



Rede de Dados Móveis como Laboratório Didático para o Ensino de Eletromagnetismo

Álvaro Luiz Barbosa Pinheiro¹, Subênia Karine de Medeiros²

Resumo: A internet é uma das maiores tecnologias já inventadas pela humanidade, ela permite a conexão de pessoas a qualquer momento, independente da distância. Nas últimas décadas, desde que foi criada, a internet vem passando por aperfeiçoamentos para ficar cada vez mais rápida e suportar mais usuários enquanto mantém a alta qualidade. Nos dias de hoje, a internet é vital para manter o dia a dia das pessoas, seja no trabalho ou no lazer. Além da conexão por sinais de Radiofrequência, fibra óptica ou Wi-Fi, existe a internet móvel, presente em todos os dispositivos celulares da atualidade. A característica principal, é que essa revolucionária tecnologia se utiliza de ondas eletromagnéticas lançadas na atmosfera para que funcione. Em um curso superior de graduação Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (C&T), discentes estudam essas ondas eletromagnéticas, um assunto considerado fundamental para o curso, que antecede algumas engenharias. Este trabalho de pesquisa vem para apresentar uma proposta didática que se baseia no estudo do avanço histórico da internet móvel para o ensino de ondas eletromagnéticas.

Palavras-chave: Ondas Eletromagnéticas, Internet Móvel, Ensino, Física

1. INTRODUÇÃO

No mundo atual, tecnologias são desenvolvidas e aperfeiçoadas a todo momento para atender demandas do mundo todo, como produção de alimentos, desenvolvimento de vacinas e remédios, máquinas de produção, dentre outros. Uma delas chama bastante atenção, pois ela conecta todos e permite uma troca de informação cada vez mais rápida: a internet. A internet está presente em praticamente tudo, como um meio de armazenamento e troca de informação, permitindo que estudos e avanços científicos aconteçam mais frequentemente. Considere o seguinte exemplo, uma carta escrita no século 20 para um parente, falando sobre o cotidiano e aproveitando para desejar um feliz natal, demorou 3 semanas para chegar ao destino, nos dias de hoje, essa mesma informação contida na carta pode ser entregue quase instantaneamente, através das redes sociais e mensagens de texto.

Os meios de comunicação conquistaram uma tremenda importância no cotidiano das pessoas. Em um mundo globalizado, o tráfego de dados on-line exige uma internet cada vez mais rápida para satisfazer a demanda [1]. No final do século 20, os primeiros aparelhos celulares surgiram, marcando a primeira geração, com o objetivo de agilizar a comunicação entre usuários, independentemente de sua localização. Com o aumento do número de usuários, a primeira geração não conseguiu acompanhar a demanda crescente e foi necessário o desenvolvimento da segunda geração e, pelo mesmo motivo, a terceira [2]. Posteriormente, surgiram tecnologias como 4G e 5G, capazes de fornecer um *throughput* (vazão de dados) maior e satisfatória.

Durante sua evolução ao longo dos anos, percebemos que a internet móvel está cada vez mais rápida, isso é graças a banda larga, ou seja, a quantidade máxima de dados que podem ser transferidos durante um período. Imagine a largura da banda como uma largura de estrada onde trafegam carros em uma mesma velocidade. Em uma pista maior, mais carros chegam ao destino em um determinado período. Para os sistemas da primeira geração, hoje extinta, a frequência de operação era de 800 Mhz e 25 Mhz de banda em um sistema analógico, apenas para transmissão de voz. Para tornar o sistema mais comercial e acessível, a segunda geração (2G) migrou do analógico para o digital, adicionando o serviço de mensagens de texto (SMS), transferência de dados e internet móvel. O sistema digital é mais estável, novas formas de múltiplo acesso que melhoram a eficiência espectral, abrangem maior área de cobertura, mais imunidade a ruídos e maior acessibilidade para a população [3]. A terceira geração (3G) foi um aperfeiçoamento da segunda, possuindo os mesmos serviços com mais velocidade e menores

chances de interferência. Para a quarta geração (4G) a arquitetura foi simplificada, diminuindo o consumo de energia, mas ainda assim melhorou a transferência de dados e melhor utilização do espectro de frequência. A quinta geração (5G) oferece tudo o que o 4G tem e ainda mais serviços, maior conectividade e velocidade por volta dos Gbit/s [3].

A internet móvel e seus serviços estão muito presentes na vida cotidiana, mas dificilmente vemos alguém buscando entender como tudo isso é possível. Em um curso superior, como Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (C&T), estudantes se dedicam a compreensão das ondas eletromagnéticas, considerado um dos assuntos fundamentais para a formação. No entanto, associar os conteúdos a algo prático no seu cotidiano não é uma tarefa comum dentro das salas de aula. A proposta desse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é apresentar uma sequência didática baseada no estudo histórico dos avanços na rede de internet móvel, como laboratório didático para o ensino de ondas eletromagnéticas presentes em seus aparelhos celulares, e como esse estudo se torna eficaz para o entendimento do assunto.

2. DADOS MÓVEIS

Por meio de ondas eletromagnéticas, a rede de telefonia móvel oferece serviços de comunicação sem fio aos usuários. Com o passar do tempo, essa tecnologia veio evoluindo para suportar mais usuários e garantir que todos recebam um serviço de qualidade. Até hoje, foram cinco gerações, cada uma utiliza diferentes bandas de frequência e aumento na taxa de dados. Para tal criação e aperfeiçoamento, é necessário compreender os fenômenos físicos presentes nessas tecnologias. Durante o estudo sobre o assunto, 3 pontos merecem nossa atenção, estando presentes nas gerações (1G - 5G), são eles: a Frequência, responsável pela transferência de dados; o fenômeno de Interferência, uma característica própria das ondas, que pode atrapalhar no funcionamento dos dispositivos; e a Intensidade, que está relacionada ao alcance do sinal. Entender o papel desses 3 pontos representará uma base sólida para compreensão do funcionamento de dados móveis presentes nos celulares.

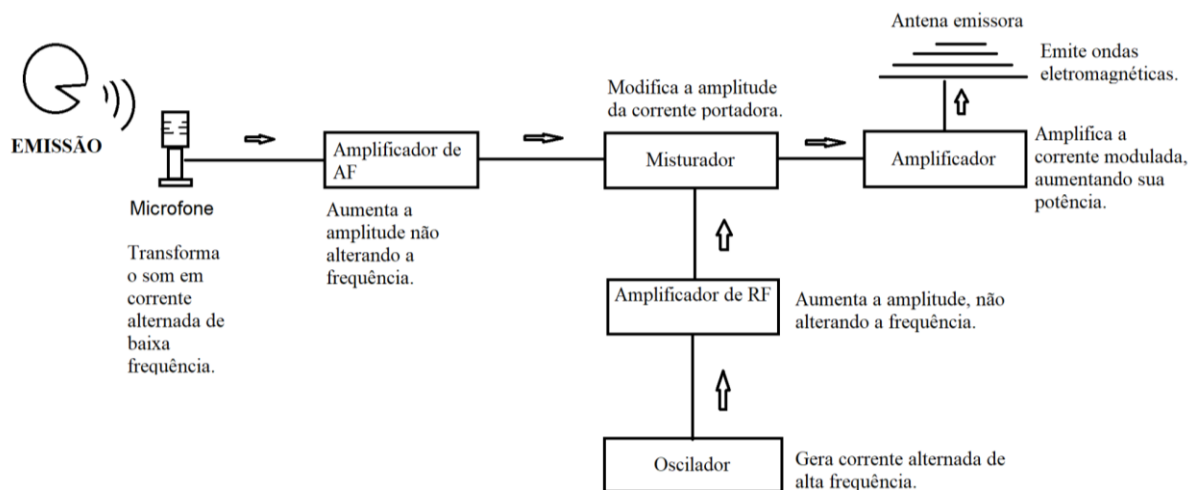


Figura 1. Emissão do sinal. Autoria própria.

Primeiro, é necessário compreender o funcionamento do sistema de comunicação sem fio. Basicamente, existe um ponto de transmissão e um ponto de recepção, cada um com seus componentes: Microfone, para converter o sinal de voz em sinais elétricos; Alto-falante, que executa o processo inverso do microfone; Transmissor, envia os sinais gerados pelo microfone; Receptor, recebe os sinais enviados pelo transmissor e envia ao alto-falante; Antena, converte os sinais elétricos em ondas de rádio e envia para a atmosfera, também recebe ondas de rádio e converte em sinais elétricos [4], como pode ser observado nas Figuras 1 e 2.

Para enviar um sinal de um ponto a outro é necessário modular o sinal. Isso consiste em agregar um sinal conhecido (onda portadora) ao sinal da informação, ou seja, o receptor analisa a onda recebida e, conhecendo a onda portadora, pode entender a informação a partir das alterações causadas entre o sinal recebido e a portadora. Este é o processo de demodulação. Em uma modulação, pode-se alterar a frequência da portadora de acordo com o sinal (modulação FM), alterar a amplitude da portadora de acordo com o sinal (modulação AM), entre diversos outros tipos [4].

Os dispositivos celulares são conhecidos como Estações Móveis (MS), possuem antena capaz de modular e modular o sinal, além de osciladores, para poder gerar sinais nas frequências determinadas. Já as Estações Rádio Base (ERB) consistem em uma antena e uma arquitetura capaz de atender as necessidades de uma certa região (área). Ao gerar uma onda portadora da informação, ou seja, uma informação modulada, ela deve viajar pela

atmosfera e ser recebida, momento em que ocorre a comunicação entre MS e ERB. Para uma mesma região da atmosfera, cada frequência corresponde a uma portadora conhecida. Então, o transmissor deve modular seu sinal naquela frequência enquanto o receptor deve ajustar seu sensor para a mesma frequência. Porém, toda a informação gerada pelo transmissor não é completamente transmitida em uma única frequência, uma parte dela pode estar em frequências vizinhas, maiores ou menores. Para incluir essa variação, os canais possuem uma largura de frequência [4].

RECEPÇÃO

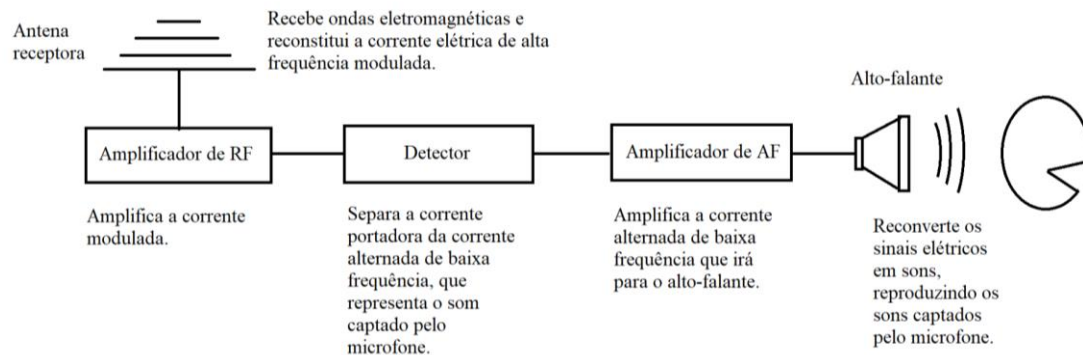


Figura 2. Recepção do sinal. Autoria própria.

Cada ERB atenderá uma região de acordo com suas capacidades físicas, essa região é chamada de célula. As células possuem uma Largura de Banda, ou seja, a faixa total de frequências que uma célula suporta. Portanto, ao dividir a banda de frequência da célula pela largura de frequência de um canal, que é um espaço destinado para o usuário, é possível determinar o número de canais disponíveis em uma célula. É chamado de enlace, o canal físico que interliga a ERB e a MS. Quando a informação viaja da ERB para MS é chamado de enlace direto, o contrário é chamado de enlace reverso. Para os serviços de telefonia móvel, existe um modo de transmissão chamado Duplex completo (full duplex), onde cada usuário possui um canal de recepção (enlace direto) e outro canal de transmissão (enlace inverso). Dessa forma, é possível realizar a comunicação em dois sentidos diferentes ao mesmo tempo, mas é importante lembrar que cada canal opera em uma frequência diferente, necessitando de duas larguras de frequência (uma para cada enlace) para cada dispositivo [4]. A Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) é a responsável por regulamentar a utilização das frequências a fim de evitar o mau uso.

Para melhor entendimento, foi analisado um caso real da segunda geração (2G) que utilizou um padrão de sistema conhecido como E-GSM (Sistema Global de Comunicação Móvel, Estendido), derivado do padrão GSM, como pode ser visto na Figura 3. Este padrão possui um espectro de frequência (largura da banda) entre 880 MHz e 960 MHz, ou seja, 80 MHz de largura de banda, onde cada canal tem 200 KHz de largura. Além disso, há uma distância entre os enlaces de apenas 10 MHz. Sobrando assim, 35 MHz reservados para os enlaces (direto e reverso). Dividindo 35 MHz para 200 KHz, chegamos à conclusão que esse padrão suporta 175 canais disponíveis para os usuários [4].

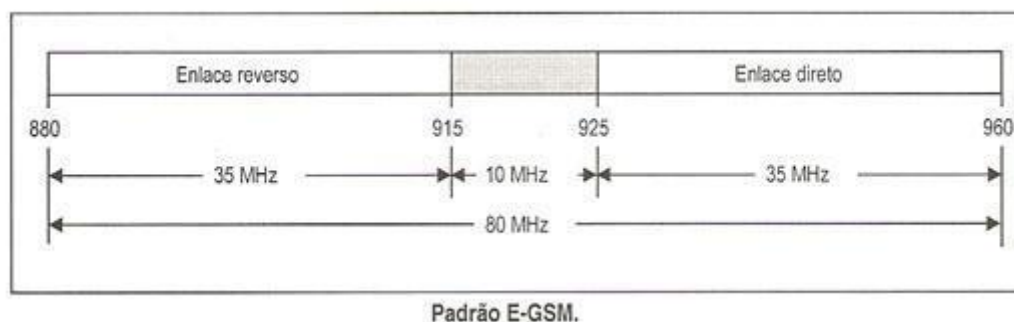


Figura 3. Padrão E-GSM. Disponível em: [REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS \(ufjf.br\)](http://www.ufjf.br/REDES_GSM,_GPRS,_EDGE_E_UMTS) [4]

Esses padrões passaram por diversas mudanças, sempre se aperfeiçoando para suportar mais usuários, melhorar a qualidade de serviço e aumentar a velocidade de transferência de dados. Antes de chegar ao 3G, o 2G ainda passou por fases conhecidas como 2.5G e 2.75G, que nada mais é do que evolução desses padrões para tentar acompanhar o ritmo de número de usuários e a necessidade de transportar cada vez mais informação. A diferença de um padrão para o outro eram pequenas alterações e ajustes nos enlaces, largura da banda, largura de

frequência, distância entre os enlaces, etc [4]. É possível observar a evolução desses padrões, entre 2G e 3G, de forma simplificada, na Figura 4.

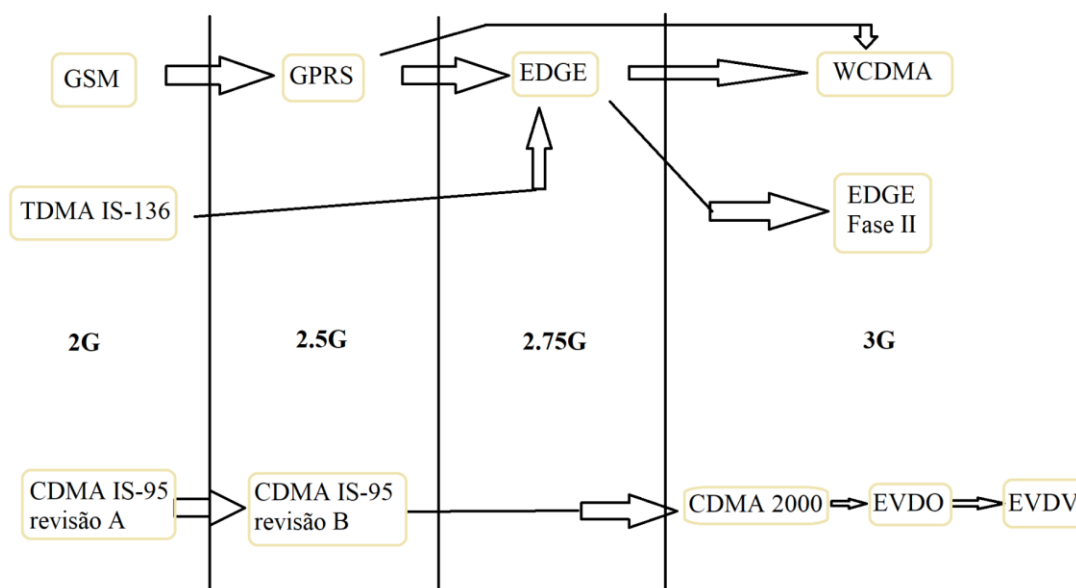


Figura 4. Evolução para as tecnologias 3G. Autoria própria.

Para o 4G, a União Internacional de Telecomunicações (ITU) lançou, de acordo com suas normas, apenas os padrões LTE Advanced (Long Term Evolution Advanced) e o Mobile WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) Advanced, conhecidos como o “4G verdadeiro”. Simplificando, dessa forma, a arquitetura do sistema e otimizando o consumo de energia, deixando para trás os diversos padrões criados para o 2G e 3G. O padrão LTE busca melhorar o desempenho, diminuindo o custo por bit, possibilitando variedades de serviços móveis. Utiliza-se de OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing / Multiple Access), um padrão onde vários usuários compartilham a banda ao mesmo tempo, também ocorre a comutação de circuitos. Possui ainda, uma tecnologia de automação, chamada SON (Self Organizing Network) simplificando as configurações e gerenciamento das redes. Com seu espectro flexível, há suporte à agregação espectral e largura de banda escalável, diminuindo assim interferência entre células, possibilitando o aumento de usuários por célula [3].

O 5G, por sua vez, aumentou muito a largura de banda por unidade de área, trabalhando entre 600 MHz e 700 MHz; 26 GHz e 28 GHz; 38 GHz e 42 GHz, consequentemente aumentando o número de usuários em uma estimativa de 10 até 100 vezes. Potencializando o 4G, entregando um maior número de dados e diversas conexões simultâneas [5]. Não só isso, como também os dispositivos celulares não são seus únicos aparelhos conectados, o 5G viabiliza a Internet das Coisas (IoT), conectando dispositivos eletrônicos que fazem parte do nosso cotidiano, como é o caso da Smart Tv, ou para um futuro próximo: carros, que poderiam interagir entre si e acionar o freio de forma automática para evitar acidentes [3].

3. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

As ondas são perturbações que se transmitem de um ponto a outro em um meio, não necessariamente material, a uma velocidade definida. As ondas eletromagnéticas abordadas neste trabalho de pesquisa são oscilações formadas por campos elétricos e magnéticos variáveis (Figura 5) que não necessitam de um meio material para se propagarem, apenas transportam energia, atravessando qualquer tipo de material, seja orgânico ou inorgânico. Outro detalhe importante é que as ondas eletromagnéticas são tridimensionais, ou seja, se propagam em três dimensões.

Na Figura 5, temos uma onda eletromagnética senoidal linearmente polarizada se propagando no sentido do eixo +Ox. Os campos elétrico e magnético oscilam de forma que $\vec{E}$ atinge o valor máximo quando $\vec{B}$ também atinge seu valor máximo, assim como valores mínimos e zero.

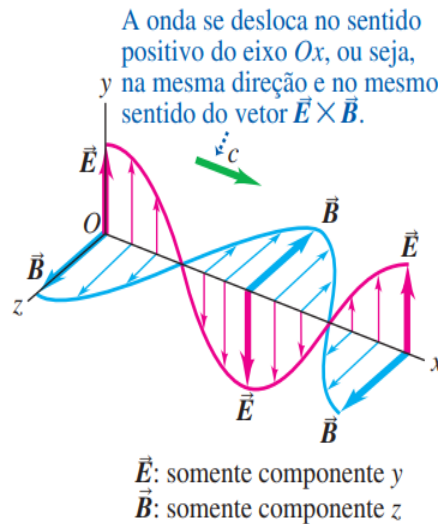


Figura 5. Onda eletromagnética senoidal. Disponível em Física III Sears [7].

Para a análise de uma onda eletromagnética incidindo em uma pequena área (Figura 6), podemos considerar a onda eletromagnética como sendo uma onda plana, facilitando a análise matemática do problema. Assim, a onda eletromagnética apresentada na Figura 5 pode ser descrita por meio das funções de onda representadas nas Equações 1 e 2:

$$E_y(x, t) = E_{máx} \cos(kx - \omega t) \quad 1$$

$$B_z(x, t) = B_{máx} \cos(kx - \omega t) \quad 2$$

Observando a Equação 1, $E_y(x, t)$ é o deslocamento transversal do campo elétrico, a partir do equilíbrio de um ponto da coordenada x para um instante t . As grandezas: $E_{máx}$ e $B_{máx}$ representam os valores máximos ou amplitudes desses campos. A variável ω é sua frequência angular, igual a $\omega = 2\pi f$ e k é o número de onda, igual a $\frac{2\pi}{\lambda}$. O Quadro 1 mostra algumas variáveis que descrevem as ondas eletromagnéticas.

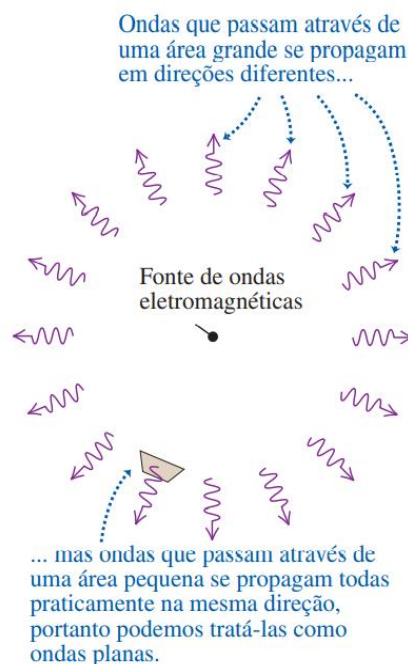


Figura 6. Onda tridimensional propaganda. Disponível em Física III Sears [7].

Variáveis das ondas eletromagnéticas	Símbolo	Unidade no Sistema Internacional (SI)	Definição
Amplitude	$E_{máx}$ e $B_{máx}$ (Campos elétrico e magnético)	$\frac{N}{C}$ e T (Newton/Coulomb e Tesla)	Valores máximos ou amplitudes dos campos elétrico e magnético
Comprimento de onda	λ	m (Metros)	Distância entre dois pontos de máximo sucessivos da onda
Período	T	s (Segundos)	Tempo para executar um evento completo
Frequência	f	Hz (Hertz)	Número de eventos completos por unidade de tempo

Quadro 1. Variáveis das ondas eletromagnéticas.

A velocidade de uma onda pode ser determinada como mostra a Equação 3 abaixo, ou seja, velocidade é o comprimento de onda vezes a frequência. Note que a velocidade é fixa, pois depende do meio em que a onda é propagada, neste caso, o ar. Então, para ondas com alta frequência, teremos um comprimento de onda menor e vice-versa [6].

$$v = \lambda f \quad 3$$

3.1 FREQUÊNCIA

O espectro eletromagnético abrange todas as frequências e comprimentos de onda. O olho humano é capaz de detectar apenas um pequeno segmento desse espectro, essa faixa é chamada de luz visível, com frequência correspondente entre 790 a 400 THz. A Figura 7 mostra as frequências e comprimentos de onda encontradas na natureza em escala logarítmica.

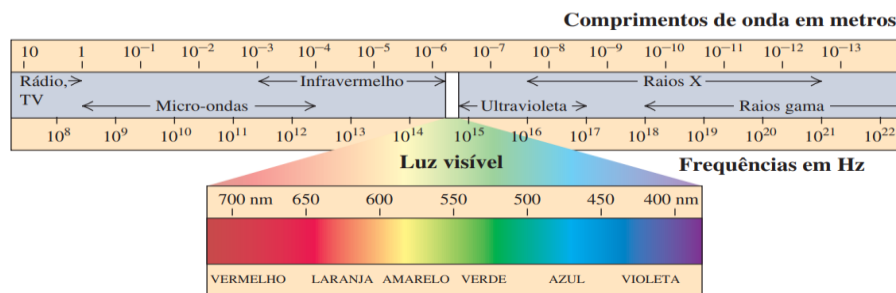


Figura 7. Espectro eletromagnético. Disponível em: Física III - Sears - 14e [7].

A frequência usada pela internet móvel, até os dias atuais, variou aproximadamente de 1GHz para 5GHz, sendo classificada como micro-ondas.

3.2 INTENSIDADE

A intensidade de uma onda eletromagnética é definida como a potência média por unidade de área, representada na Equação 4. Mas ela também está relacionada com a amplitude, que são nossos valores máximos do campo elétrico e campo magnético. O físico inglês John Poynting (1852 - 1914) definiu uma grandeza vetorial que descreve o módulo, a direção e o sentido da taxa do fluxo de energia, denominada de vetor de Poynting, dada pela Equação 5 abaixo.

$$I = \frac{P_m}{A} \quad 4$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \quad 5$$

O valor médio do módulo $\vec{S}$, em um dado ponto, denomina-se intensidade da radiação no ponto considerado. Sua unidade no SI é W/m². Substituindo $\vec{E}$ e $\vec{B}$ na Equação 5, chegamos à conclusão de que a intensidade I da onda é o valor médio do vetor de Poynting $\vec{S}$, como descrito na Equação 6.

$$I = S_{\text{méd}} = \frac{E_{\text{máx}} B_{\text{máx}}}{2\mu_0} \quad 6$$

Para estas ondas, a intensidade (I) é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte [6], mostrado na Equação 7. Isso significa que quanto menor o raio da nossa célula em uma ERB, mais intensa é a onda.

$$I \sim \frac{1}{r^2} \quad 7$$

3.3 INTERFERÊNCIA

O fenômeno de interferência é o principal fator limitante de sistemas de redes móveis. Suas causas incluem, por exemplo, operações simultâneas na mesma faixa de frequência. Os dois principais tipos de interferência são: a co-canal e a interferência de canal adjacente. A forma mais simples de se compreender quando ocorre uma interferência entre duas ou mais ondas é a situação em que essas ondas passam pela mesma região ao mesmo tempo, somando algebricamente suas amplitudes para produzir a onda resultante. A interferência pode ser classificada em construtiva ou destrutiva, representada na Figura 8.

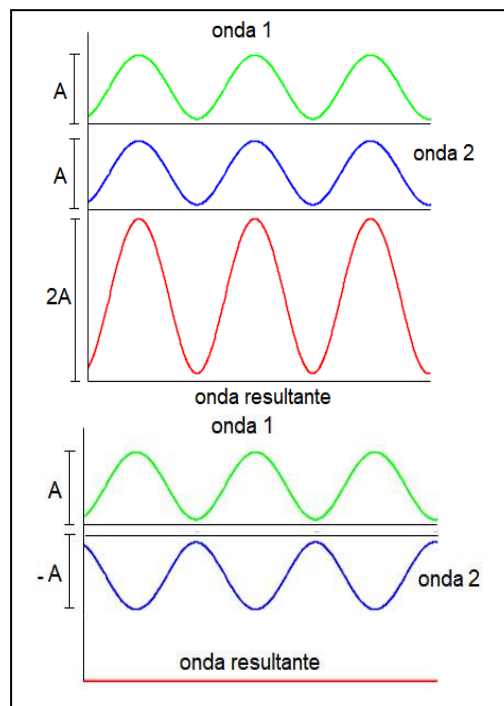


Figura 8. Interferência construtiva e destrutiva. Disponível em: [Interferências de Ondas - Construtiva e Destrutiva - Física - InfoEscola](#) [8]

A interferência é construtiva quando o ponto mais alto da onda (crista) coincide com a crista da outra onda, assim como o ponto mais baixo (vale) também coincide com o vale da outra. Já a interferência destrutiva ocorre quando a crista de uma onda coincide com o vale da outra [6].

Esse fenômeno é um problema para a internet móvel, pois as ondas carregam informação, e essa informação pode ser perdida no caminho em caso de interferência, pois a onda é alterada, impossibilitando sua captação pela antena receptora.

4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Este trabalho apresenta uma sequência didática para o ensino de eletromagnetismo, apresentando uma proposta inserida na realidade social dos estudantes, fazendo-se interativa e contextual. Na área das ciências exatas, a proposta aqui apresentada busca compreender os significados dos fenômenos tomando como base quem vivencia a realidade, relacionando o cotidiano discente com estratégias de ensino-aprendizagem de conteúdos de Física Básica.

Atividade avaliativas sobre Dados Móveis e Ondas Eletromagnéticas

OBJETIVO: A atividade proposta nesta sequência didática objetiva contextualizar o estudo de ondas eletromagnéticas com a evolução da tecnologia de internet móvel, fazendo com que o corpo discente fundamente a aprendizagem de novas teorias através da conexão com conceitos já adquiridos (conhecimento prévio). Esta sequência didática faz parte da pesquisa do Trabalho de Conclusão de Curso do discente Álvaro Luiz Barbosa Pinheiro, requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa).

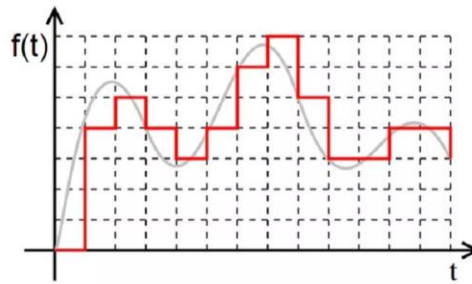
Questão 1. As necessidades de uma sociedade cada vez mais globalizada, com um intenso tráfego de dados on-line, exige uma rede de telefonia móvel cada vez mais rápida. Sabendo que a rede de telefonia móvel opera por meio de ondas eletromagnéticas, qual (ou quais) variável você atribui a responsabilidade de aumentar a possibilidade de transferência de dados?

Questão 2. Por meio de ondas eletromagnéticas, a rede de telefonia móvel oferece serviços de comunicação sem fio aos usuários. Para compreendermos os avanços tecnológicos na telefonia móvel, é preciso conhecer características fundamentais das ondas eletromagnéticas. Como verificação do seu conhecimento sobre ondas eletromagnéticas, marque V para uma afirmação verdadeira e F para uma afirmação falsa nas frases abaixo:

- () Para uma carga produzir ondas eletromagnéticas, é necessário que a carga esteja acelerada.
- () Uma carga puntiforme oscilando em um movimento harmônico simples, pode emitir ondas eletromagnéticas.
- () Os vetores campo elétrico e campo magnético, $\vec{E}$ e $\vec{B}$, são paralelos entre si e à direção de propagação da onda eletromagnética.
- () Em ondas eletromagnéticas senoidais, os campos $\vec{E}$ e $\vec{B}$ variam com o tempo e com a posição, com dada frequência e um dado comprimento de onda.
- () As ondas eletromagnéticas transportam energia e movimento linear juntamente com a carga elétrica.

Questão 3. As ondas são perturbações que se transmite de um ponto a outro em um meio, não necessariamente material, a uma velocidade definida (v), transportando energia e momento linear. As variáveis físicas que definem uma onda são: Amplitude (distância máxima do corpo em movimento com relação à posição de equilíbrio), Comprimento de Onda (distância que a onda se propaga em um período), Período (intervalo de tempo necessário para um evento completo) e Frequência (número de eventos por intervalo de tempo). Quando desejamos aumentar a intensidade do sinal, qual variável deve ser alterada? Explique sua resposta.

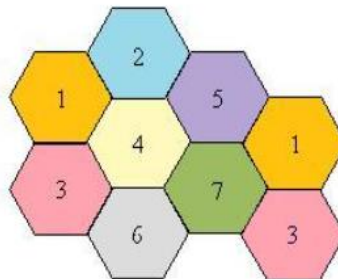
Utilize a figura abaixo [9] para responder as Questões 3 e 4.



Questão 4. A evolução das gerações da internet móvel foi marcada inicialmente com a mudança de sistemas analógicos para digitais. O formato analógico é descrito por um sinal contínuo em função do tempo, representado por todos os valores intermediários possíveis entre 0 a 10, como a situação demonstrada em cinza na figura acima. A perceptível que um sistema analógico resulta em uma faixa de frequência bem maior resulta na não confiabilidade do sinal e uma qualidade inferior, por quê?

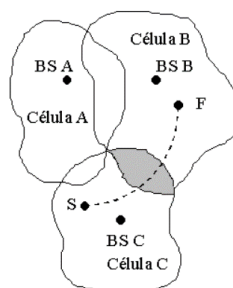
Questão 5. O sistema digital considera valores discretos (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, onde 5,3 será considerado como 5), como mostrado na curva em vermelho na figura acima. Essa descontinuidade no tempo e na amplitude faz diminuir a faixa de frequência e as oscilações. Essa simplificação permite uma melhor qualidade do sinal, por quê?

Questão 6. A rede de telefonia móvel representa a área de cobertura através de células, que são pequenas regiões geográficas atendidas por cada estação base. A figura abaixo [10] mostra um conjunto de 7 células (cluster), onde a estação base de cada célula utiliza grupos de canais diferentes de suas células vizinhas, o que também significa uma frequência portadora diferente. Por que é fundamental mantermos as células vizinhas com canais diferentes?



Questão 7. Ainda sobre a figura anterior, percebemos que a célula 1, por exemplo, pode ser repetida para o cluster vizinho, desde que se mantenha uma distância que garanta a qualidade do sinal. Como você explicaria a qualidade do sinal, considerando a distância entre as células?

Questão 8. Considere uma unidade móvel (aparelho celular) se deslocando do ponto S até o ponto F, como representa a figura abaixo [11]. Entre as células C e B existe uma região onde o nível do sinal de recepção na unidade móvel estará abaixo de um limite de qualidade. O que acontece nessa região?



Questão 9. A evolução da internet móvel foi marcada por avanços de gerações (G1, G2, G3, G4 e G5) que apresentam mudanças fundamentais nas bandas de frequência, tornando o sistema de dados móveis cada vez mais rápido. Como você explica a importância da largura da banda de frequência com a velocidade da rede móvel de internet.

Questão 10. Como foi possível observar através das atividades sobre redes móveis, o fenômeno de interferência entre ondas eletromagnéticas é algo extremamente importante de ser controlado em todos os arranjos geográficos e termológicos do sistema de redes móveis. Sobre esse tema, escreva um breve texto

Quadro 2. Atividade Avaliativa da Sequência Didática.

O Quadro 2 apresenta uma sequência de 10 questões que abordam ondas eletromagnéticas no contexto da rede de dados móveis. A questão 1 tem o objetivo de coletar informações a respeito do conhecimento prévio do corpo discente sobre ondas eletromagnéticas e suas variáveis físicas. A questão 2 apresenta afirmações sobre a produção de ondas eletromagnéticas e possibilita conhecer com mais direcionamento o conhecimento discente sobre o tema. Direcionando a problemática para aumento na intensidade do sinal, a questão 3 resalta as variáveis responsáveis pela intensidade do sinal, o que permitirá uma conexão direta entre os conceitos físicos e a aplicação tecnológica. As questões 4 e 5 tratam da leitura do sinal, evidenciando a mudança do sinal analógico para o digital, permitindo uma análise objetiva na mudança e permitindo a reflexão sobre o porquê do sinal digital permitir atividades mais rápidas no sistema de internet móvel.

As questões 6, 7 e 8 tratam da distribuição geográfica das estações-base que, através da divisão do espaço em células, permite uma maior utilização do espectro de frequência e maior número de usuários. O objetivo dessas três questões é permitir que os estudantes compreendam que ondas eletromagnéticas sofrem interferência quando se superpõem em uma determinada região geográfica e para evitar esse fenômeno é necessário propagar ondas de frequência distintas. As questões também permitem identificar a situação aplicável de que a intensidade das ondas diminui com a distância, o que pode ser observado com a distância entre as células que atuam como o mesmo ramo de frequência.

A questão 9 trata especialmente do tamanho das bandas de frequência, questionando o estudante sobre o papel da frequência na rapidez do sinal de rede móvel. Por último, a questão 10 solicita a escrita de um pequeno texto, onde os estudantes irão descrever sobre a importância de cada variável física no contexto das redes de internet móvel. O objetivo desta questão é analisar a linguagem científica dos discentes e sua capacidade de sintetizar os conhecimentos físicos no contexto tecnológico trabalhado.

A atividade avaliativa do Quadro 2 faz parte da sequência didática que é dividida em duas etapas:

ETAPA 1

Roda de Conversa:

- Observar a linguagem de cada educando na temática eletromagnetismo;
- Verificar a percepção discente sobre o eletromagnetismo na rede de dados móveis, suas aplicações e funcionamento.

Apresentação dos Conteúdos:

- Ministração do conteúdo contextualizado, através dos dados coletados na roda de conversa.

ETAPA 2

Aplicação da Atividade Avaliativa:

- Facilitar a visualização e consequente compreensão dos fenômenos do eletromagnetismo;
- Sondar o aprendizado através da resolução das questões.

Roda de conversa:

- Proporcionar ao estudante um momento para análise coletiva das respostas às questões propostas.

Cronograma de Execução	
Aula 1	Roda de conversa inicial e apresentação do conteúdo
Aula 2	Aplicação da Atividade Avaliativa
Aula 3	Roda de conversa para análise das respostas

Quadro 3. Cronograma de Execução da Sequência Didática.

O Quadro 3 apresenta um cronograma de execução da sequência didática, distribuindo todo o desenvolvimento das atividades em 6 aulas com 50 minutos de duração. Para a roda de conversa inicial, pensou-se um tempo de 20 a 30 minutos, onde professores atuarão como mediadores, questionando sobre conhecimento prévio dos discentes a respeito das redes móveis e o envolvimento com o eletromagnetismo. Para os 70 minutos

restantes serão utilizados para apresentar as variáveis do eletromagnetismo que estão diretamente relacionadas com a evolução das gerações de redes móveis: frequência, intensidade e o fenômeno de interferência.

A Aula 2, com 100 minutos de duração, será utilizada para aplicação do questionário como atividade avaliativa. Nesse momento, professores serão monitores, atuando apenas na orientação voltada para linguagem ou contexto apresentado nas questões. A última roda de conversa será realizada na Aula 3, com 100 minutos de duração, onde serão feitas as considerações sobre cada resposta colhida, permitindo aos estudantes a reformulação das respostas, a partir de uma nova perspectiva sobre o conteúdo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentada neste Trabalho de Conclusão de Curso traz uma proposta de sequência didática para o ensino de Ondas Eletromagnéticas aplicada às Redes de Internet Móvel, permitindo a contextualização dos conceitos físicos, aproximando conteúdos abstratos do cotidiano discente. A construção de diálogos é fundamental em todas as etapas da sequência didática, sendo uma oportunidade para o aprendizado discente, possibilitando o debate de ideias e a construção do conhecimento, interligando as necessidades cotidianas com o conhecimento científico. A proposta didática aqui apresentada evita a falta de motivação dos estudantes, pois permite o emprego dos conceitos físicos na busca por compreender os eventos do nosso dia a dia. A sequência didática também constrói um momento de autoavaliação, através de rodas de conversa, revelando o ganho de conhecimento e linguagem científica.

Por fim, a metodologia proposta auxiliará o corpo discente a relacionar a física com os avanços científicos e tecnológicos, construindo uma consciência sobre os impactos que os conteúdos ministrados na disciplina têm na sua vida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GODINHO, H. F.; LINOS, C. G. S.; OLIVA FILHO, O. O.; XAVIER, C. S. Uma Abordagem sobre a Tecnologia 4G e sua Aplicação no Brasil. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVIII, nº. 120, Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/uma-abordagem-sobre-tecnologia-4g-lte-e-sua-aplicacao-no-brasil>. Acessado em: 20 nov 2022.
- [2] BRITO, R. Rede 4G – Implementação: 2011. 66p. Monografia (Graduação) - Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, São Paulo.
- [3] PIAU, D. B. Evolução da telefonia móvel celular, cumprimento de Leis e análise de modelos de propagação: 2020. 82P. Monografia (Graduação) - Faculdade de Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- [4] SANTOS, R. D. L. Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/index.html. Acessado em: 20 nov 2022.
- [5] BARBOSA, B. O. S.; FARIA, F.; CONCEIÇÃO, M. A. A. Influência do 5G na Aviação: 2022. 13p. Monografia (Graduação) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.
- [6] SEARS; ZEMANSKY, YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física II. Editora. ADDISON, 12ª ed. 2009.
- [7] SEARS; ZEMANSKY, YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III. Editora. ADDISON, 14ª ed. 2015.
- [8] INFOESCOLA. Interferências de Ondas - Construtiva e Destrutiva. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/interferencia-entre-ondas/>. Acessado em: 20 nov 2022.
- [9] TECHTUDO. TV analógica deixa o Brasil a partir deste ano; veja como se adaptar. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2016/02/tv-analogica-deixa-o-brasil-partir-deste-ano-veja-como-se-adaptar.ghml>. Acessado em: 20 nov 2022.
- [10] Tecnologias de Rede em Telefonia Móvel. Grupo de Teleinformática e Automação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/movel/caracteristicas.html. Acessado em: 20 nov 2022.
- [11] Comunicações Pessoais Móveis - Uma visão geral sobre os sistemas. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/~flavio/commovel/Cluster.htm>. Acessado em: 20 nov 2022.