido de L_{orb} com relação ao eixo z.

Substituindo a equação 8 na equação 7, e o valor do momento magnético dipolar orbital, se obtém a equação 9.

$$\mu_{orbz} = -m_1 \frac{e.h}{4.\pi\, m_e} \quad (9)$$

O momento magnético dipolar de orbital também pode ser relacionado ao "Magneton de Bohr", conforme equação 10:

$$\mu_{orbz} = -m_1 \mu_B \quad (10)$$

Quando um elétron sofre a ação do momento de um campo magnético externo, (W. H. HAYT, 2013) explica que, o momento do elétron tende a alinhar o campo magnético produzido pelo elétron com o campo magnético externo"

Sempre que um material entra em contato com um campo magnético o momento de dipolo magnético contribui para a resposta ao campo magnético. Sendo assim a indução magnética B, é descrita pela equação 11.

$$B = B_o + B_m \quad (11)$$

O material é magnetizado somente quando o campo magnético externo se alinha aos momentos magnéticos dipolares dentro do material. Para materiais paramagnéticos e ferromagnéticos, na mesma direção e para materiais diamagnéticos, é contrário.

No caso de um material ferromagnético, ou ferrimagnético, quando há elétrons desemparelhados, o momento dipolar criado pode ser calculado pela equação 7.

2.4 Comportamento Magnético

Existem diferentes comportamentos dos materiais na presença de um Campo Magnético externo, e segundo esses comportamentos os materiais magnéticos podem ser classificados em:

- Materiais Diamagnéticos
- Materiais Paramagnéticos
- Materiais Ferromagnéticos
- Materiais Antiferromagnéticos
- Materiais Ferrimagnéticos

As substancias ferromagnéticas são fortemente atraídas pelos imas. Já as substancias paramagnéticas e diamagnéticas são, na maioria das vezes, denominadas de substancias não magnéticas, pois seus efeitos são muito pequenos quando sobre a influência de um campo magnético.

2.5 Materiais Diamagnéticos

Em 1908, o holandês Heike Kamerlingh Onnes descobriu que para uma temperatura diferente de zero absoluto, a resistividade elétrica de alguns materiais era nula. E em 1933, Meissner e Ochsenfeld descobriram o diamagnetismo perfeito, ou seja, que quando um campo magnético externo é aplicado em um material que está em estado de condução, ele é expelido para fora do material, por possuírem uma ligação fraca de magnetismo, que só persiste enquanto um campo magnético externo estiver aplicado. Na ausência de campo externo, os átomos de um material diamagnético têm momento nula, o que torna este material muito fraco.

Ao se considerar os materiais diamagnéticos como aqueles em que o momento magnético permanente de cada átomo é nulo, (W. H. HAYT, 2013) explica que “pode se pensar que um campo magnético externo não alinha os campos do dipolo e nem produz momentos no átomo, porém ao analisar um elétron em orbita, percebe-se que para que se mantenha o equilíbrio entre a força magnética, ou o momento deve estar alinhado ao campo magnético aplicado, ou então deve estar oposto.

Assim, em materiais diamagnéticos tem se o alinhamento entre o momento magnético do átomo e o campo externo.

Assim ao aplicar um campo magnético externo, o movimento do elétron permanece na mesma orbita, mas a sua velocidade é alterada conforme as equações 12 e 13.

$$F_e = \frac{m.vo^2}{R} \tag{12}$$

$$\frac{m.v^2}{R} = \frac{m.vo^2}{R} \pm evB \tag{13}$$

Segundo o que explica (A. F. PADILHA, 2000), “o diamagnetismo é uma forma fraca de magnetismo, que só persiste na presença de um campo externo”. O autor ainda considera que todos os materiais possuem diamagnetismo, mas que não é percebida porque maioria dos materiais possuem outras formas de magnetismo. As configurações dos dipolos dos átomos em materiais diamagnéticos podem ser visualizadas na figura 3.

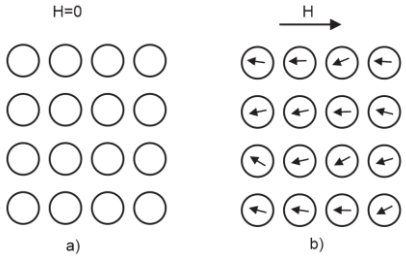

FIGURA 3 - CONFIGURAÇÕES DE DIPOLOS EM UM MATERIAL DIAMAGNÉTICO A) NA AUSÊNCIA DE CAMPO EXTERNO; B) COM CAMPO EXTERNO APLICADO.
FONTE: ADAPTADA PELOS AUTORES (2018)

Assim os materiais chamados diamagnéticos são aqueles que não possuem dipolos magnéticos permanentes, pois seus átomos possuem camadas eletrônicas completas. Os gases nobres, como He, Ne, Ar, Kr, Xe são exemplos de materiais diamagnéticos, bem como os compostos como o NaCl, KBr e LiF por possuírem camadas completas. E a susceptibilidade magnética destes materiais não varia com a temperatura, e não possuem temperatura crítica.

2.6 Materiais Paramagnéticos

No caso dos materiais Paramagnéticos, os momentos magnéticos dos elétrons não são nulos, porém, estão desorientados e possuem momentos fracos. Assim que os elétrons sofrem ação de um campo magnético externo, o momento magnético tem a tendência de se alinhar de forma paralela com um campo magnético externo, tornando assim sua susceptibilidade positiva, e isso faz com que os materiais paramagnéticos possuam dipolos magnéticos permanentes. Os valores de susceptibilidade magnética podem variar com a mudança de temperatura. Porém, este efeito, assim como nos materiais diamagnéticos, causam uma susceptibilidade magnética fraca, e, assim que o campo magnético externo cessa sua ação, o efeito magnético no átomo também se interrompe.

Segundo o que explica (W. H. HAYT, 2013), “são exemplos de substancias paramagnéticas o potássio, o oxigênio, elementos raros e alguns de seus sais, como cloreto de érbio, oxido de ítrio”.

Na figura 4 estão representadas de forma esquemática os dipolos magnéticos em um material paramagnético. Este tipo de material magnético possui átomos individuais, ou seja, sua orientação resulta em magnetização nula. Exemplos de materiais paramagnéticos são os metais, gases diatômicos, íons de matais de transição, terras raras e seus sais e óxidos de terras raras.

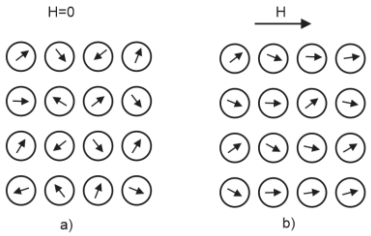

FIGURA 4-CONFIGURAÇÃO DE DIPOLOS EM UM MATERIAL PARAMAGNÉTICO A) NA AUSÊNCIA DE CAMPO EXTERNO; B) COM CAMPO EXTERNO APLICADO
FONTE: ADAPTADA PELOS AUTORES (2018)

2.7 Materiais Ferromagnéticos

Os materiais ferromagnéticos assim como os paramagnéticos ocorrem nos átomos que possuem momentos de dipolo magnéticos resultantes permanentes. O que diferencia os materiais ferromagnéticos dos paramagnéticos é que nos primeiros existe uma forte interação entre momentos de dipolo atômicos vizinhos que os mantem alinhados, mesmo quando o campo magnético externo é removido. Os materiais ferromagnéticos concentram linhas de forca magnética, e seu domínio e ordenado na mesma direção e sentido, ou seja, os materiais passam a ter uma magnetização não nula, pois mesmo que o campo externo seja desligado, a amostra ainda apresentara uma magnetização não nula. Os principais exemplos de materiais ferromagnéticos são: ferro (CCC), cobalto, níquel e gadolínio, algumas ligas e compostos de manganês. A temperatura a partir da qual um material ferromagnético passa a ser paramagnético é denominada temperatura de Curie e o aquecimento acima da temperatura Curie, destrói a magnetização permanente. As configurações dos dipolos dos átomos em materiais ferromagnéticos podem ser visualizadas na figura 5.

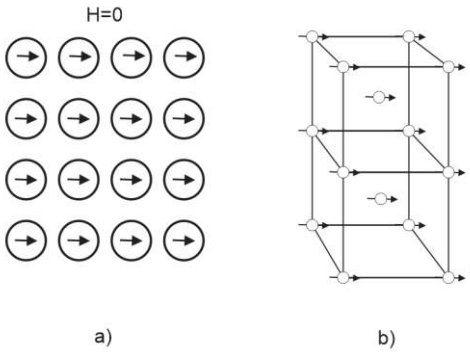

FIGURA 5 - CONFIGURAÇÃO DE DIPOLOS EM UM MATERIAL FERROMAGNÉTICO
FONTE: ADAPTADA PELOS AUTORES (2018)

2.7.1 Lei de Curie

Os materiais paramagnéticos, segundo (A. F. PADILHA, 2000), apresentam susceptibilidade magnética (X_m) na ordem de 10^{-5} a 10^{-3}. Esta susceptibilidade é influenciada pela temperatura. Assim, um ímã, quando aquecido, perde suas propriedades magnéticas, pois o calor provoca um desarranjo na disposição de suas partículas, e com isso os condutores perdem as suas propriedades magnéticas. A temperatura em que os materiais perdem suas propriedades ferromagnéticas é denominada Temperatura de Curie, ou seja, os materiais tendem a se tornar cada vez mais magnéticos enquanto o campo magnético aumentar, e cada vez menos magnéticos ao aumentar a temperatura, conforme mostra as equações 14 e 15.

$$X_E = \frac{C}{T} \tag{14}$$

$$B_M = \frac{C}{T}.B_O \tag{15}$$

Onde $B_{M:}$ é a magnetização resultante, B_o é a densidade de fluxo magnético do campo aplicado, T é a temperatura absoluta e C é a constante especifica de cada material (Constante de Curie).

2.7.2 Histerese Ferromagnética

A histerese (que significa “atraso”) é a tendência de um material conservar suas propriedades na ausência de um estimulo que as gerou. A Histerese ferromagnética ocorre quando uma substancia fica sujeita a uma alteração de magnetização, gerando perda de energia que se transforma em calor, e que é proporcional a área do ciclo de histerese sempre que ele for percorrido. Diferentes processos atuam ao longo da curva de magnetização e de histerese, mas os principais são a movimentação de paredes e a rotação de domínios.

A figura 6 mostra o gráfico de histerese. Enquanto aumenta o campo, a um valor H do campo corresponde ao valor I da imantação. Se, a partir do valor de saturação H_s, diminui o campo até que ele se anule, a curva de volta não é PO mas, é PI_r . De maneira que, para o mesmo valor H do campo a imantação tem o valor I’ maior do que I. Quando o campo é anulado, a imantação se mantém com um valor I_r.

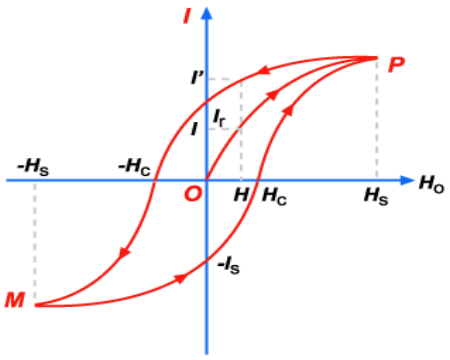

FIGURA 6 - CURVA DE HISTERESE (INDUÇÃO MAGNÉTICA X CAMPO APLICADO)
FONTE: E-FISICA USP.

Caso queira se retirar a imantação I_r da a substância, precisa-se aplicar um campo magnético em sentido oposto. Quando o campo atingir certo valor, $-H_c$, a imantação se anula. Caso aumente ainda mais este campo no sentido oposto, a imantação crescerá novamente, mas em sentido oposto até atingir novamente a saturação.

O fenômeno de histerese e a magnetização permanente podem ser explicados em termos de deslocamento dos domínios. Com a reversão do campo de saturação, o processo de mudança dos domínios é invertido.

Primeiramente, existe uma reação do domínio único em relação ao campo revertido. Em seguida, são formados domínios que possuem momentos magnéticos alinhados com o campo atual, e crescem à custa dos domínios originais. Há, no entanto, uma resistência do movimento das paredes do domínio – isso causa a defasagem entre B e H ou a histerese.

2.8 Materiais Ferrimagnéticos

O ferrimagnetismo é um fenômeno que produz a ordenação magnética de todos os momentos magnéticos alinhando os na mesma direção.

Alguns deles estão opostos e se anulam entre si, no entanto, estes momentos que se anulam estão distribuídos aleatoriamente e não conseguem anular por completo a magnetização espontânea.

As características macroscópicas do ferromagnetismo e do ferrimagnetismo são similares as diferenças encontram-se na origem do momento magnético, conforme demostra a figura 7. Eles também apresentam a temperatura de Curie, e a susceptibilidade magnética é semelhante ao dos ferromagnéticos, bem como o fato de diminuir com o aumento da temperatura, conforme equação 16.

$$X_m = \frac{C}{T \pm \theta} \quad (16)$$

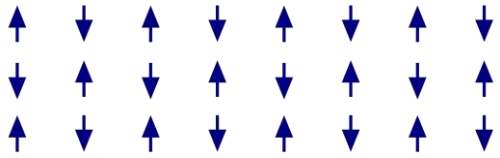

FIGURA 7 – ORDENAMENTO ANTIFERROMAGNETISMO
FONTE: FONTE: A.F. PADILHA. 2000

2.9 Materiais Antiferromagnéticos

Os materiais antiferrimagnéticos, segundo o que descreve (PADILHA, 2000), “é o ordenamento magnético de todos os momentos magnéticos na mesma direção, mas em sentido inversoVários compostos de metais de transição apresentam comportamento antiferromagnético: $C_o o, N_i O, M_n S, M_n S_e, C_{r2} O_3, C_u C_{12}$. ”. O autor destaca que representam temperatura critica chamada de temperatura de Néel e suas susceptibilidades magnética são da mesma ordem dos paramagnéticos.

A temperatura de Néel é a temperatura acima da qual desaparece o efeito antiferromagnético dos materiais, passando estes a comportar-se como materiais paramagnéticos. É uma propriedade especifica de cada material. A temperatura de Néel é análoga a temperatura de Curie dos materiais ferromagnéticos.

O aumento da temperatura implica em aumento da agitação dos átomos. Para os materiais ferromagnéticos e ferrimagnéticos, segundo (PADILHA, 2000) os movimentos dessa natureza causam um desalinhamento independente de campo externo. Isso resulta numa diminuição de magnetização de saturação para ambos os materiais. Quando a Temperatura de Curie (TC), cai para zero, os acoplamentos de spins são totalmente destruídos e o material passa a ser apenas paramagnético.

Os materiais ferromagnéticos e ferrimagnéticos, na temperatura de Curie, são compostos por regiões de pequeno volume, que causa alinhamento mutuo dos dipolos. Estas regiões são chamadas de domínios, e estes são separados por contornos onde a direção varia gradualmente. Em uma peça macroscópica, segundo (PADILHA, 2000), haverá um grande número de domínios e eles poderão ter orientações distintas. Com o aumento de H, B começa variando lentamente, depois varia mais rapidamente, até o nivelamento, em que se torna independente de H.

Esse valor máximo é a densidade de fluxo de saturação (B_s), e a magnetização correspondente é a já mencionada magnetização de saturação M_s. A medida que um campo H é aplicado, os domínios mudam de forma e tamanho, mediante o movimento dos contornos de domínio.

2.10 Principais Aplicações dos Materiais Magnéticos

As aplicações dos materiais magnéticos são amplas, ela se divide em materiais magnéticos convencionais e materiais emergentes, com conhecimento em eletromagnetismo e mecânica quântica. Estas áreas vão desde a tecnologia de informática baseada no magnetismo até a medicina.

Por exemplo, os materiais ferromagnéticos e ferrimagnéticos possuem uma característica única, se comparados a outros materiais, como os polímeros e cerâmicas. Eles possuem a capacidade de amplificar um campo magnético externo, o que viabiliza a existência da maioria das máquinas elétricas: motores, geradores e transformadores, telefones e computadores.

Esses materiais são muito aplicados na Engenharia de Computação, sendo que os computadores utilizam um sistema padrão binário (0 – nível lógico baixo ou 1 – nível lógico alto) e qualquer arquivo armazenado nas suas placas possui uma combinação desses bits. Se o polo norte é para cima, o bit de informação armazenado é 1, porém se o polo norte for para baixo, então um dígito binário 0 é armazenado. Assim, ao se gravar um arquivo, é feita a magnetização de um pequeno local e há a orientação para uma direção ou outra, correspondendo, assim, a nível lógico baixo ou nível lógico alto.

Para esta aplicação, materiais com "loop" de histerese, baixa remanescência, baixa magnetização de saturação e um pequeno campo coercivo são preferidos. O "loop" assegura que um bit de informação colocado no material permaneça armazenado; uma mudança abrupta na magnetização é requerida para remover a informação do local armazenado no ímã ferroso. Além disso, a magnetização é produzida por campos externos pequenos, então, o campo coercivo, a magnetização de saturação e a remanescência seriam baixos. (5)

Uma outra aplicação é no ramo biomédico, o que ainda desafia os pesquisadores, já que existem linhas de pesquisas que objetivam-se desenvolver um material ferrofluido, que permitam transportar medicamentos a vários locais do corpo através do uso de campos magnéticos.

> Conforme explica (SIMOES, L. A.; OLIVEIRA, G. G.; VALDOMIRO, J. E, 2015):
>
> Hoje é alta sua aplicabilidade tecnológica nos mais diversos tipos de dispositivos seus fenômenos são largamente utilizados no desenvolvimento de novas tecnologias, desde sistema de geração e distribuição de energia (hidrelétricas, entre outras), sistema de geração e distribuição de energia (eletrodomésticos, automóveis, aviões), eletrônicos e de telecomunicações, transdutores, sensoriamento, prospecção geológica, informática, automação industrial, medicina e a engenharia biomédica.

3. RESULTADOS

A realização deste artigo teve por objetivo principal a compreensão dos materiais magnéticos e suas aplicações, através da abordagem de vários conceitos do magnetismo, conhecidos na natureza. Buscou ampliar o entendimento de diversos fenômenos magnéticos, objeto de estudo ao qual se aplica o magnetismo, que em seu campo de pesquisa, inclui o estudo das propriedades magnéticas dos materiais, interações entre cargas em movimento, através da Força de Lorentz, e a explicação da origem dessas interações: na estrutura dos átomos, que se comportam como dipolos magnéticos.

O artigo versou sobre a influência que um campo magnético externo pode ter em diversos tipos de materiais, e como essas propriedades influenciam o processo produtivo tecnológico, e ainda como podem ser utilizadas na indústria, tal como na fabricação de equipamentos eletrônicos. Entendeu-se a importância do estudo das propriedades magnéticas dos materiais que é uma das bases das pesquisas em ciências dos materiais, ligas metálicas, suas utilizações, e a contribuição dessa área para o desenvolvimento de equipamentos com cada vez mais eficiência energética.

4. REFERÊNCIAS

PADILHA, A. F. **Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedades.** Curitiba: Editora Hemus, 2000.

PINHO, L. C. **Materiais Magnéticos e suas Aplicações.** Portugal: FEUP, 2009.

HAYT, W. H. **Eletromagnetismo.** São Paulo: Editora Bookman, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Eletromagnetismo.** Rio de Janeiro: Editora Bookman, 2009.

BARROS, J. ; LEHFELD, N. **Fundamentos de Metodologia Científica.** Rio de Janeiro: Editora Pearson, 2012.

e-fisica USP. Disponível em: http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/campo_magnetico/histerese/> . Acessado em 09 de Outubro de 2018.

SIMOES, L. A.; OLIVEIRA, G. G.; VALDOMIRO, J. E. **A Importância das Propriedades Magnéticas dos Materiais.** FEPI - Centro Universitário de Itajubá, 20 Junho 2015. Disponivel em: <www.fepi.br/revista/index.php/revista/article/view/291>. Acessado em: 16 Outubro 2018.