

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufscar** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**ENSINANDO CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE
ATRAVÉS DE JOGO ELETRÔNICO:
CORRIDA ELETRÔNICA**

LEANDRO CARVALHO DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. JOHNNY VILCARROMERO LÓPEZ

Sorocaba - SP
Setembro de 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**ENSINANDO CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE
ATRAVÉS DE JOGO ELETRÔNICO:
CORRIDA ELETRÔNICA**

LEANDRO CARVALHO DE OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientador(a): Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

Sorocaba - SP
Setembro de 2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Leandro Carvalho de Oliveira, realizada em 19/09/2022.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Johnny Vilcarromero Lopez (UFSCar)

Prof. Dr. José Humberto Dias da Silva (UNESP)

Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva (UFSCar)

Profa. Dra. Maria Jose Fontana Gebara (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Leandro Carvalho de, Oliveira

Ensinando condutividade e resistividade através de jogo eletrônico: Corrida eletrônica / Oliveira Leandro Carvalho de -- 2022.
86f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos
Orientador (a): Johnny Vilcarromero López
Banca Examinadora: Adriana de Oliveira Delgado Silva, Maria José Fontana Gebara, José Humberto Dias da Silva
Bibliografia

1. Ensino de física, Resistividade e condutividade elétrica, Jogo eletrônico. I. Leandro Carvalho de, Oliveira. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325

DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho a minha esposa Letícia, ao meu filho Eduardo e aos meus avós
Alice e José (In Memoriam).*

AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Johnny Vilcarrromero López, por toda ajuda na elaboração desta dissertação.

Agradeço à Prof.^a Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva, Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias, Prof.^a Dra. Ana Lúcia Brandl, Prof. Dr. Antonio Augusto Soares, Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva, Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara, Prof. Dr. Rafael Henriques Longaresi, Prof. Dr. Renato Fernandes Cantão e Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz por toda dedicação e ensinamentos que passaram em suas aulas.

Agradeço aos colegas de turma Ana Cristina, Ana Paula, Bruno, Cleiton, Fábio, Jefferson, Luiz, Plínio e Suzana pela parceria ao longo do curso.

Agradeço ao Prof. Msc. Joani Corrêa Prestes e ao Prof. Dr. Arrovani Luiz Fonseca pelo incentivo em continuar os estudos.

Agradeço aos professores Ivan Stojakovic, Silvana Cristina da Silva Gonçalves Marchêto e Isabela Ferraz Do Amaral Campos pela ajuda na revisão textual desse trabalho.

Agradeço ao Diretor da Escola Estadual Plínio Rodrigues de Moraes, Prof. Osinaldo de Oliveira pelo companheirismo sem o qual esse trabalho se tornaria mais difícil.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance code 001.

“Educai as crianças e não será preciso punir os homens”

Pitágoras

RESUMO

OLIVEIRA, Leandro Carvalho. Ensinando condutividade e resistividade através de jogo eletrônico: Corrida eletrônica. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2022.

Os conceitos sobre condução e resistência elétrica são temas importantes, mas, pouco explorados na literatura de ensino de Física, principalmente na educação básica. Isto, incentivou a vontade de abordar o tema além de procurar mecanismos para tornar as aulas de físicas mais atrativas. Em especial, através do uso da tecnologia com ferramentas que os alunos estejam acostumados a lidar, tais como jogos. O produto educacional desenvolvido envolve uma sequência didática adequada em um jogo eletrônico que aborda a condutividade e a resistividade elétrica de uma maneira lúdica. A sequência didática foi elaborada de forma a introduzir o jogo de uma forma natural e lúdica. Como referencial teórico para a avaliação da aprendizagem adotamos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Para o desenvolvimento do jogo foi escolhido e utilizado a plataforma *Construct 2*, esta permite a construção do jogo em duas dimensões de forma simples e auto intuitiva. O produto educacional desenvolvido foi aplicado aos alunos da 3ª série do ensino médio de uma escola localizada na cidade de Tietê, interior de São Paulo. A aplicação do produto educacional foi dividida em 5 etapas levando em consideração a seguinte ordem: levantamento dos conhecimentos prévios, aulas expositivas e dialogadas, aplicação do jogo, avaliação e verificação da aprendizagem significativa. Os resultados obtidos na aplicação do produto mostram-se promissores e evidenciam pontos importantes de aprendizagem significativa dos alunos envolvidos.

Palavras-chave: Jogo. Física. Eletricidade. Resistividade. Condutividade. Tecnologias da Informação e Comunicação.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Leandro Carvalho. Teaching conductivity and resistivity through a videogame: Corrida eletrônica. 2022. Thesis (Master's Degree in Physics Teaching) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2022.

The concepts of conduction and electrical resistance are important themes, but not much explored in the Physics teaching literature, especially in basic education. This encouraged the desire to address the topic in order to looking for mechanisms to make physics classes more attractive. In particular, through the use of technology with tools that students are used to dealing with, such as games. The educational product developed involves an adequate didactic sequence in a videogame that addresses electrical conductivity and resistivity in a playful way. The didactic sequence was designed to introduce the game in a natural and recreational way. As a theoretical framework for the assessment of learning, we adopted the theory of meaningful learning by David Ausubel. For the development of the game, the Construct 2 platform was chosen and used, which allows the construction of a 2D game in a simple and self-intuitive way. The educational product was applied to students of the 3rd grade of high school at a school located in the city of Tietê, in the interior of São Paulo. The application of the educational product was divided into 5 stages, taking into account the following order: survey of previous knowledge, lectures and dialogues, application of the game, evaluation and verification of significant learning. The results obtained in the application of the product are promising and show important points of significant learning of the students involved.

Keywords: Game. Electricity. Resistivity. Conductivity. Information and Communication Technologies.s.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferença entre os tipos de aprendizagem.	19
Figura 2 - Um mapa conceitual para avaliação da aprendizagem significativa.	22
Figura 3 - Smartphones em uso no Brasil (milhões de unidades)	25
Figura 4 - Condutor elétrico sob ação de um campo elétrico.	30
Figura 5 - Condutor elétrico sem campo.	30
Figura 6 - Variação da resistividade em função da temperatura nos (a) metais (b) semicondutores (c) supercondutores.	33
Figura 7 - Diversos tipos de resistores elétricos.	35
Figura 8 - Gráfico de resistores (a) ôhmicos e (b) não ôhmicos.	36
Figura 9 - Tela inicial do <i>Construct 2</i>	41
Figura 10 - Tela inicial dentro do <i>Construct 2</i>	41
Figura 11 - Código da tela inicial do jogo.	42
Figura 12 - Corrida Eletrônica na Google Play.	42
Figura 13 – (a) Tela inicial do Corrida Eletrônica. (b) tela de créditos do jogo.	43
Figura 14 - Tela de escolha do elétron.	44
Figura 15 - Resumo das propriedades da (a) prata, (b) cobre, (c) ouro, (d) alumínio, (e) ferro.	44
Figura 16 – Fase (a) prata, (b) cobre, (c) ouro, (d) alumínio, (e) ferro.	45
Figura 17 - <i>Game over</i>	46
Figura 18 - Mensagem de parabéns.	46
Figura 19 - Tela de vencedor.	47
Figura 20 - Exemplos de respostas corretas.	49
Figura 21 - Exemplos de respostas parcialmente corretas.	50
Figura 22 – Gráfico das respostas da questão 1 dos conhecimentos prévios.	50
Figura 23 – Gráfico das respostas da questão 2 dos conhecimentos prévios.	51
Figura 24 – Gráfico das respostas da questão 3 dos conhecimentos prévios.	52
Figura 25 – Gráfico das respostas da questão 4 dos conhecimentos prévios.	52
Figura 26 - Questão 5 do questionário de conhecimentos prévios.	53
Figura 27 - Respostas da questão 5 dos conhecimentos prévios.	53
Figura 28 – Gráfico dos dispositivos utilizados para jogar.	54

Figura 29 - Sistema Operacional do dispositivo utilizado durante o jogo.....	55
Figura 30 - Relação entre o jogo e o conteúdo de física.....	55
Figura 31 - Probabilidade de indicar o Jogo Corrida Eletrônica.	56
Figura 32 - Avaliação do Jogo Corrida Eletrônica.	57
Figura 33 - Gráfico comparativo da questão 1 - Aplicação vs. Reaplicação.....	58
Figura 34 - Gráfico comparativo da questão 2 - Aplicação vs. Reaplicação.....	59
Figura 35 - Gráfico comparativo da questão 1 - Aplicação vs. Reaplicação.....	59
Figura 36 - Gráfico comparativo da questão 4 - Aplicação vs. Reaplicação.....	60
Figura 37 - Gráfico comparativo da questão 5 - Aplicação vs. Reaplicação.....	61
Figura 38 - Gráfico comparativo da questão 6 - Aplicação vs. Reaplicação.....	61
Figura 39 - Gráfico comparativo da questão 7 - Aplicação vs. Reaplicação.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistividade em ohms-metro (todos os valores são para 1 atm, a 20 °C).	32
Tabela 2 - Etapas e número de aulas	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D – *Duas Dimensões*

SI – *Sistema Internacional de Unidades*

CMSP – *Centro de Mídias de São Paulo*

PC – *Computador Pessoal do inglês Personal Computer*

MNPEF – *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*

HTML5 – *Linguagem de Marcação de HiperTexto – versão 5*

TICs – *Tecnologias da informação e comunicação*

ENEM – *Exame Nacional do Ensino Médio*

PROFIS-So – *Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba.*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	17
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	18
2.2 APRENDIZAGEM ATRAVÉS DOS JOGOS DIGITAIS	22
2.3 PERMISSÃO PARA O USO DE <i>SMARTPHONES</i> EM SALA DE AULA NA REDE PÚBLICA ESTADUAL DE SP	24
2.4 PROFESSORES E O USO DOS CELULARES COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA	26
CAPÍTULO 3 - TÓPICOS DA ELETRICIDADE	29
3.1 CORRENTE ELÉTRICA.....	29
3.2 CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE ELÉTRICA	31
CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE ENSINO E APLICAÇÃO DO PRODUTO	38
4.1 JOGO CORRIDA ELETRÔNICA.....	39
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1 CENÁRIO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	48
5.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	49
5.3 AVALIAÇÃO DO JOGO CORRIDA ELETRÔNICA	54
5.4 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	57
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A	68
APÊNDICE B PRODUTO EDUCACIONAL	71

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O entendimento das propriedades elétricas dos materiais e suas aplicações se faz necessário por estarmos completamente imersos em um mundo movido pela eletricidade. Desta forma é importante esclarecermos aos nossos alunos como em nível microscópico acontecem os fenômenos de resistividade e condutividade dos materiais.

Quando tratamos do mundo microscópico dentro do ensino de física, encontramos um grande desafio, que é representar os fenômenos que não observamos a olho nu e para suprir essa dificuldade recorreremos ao uso das representações de modelos de constituição da matéria em seu nível atômico-molecular, com a intenção de transformar em algo macroscópico que seja fácil sua observação e internalização por parte do aluno.

Neste trabalho, objetiva-se mostrar os conceitos básicos da condutividade e resistividade elétrica dos metais através da aplicação de um jogo em 2D, por meio do qual sejam mostrados os efeitos elétricos presentes nestes sistemas de maneira que possa ser construído um aprendizado significativo junto aos alunos. Segundo Moreira:

O conceito básico da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. A aprendizagem é dita significativa quando uma nova informação (conceito, ideia, proposição) adquire significados para o aprendiz através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, isto é, em conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação. (MOREIRA, 1997, p. 5).

Através deste jogo, espera-se que haja um bom entendimento de alguns fatores que influenciam a condutividade dos metais, além de compreender o que populariza o uso destes em nosso cotidiano.

O uso de jogos na educação mostra sua importância quando a diversão se une a aprendizagem de experiências cotidianas, conforme Lopes:

É muito mais eficiente aprender por meio de jogos e, isso é válido para todas as idades, desde o maternal até a fase adulta. O jogo em si, possui componentes do cotidiano e o envolvimento desperta o interesse do aprendiz, que se torna sujeito ativo do processo, e a confecção dos próprios jogos é ainda muito mais emocionante do que apenas jogar. (LOPES, 2001, p. 23).

O isolamento social provocado pela pandemia de Covid-19, trouxe imensos desafios

para todos os setores, no Brasil e no mundo. Na educação isso não foi diferente, devido ao ensino remoto o professor que habitualmente faz o uso de diversas estratégias de ensino, teve que muitas vezes buscar alternativas digitais para que algumas de suas atividades ainda fossem lúdicas. Para isso, recorreu ao uso de simuladores e jogos digitais que o apoiem no ensino de Física, de modo que despertassem o interesse dos estudantes e com isso, facilitando o processo de aprendizagem.

Realizamos buscas nos principais repositórios de trabalhos acadêmicos, tais como, Google Acadêmico, Scielo, Periódicos Capes, com intuito de encontrar trabalhos com a mesma proposta desta dissertação, porém não encontramos nenhum que apresentasse aquilo que fora desenvolvido. Os jogos encontrados na área do ensino de física é na maioria quizzes ou resumos que abordam determinados temas da física. Quando refinamos nossas buscas por termos relacionados ao ensino de eletricidade, deparamos-nos com alguns aplicativos cujos objetivos são que os alunos calculassem alguma grandeza elétrica, lembrando algumas vezes uma calculadora onde se calcula a resistência, tensão ou corrente elétrica.

No segundo capítulo discorreremos sobre a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, o ensino de física com auxílio de tecnologias digitais, aprendizagem através dos jogos digitais, permissão para o uso de smartphones em sala de aula na rede pública estadual de São Paulo e o último tópico do capítulo falaremos sobre o uso dos celulares como ferramenta pedagógica.

No capítulo III, traremos os conceitos básicos de eletricidade e aprofundaremos em condução e resistência elétrica, trazendo os principais conceitos abordados em nosso produto educacional.

No quarto capítulo desta dissertação, apresentaremos o produto educacional que desenvolvemos, a plataforma que utilizamos para desenvolvê-lo e as telas do jogo, bem como, uma análise detalhada de cada fase do *game*.

No capítulo 5, apresentaremos os resultados e discussões e faremos uma análise das respostas que foram coletadas ao longo da aplicação do produto educacional e recorreremos ao uso de gráficos para melhor visualização dos dados obtidos.

Para finalizar essa dissertação a conclusão será feita a partir daquilo que analisamos ao longo do processo de aplicação do produto educacional, além disso, traremos algumas considerações finais a respeito do nosso trabalho. Os apêndices trarão os questionários que utilizamos ao longo da aplicação, bem como, o produto educacional desenvolvido.

1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

Como muitos estudantes passam horas jogando, seja em vídeo games, computadores, tablets, smartphones ou qualquer outro dispositivo capaz de rodar seus games, pois os jogos digitais são desenvolvidos com intuito de prender a atenção dos jogadores. Se nós professores, conseguirmos prender a atenção dos estudantes com o uso de jogos digitais que trabalhem as habilidades e competências do currículo escolar, a chance de termos êxito no processo de ensino aprendizagem é muito grande, assim os discentes aprenderão de uma maneira divertida e conseguinte teremos uma aprendizagem significativa.

Com o nosso produto educacional buscamos alcançar os seguintes objetivos:

1. Tornar as aulas de física que abordam os conceitos de resistividade e condutividade elétrica mais interessantes aos alunos do século XXI;
2. Aplicar a tecnologia da informação e comunicação em prol do processo de ensino aprendizagem de física;
3. Facilitar a compreensão dos conceitos de eletricidade por partes dos alunos, e fazer com que esses tenham uma aprendizagem significativa ao final da aplicação do produto desenvolvido no mestrado profissional;
4. Desenvolver o jogo Corrida Eletrônica e fazer com que funcione em múltiplas plataformas e dispositivos, ou seja, não importa o aparelho tão pouco o sistema operacional que o aluno e/ou a escola possua.

Nosso objetivo geral é ilustrar de uma forma lúdica os conceitos de resistividade e condutividade elétrica no ensino de física através de um jogo eletrônico.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa foi desenvolvida pelo psicólogo estadunidense David Paul Ausubel na década de 1960, e é definida como uma teoria cognitivista. Segundo Moreira (1997), a aprendizagem é dita significativa quando uma nova informação adquire significados para o aprendiz através de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistentes do indivíduo.

Para que ocorra uma aprendizagem verdadeiramente significativa deve existir uma relação entre aquilo que o sujeito já sabe, com aquilo que será ensinado, ou seja, para aprendermos algo necessitamos ter conhecimento prévio sobre aquilo que será estudado. Esse conhecimento foi denominado por Ausubel de subsunçor. Para Moreira (2012) subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto.

Ainda de acordo com Moreira,

Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados por) a conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivas. Esta organização decorre, em parte, da interação que caracteriza a aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2016, p. 8)

Contrapondo-se a aprendizagem significativa existe a aprendizagem mecânica. Nessa o sujeito decora um determinado conteúdo, achando que aprendeu, contudo, num curto espaço de tempo ele acaba esquecendo aquilo que acreditava ter aprendido.

Para Pelizzari e colaboradores,

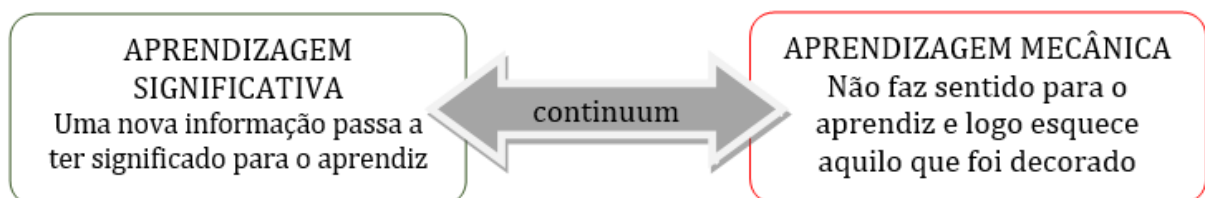
Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, a pessoa decora fórmulas, leis, mas esquece após a avaliação. (Pelizzari *et al.*, 2002, p. 38)

Certamente a aprendizagem significativa é muito mais desejável do que a mecânica e isso faz com que muitas vezes pensemos que ambas não se relacionem, porém de acordo com Moreira,

[...]pode ocorrer que em certas situações a aprendizagem mecânica seja, desejável ou necessária: por exemplo, em uma fase inicial da aquisição de um novo corpo de conhecimento. Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*. Por exemplo, a simples memorização de fórmulas situar-se-ia em um dos extremos desse *continuum* (o da aprendizagem mecânica), enquanto que a aprendizagem de relações entre conceitos poderia estar no outro extremo (o da aprendizagem significativa). (MOREIRA, 2016, p. 9)

A figura a seguir mostra a relação entre a aprendizagem significativa proposta por David P. Ausubel e a aprendizagem mecânica.

Figura 1 - Diferença entre os tipos de aprendizagem.



Fonte: do autor.

Salvador e colaboradores, salientam que a aprendizagem significativa de Ausubel tem três vantagens sobre a aprendizagem mecânica:

Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo lugar, aumenta a capacidade de aprender outros materiais ou conteúdos relacionados de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. Em terceiro lugar, e uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte – a “reaprendizagem”, para dizê-lo de outra maneira. A explicação dessas vantagens está nos processos específicos por meio dos quais se produz a aprendizagem significativa. (SALVADOR, *et al.*, 2008, p. 233)

Segundo a teoria de David Ausubel, com o passar do tempo nossa estrutura cognitiva tem a tendência reducionista. Posteriormente os conceitos mais específicos são assimilados pelos mais gerais os quais possuem vínculos e dessa maneira acabam sendo gradativamente esquecidos. Se a redução de um conceito a outro for feita corretamente, mesmo que o novo amplie o significado do antigo, o esquecimento não significará perda de conhecimento.

Ainda de acordo com a teoria da aprendizagem significativa a obliteração pode acontecer de três maneiras:

Um conceito quando se une a outro, sofrem mudanças, ou seja, a perda de informação gerou um novo e mais completo que o anterior, isso ocorre, pois, nosso sistema cognitivo não considera a ideia a ser esquecida como relevante, dessa forma, não é possível diferenciar os conceitos âncora e ancorado, de tal forma que o mais completo engloba o mais limitado.

A obliteração pode ocorrer quando um novo conceito se junta ao anterior que não seja distinguido corretamente, de modo que os dois se pareçam o mesmo, mas só aparentemente o que o faz do novo conceito menos abrangente e inapropriado.

Uma última possibilidade de obliteração acontecerá quando uma nova ideia se junta a outra menos consistente da estrutura cognitiva. Neste caso, a ideia se reduzirá a que foi vinculada ou não se modificará de maneira a integrar seu fundamento básico. Assim sendo, o conhecimento não se completou por não ter sido assimilado corretamente.

Para que haja uma aprendizagem significativa, devemos considerar o material potencialmente significativo, que pode ser uma aula, um experimento, uma apostila, um aplicativo, um filme, entre outros, desde que tenham relevância para o aprendiz e seja adequado para conferir significado ao conteúdo abordado. Ausubel (2003) recomenda o uso da organização sequencial e da consolidação. A organização de forma sequencial do conteúdo, aborda o cuidado no arranjo daquilo que será ensinado de maneira que se observe a dependência de um conteúdo em relação ao outro, o que auxilia o aluno na organização lógica de seus subsunçores. A consolidação do conhecimento, prediz a estruturação de predomínios estabilizados e fixos, permitindo-se então, a admissão de novos conhecimentos.

Outra condição que devemos considerar para que exista a aprendizagem significativa é a pré-disposição do aluno para aprender conforme destaca Ausubel,

(1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado ‘lógico’) e (2) que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material. (AUSUBEL, 2003, p. 1)

Segundo Moreira, Ausubel propôs quatro princípios programáticos do conteúdo: diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização sequencial e consolidação.

A diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade.[...] A reconciliação integrativa é, então, o princípio programático segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes.[...] A organização sequencial, como princípio a ser observado na programação do conteúdo para fins instrucionais, consiste em sequenciar os tópicos, ou unidades de estudo, de

maneira tão coerente quanto possível (observados os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa) com as relações de dependência naturalmente existentes na matéria de ensino.[...] O princípio da consolidação, por sua vez, é aquele segundo o qual insistindo-se no domínio (ou mestria) do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegura-se contínua prontidão na matéria de ensino e alta probabilidade de êxito na aprendizagem sequencialmente organizada. O fato de Ausubel chamar atenção para a consolidação é coerente com sua premissa básica de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. (MOREIRA, 2016, p. 64)

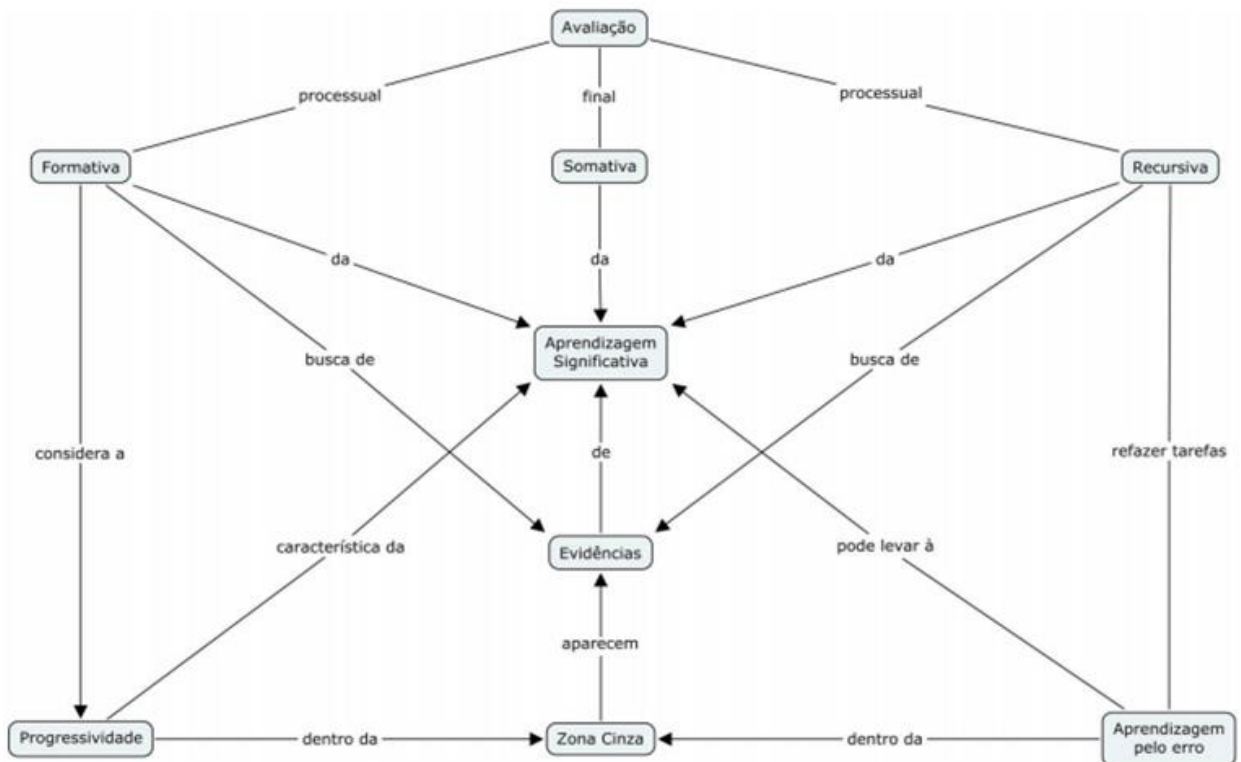
A avaliação no molde tradicional é dada ao final de um conteúdo trabalhado, onde quantifica acertos e erros e ao final é atribuída uma nota. Nesse processo avaliativo, não há preocupação se aquilo que foi respondido faz algum sentido para o sujeito, e isso, acaba sendo o que chamamos de aprendizagem mecânica, ou seja, o conteúdo daquela avaliação será esquecido em um curto espaço de tempo e, dessa maneira a aprendizagem não será significativa.

Moreira, define um conceito para avaliação à luz da aprendizagem significativa.

A avaliação da aprendizagem significativa deve ser em termos de busca de evidências, pois essa aprendizagem é progressiva, não linear, ocorre na zona cinza do contínuo aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa. Esta é a zona do erro e este deve ser aproveitado, ao invés de simplesmente punido. É normal usar o erro para aprender. Fazemos isso permanentemente, mas na escola a aprendizagem pelo erro não é bem considerada. [...] A avaliação da aprendizagem significativa não pode ser apenas somativa (final); deve ser também formativa (durante o processo) e recursiva (aproveitando o erro), permitindo que o aluno refaça as tarefas de aprendizagem. (MOREIRA, 2013, p. 30)

Para facilitar a compreensão de como deve ser trabalhado com o conceito de avaliação de acordo com teoria da aprendizagem significativa, recorreremos a um mapa conceitual, produzido por Moreira (2013).

Figura 2 - Um mapa conceitual para avaliação da aprendizagem significativa.



Fonte: Marco Antonio Moreira, 2013.

Através do mapa acima conseguimos entender os diversos caminhos que a avaliação pode percorrer para que o aluno consiga ter uma aprendizagem significativa, conforme proposto pela teoria de David Ausubel.

2.2 APRENDIZAGEM ATRAVÉS DOS JOGOS DIGITAIS

Nós seres humanos utilizamos os jogos como uma forma de entretenimento desde a antiguidade, com eles nos divertimos, distraímos e algumas vezes passamos raiva, além disso, os jogos são capazes de reunir pessoas, pois muitos deles há a necessidade da participação de dois ou mais jogadores para que uma partida aconteça.

Segundo Murcia,

O jogo é um fenômeno antropológico que se deve considerar no estudo do ser humano. É uma constante em todas as civilizações, esteve sempre unido à cultura dos povos, à sua história, ao mágico, ao sagrado, ao amor, à arte, à língua, à literatura, aos costumes, à guerra. O jogo serviu de vínculo entre

povos, é um facilitador da comunicação entre os seres humanos (MURCIA, 2005, p. 9)

Os primeiros jogos eletrônicos foram criados na década de 1950, esses contavam com recursos gráficos bastante precários ao compararmos aos jogos existentes atualmente e não possuíam som. Naquela época, não havia separação entre console e o jogo, ou seja, não existia a possibilidade de trocar de jogo utilizando o mesmo aparelho, como é feito atualmente.

De acordo com Barboza e Silva,

A história dos jogos eletrônicos começa com o osciloscópio, um instrumento de medida eletrônico. O osciloscópio cria um gráfico bi-dimensional que mostra uma ou mais diferenças de potencial. Utilizando este aparelho, o físico William Higinbotham criou em 1958 um jogo de tênis de mesa que pode ser considerado o primeiro videogame (BARBOZA; SILVA, 2014, p. 3)

Com adoção dos computadores como ferramentas do processo de ensino-aprendizagem, começaram a surgir ideias e questionamentos de como empregá-los durante as aulas. Foi a partir desse momento que os jogos digitais começaram a ser produzidos e utilizados em sala de aula.

Segundo Tarouco e seus colaboradores (2004),

A utilização de jogos na educação proporciona ao aluno motivação, além de desenvolver hábitos de persistência no desenvolvimento de desafios e tarefas. Crianças e adolescentes vêem os jogos como uma maneira mais divertida de aprender. Os jogos proporcionam ainda a melhora da flexibilidade cognitiva, pois funcionam como uma ginástica mental, aumentando a rede de conexões neurais e alterando o fluxo sanguíneo no cérebro quando em estado de concentração. (TAROUCO, *et al.*, 2004, p. 3)

Muitos estudantes passam horas jogando, seja em *vídeo games*, computadores, *tablets*, *smartphones* ou qualquer outro dispositivo capaz de rodar seus *games*, pois os jogos digitais são desenvolvidos com intuito de prender a atenção dos jogadores. Se nós professores, conseguirmos prender a atenção dos estudantes com o uso de jogos digitais que trabalhem as habilidades e competências do currículo escolar, as chances de termos êxito no processo de ensino aprendizagem são grandes e dessa maneira os discentes aprenderão de uma maneira divertida.

2.3 PERMISSÃO PARA O USO DE *SMARTPHONES* EM SALA DE AULA NA REDE PÚBLICA ESTADUAL DE SP

Ao longo dos últimos anos educadores tanto da rede pública como os da rede privada de ensino discutem sobre a permissão ou não dos aparelhos celulares em sala de aula. Nessas discussões, nunca houve um consenso por parte dos docentes, pois alguns se mostravam totalmente contrários ao uso dos aparelhos durante as aulas e outros se mostravam favoráveis, desde que tivesse o caráter pedagógico. Para ilustrar tal discussão, recorreremos às leis 12.730 e 16.567 ambas do estado de São Paulo, a primeira fora aprovada pela Assembleia Legislativa do estado de São Paulo em 11 de outubro de 2007, que tinha como finalidade a proibição dos aparelhos celulares em estabelecimentos de ensino do estado, durante período de aula.

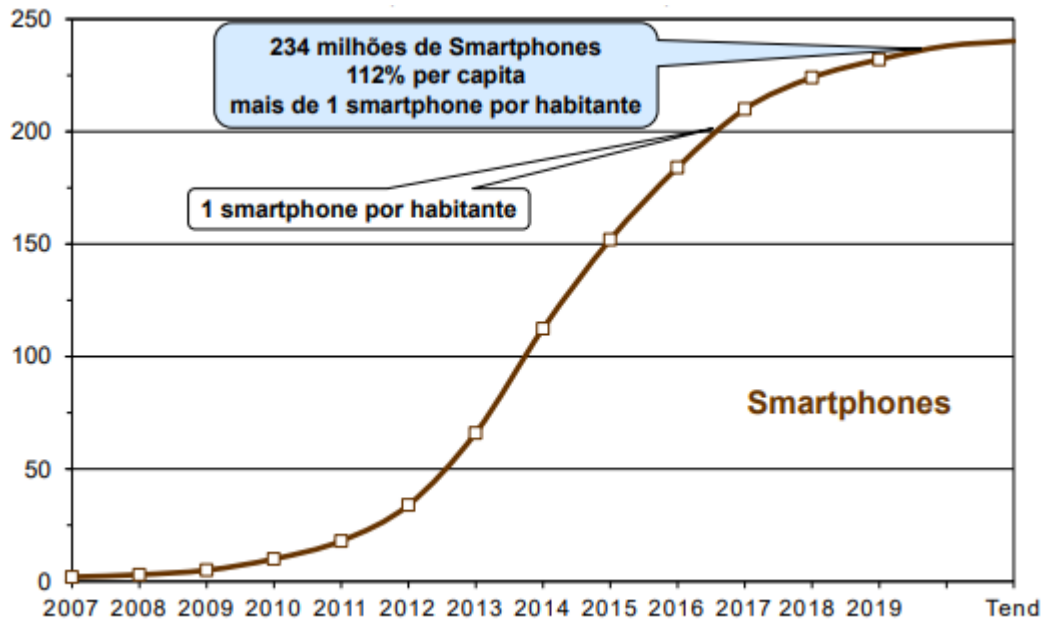
LEI Nº 12.730, DE 11 DE OUTUBRO DE 2007
 (Projeto de lei nº 132/2007, do Deputado Orlando Morando - PSDB)
 Proíbe o uso telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado, durante o horário de aula
 O GOVERNADOR DO ESTADO DE SÃO PAULO:
 Faço saber que a Assembleia Legislativa decreta e eu promulgo a seguinte lei:
 Artigo 1º - Ficam os alunos proibidos de utilizar telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado, durante o horário das aulas.
 Artigo 2º - O Poder Executivo regulamentará esta lei no prazo de 90 (noventa) dias contados da data de sua publicação.
 Artigo 3º - Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.
 Palácio dos Bandeirantes, 11 de outubro de 2007.
 JOSÉ SERRA (São Paulo, 2007)

A segunda fora aprovada dez anos mais tarde a pedido do então secretário estadual de educação de São Paulo, José Renato Nalini, pela mesma Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, tendo o caráter de alteração da Lei 12.730

LEI Nº 16.567, DE 06 DE NOVEMBRO DE 2017
 Altera a Lei nº 12.730, de 11 de outubro de 2007, que proíbe o uso de telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado, durante o horário de aula
 O GOVERNADOR DO ESTADO DE SÃO PAULO:
 Faço saber que a Assembleia Legislativa decreta e eu promulgo a seguinte lei:
 Artigo 1º - O artigo 1º da Lei nº 12.730, de 11 de outubro de 2007, passa a vigorar com a seguinte redação:
 “Artigo 1º - Ficam os alunos proibidos de utilizar telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado, durante o horário das aulas, ressalvado o uso para finalidades pedagógicas.” (NR)
 Artigo 2º - Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.
 Palácio dos Bandeirantes, 06 de novembro de 2017
 GERALDO ALCKMIN (São Paulo, 2017)

Analisando as leis mencionadas anteriormente, percebemos uma mudança por parte das autoridades em relação à permissão do uso dos aparelhos celulares em sala de aula, no entanto fica explícito que o uso é permitido apenas para fins pedagógicos. Para tentar entender essa mudança de postura, recorreremos à Pesquisa Anual do Uso de TI, coordenada pelo Professor Doutor Fernando de Souza Meirelles (2020) da Fundação Getúlio Vargas.

Figura 3 - Smartphones em uso no Brasil (milhões de unidades)



Fonte: MEIRELLES, F. S. Disponível em https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u68/fgvcia2020pesti-resultados_0.pdf Acesso em: 07 jan. 2021.

Analisando a figura 1, percebemos que na última década houve um incremento aproximado de 200 milhões de *smartphones* e isso, nos mostra que hoje temos mais dispositivos móveis que habitantes em nosso país, e esse fato pode ser um dos fatores que contribuíram para que os aparelhos fossem liberados em sala de aula.

Outro fator que pode ter ajudado na implementação dos *smartphones* como ferramenta pedagógica, foi o aumento no número de pessoas conectadas à internet, conforme observamos na Pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019.

A série histórica da pesquisa TIC Domicílios permite observar o processo de disseminação do acesso domiciliar à Internet: em 2008, primeiro ano em que a pesquisa foi realizada em áreas urbanas e rurais, apenas 18% dos domicílios brasileiros tinham acesso à rede. Em 2019, essa proporção era quatro vezes

maior (71%), o que representa, em números absolutos, cerca de 50,7 milhões de domicílios conectados. [...] Em 2019, a quase totalidade dos usuários de Internet brasileiros se conectou à rede por meio do telefone celular (99%), dispositivo mais utilizado para acessar a Internet desde 2015. O acesso pelo computador, que era de 80% em 2014, vem diminuindo, e chegou a 42% em 2019. (NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR, 2020, p. 60)

A partir desses dados, compreendemos as mudanças que ocorreram ao longo da última década sobre a adoção dos aparelhos celulares como uma ferramenta pedagógica em sala de aula. Porém, antes de permitirmos o uso desses equipamentos, devemos realizar um planejamento de nossas aulas e deixar claro aos alunos a intencionalidade do uso dos aparelhos durante as aulas.

2.4 PROFESSORES E O USO DOS CELULARES COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA

Muitos de nossos alunos são nascidos entre 1995 e 2005, ou seja, são pertencentes a denominada geração Z. Essa geração, nasceu em uma época em que o acesso à internet, computadores, celulares e diversos outros equipamentos eletrônicos se popularizou.

De acordo com Kämpf,

[...]pessoas nascidas a partir da segunda metade da década de 1990. Esses indivíduos, segundo alguns especialistas, seriam totalmente familiarizados com as últimas tecnologias digitais e não encontrariam dificuldade alguma em aprender a lidar com as novidades que aparecem praticamente todos os dias nesse mercado, diferentemente dos membros das gerações que os antecedem. O "Z" vem de "zapear", ou seja, trocar os canais da TV de maneira rápida e constante com um controle remoto, em busca de algo que seja interessante de ver ou ouvir ou, ainda, por hábito. "Zap", do inglês, significa "fazer algo muito rapidamente" e também "energia" ou "entusiasmo". (KÄMPF, 2011, p. 1)

Um dos grandes desafios para os profissionais da educação é saber como lidar com essa geração em sala de aula, pois precisamos desenvolver meios que atraiam a atenção desses alunos para nossas aulas, haja vista, que esses estudantes costumam realizar várias coisas ao mesmo tempo, e facilmente se dispersam se aquilo que está sendo trabalhado em aula não despertem seus interesses. Um dos grandes distratores em sala de aula é o *smartphone*, pois através desse é possível acessar redes sociais, mensageiros eletrônicos, vídeos, jogos entre outros.

Diante desse cenário, em que a maioria dos adolescentes possui aparelhos celulares, e levam consigo aonde quer que vão, devemos buscar formas de aproveitarmos esses dispositivos com intuito de enriquecer nossa prática docente. Por isso, necessitamos sempre que possível oferecer as mais diferentes ferramentas tecnológicas para contribuir com o processo de ensino-aprendizagem.

Conforme Paiva,

Valorizar a utilização dos recursos tecnológicos nas salas de aula, de forma a favorecer o aprendizado dos alunos e tornar o processo de ensino e aprendizagem mais significativos para as crianças e adolescentes, faz com que o aluno utilize ferramentas que já fazem parte do seu dia a dia (PAIVA, 2012, p. 1)

Como o celular é uma ferramenta que está sempre ao alcance de nossas mãos, devemos torná-lo cada vez mais presente em nossas aulas. Dessa forma, renovamos em nossas práticas e atraímos a atenção dos alunos.

De acordo com Monteiro e Teixeira,

O que se pode dizer é que o celular vem dialogando com as culturas as quais possivelmente já estão presentes nas salas de aula e/ou no espaço escolar com uma disposição que pode possibilitar emergir novas culturas e novas práticas pedagógicas. (MONTEIRO; TEIXEIRA, 2007, p. 3)

A formação dos futuros professores deve contemplar o uso de ferramentas tecnológicas, para que esses docentes quando entrarem em exercício, tenham familiaridade com dispositivos e ferramentas destinadas ao processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Frizon *et al.*,

Os cursos superiores de licenciaturas precisam preparar os futuros docentes para o uso eficaz das tecnologias digitais, contribuindo com o aluno no desenvolvimento das capacidades cognitivas que são requeridas para que se concretize os processos de ensino e de aprendizagem. (FRIZON *et al.*, 2015, p. 3)

Para aqueles profissionais, que se formaram antes das licenciaturas oferecerem disciplinas de tecnologias digitais, é recomendado que as redes de ensino onde atuam esses docentes ofereçam cursos de formação continuada, a fim de preparar esses professores para as atuais demandas no processo de ensino em relação ao uso de tecnologias digitais em sala de aula. Profissionais mais experientes, muitas vezes rejeitam aquilo que é novo, e devido a esse fato, torna-se necessário a insistência para realização de cursos de atualização e aperfeiçoamento.

Quando surge uma nova tecnologia, a primeira atitude é de desconfiança e de rejeição. Aos poucos, a tecnologia começa a fazer parte das atividades sociais da linguagem e a escola acaba por incorporá-la em suas práticas pedagógicas. Após a inserção, vem o estágio da normalização, definido por Chambers e Bax

(2006, p.465) como um estado em que a tecnologia se integra de tal forma as práticas pedagógicas que deixa de ser vista como cura milagrosa ou como algo a ser temido (PAIVA, 2008, p. 1)

Desse modo, para que um profissional da educação utilize as ferramentas tecnológicas digitais em suas aulas, devem ser ofertados cursos de formação continuada, onde são trabalhados o uso de dispositivos e aplicativos com ênfase em sua área de atuação. Ressaltamos, que nenhum equipamento irá substituir os professores em suas funções, e que nossa proposta é adoção de meios para a melhoria do processo ensino-aprendizagem. Isso ficou claro durante a pandemia de Covid-19, onde os professores tiveram que se adaptar rapidamente ao mundo das aulas virtuais e de maneira extraordinária desempenharam seu papel como docentes.

Concluimos esse capítulo ressaltando a importância do uso da tecnologia em sala de aula, e o professor como o principal responsável neste processo. Nosso trabalho consiste no desenvolvimento de um jogo digital que aborde os conceitos de condutividade e resistividade elétrica, esse poderá ser executado em computadores, *tablets* e *smartphones* independentemente do sistema operacional utilizado. Com esse jogo, pretendemos que nossos alunos tenham uma aprendizagem significativa conforme proposta por David Paul Ausubel.

Capítulo 3

TÓPICOS DA ELETRICIDADE

Iniciamos este capítulo abordando o conceito de corrente elétrica e suas aplicações em nosso cotidiano, além disso, trazemos duas ilustrações, sendo a primeira quando um condutor não está na presença de um campo elétrico e a segunda mostra o que ocorre quando um condutor é exposto ao campo elétrico e, para finalizar esse tópico trazemos a fórmula para determinar o valor da corrente elétrica, bem como, sua unidade no SI.

No tópico de resistividade e condutividade elétrica abordamos os principais conceitos de ambas e mostramos que uma é inversa da outra, além disso mostramos as relações matemáticas que os permite determinar esses valores, bem como uma tabela que nos mostra a resistividade em ohms-metro dos principais condutores elétricos e finalizamos explicando o que é o efeito Joule.

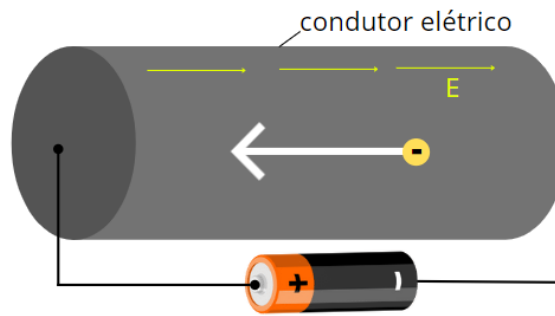
3.1 CORRENTE ELÉTRICA

Young e Freedman (2015), definem corrente elétrica como sendo qualquer movimento de carga de uma região para outra. Quando isso acontece ao longo de uma trajetória que forma um circuito fechado, essa trajetória recebe o nome de circuito elétrico. Nos circuitos constituídos por fios de metal, são os elétrons livres que dão origem à corrente.

Circuitos elétricos são os responsáveis por desempenhar um papel fundamental na maioria das aplicações práticas da eletricidade, tais como, em computadores, *smartphones*, lanternas, eletrodomésticos, entre outros.

Ao estabelecermos uma diferença de potencial no condutor elétrico através do uso de uma bateria ou qualquer fonte de energia, esse material a ser preenchido por um campo elétrico. A orientação desse campo elétrico, será do de maior potencial para o de menor. Dessa forma, os elétrons livres que estão sobre a força do campo elétrico se movimentarão no sentido do menor para o maior potencial, ou seja, sentido contrário ao do campo. Dessa maneira, o movimento dos elétrons dentro do condutor passa a ser ordenado.

Figura 4 - Condutor elétrico sob ação de um campo elétrico.

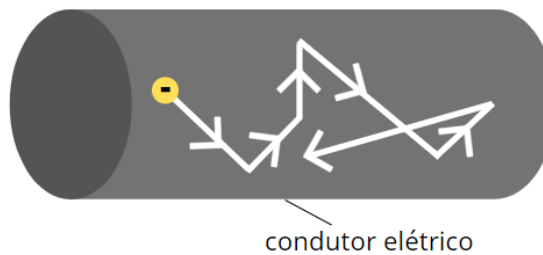


Fonte: do autor.

Dentro de um condutor metálico, os elétrons livres se movem de maneira desordenada, esse movimento não constitui a corrente elétrica, já que é um movimento aleatório de elétrons.

Na figura 5, representamos apenas um elétron livre se movendo de maneira aleatória dentro de um fio condutor.

Figura 5 - Condutor elétrico sem campo.



Fonte: do autor.

Nesse caso, o circuito elétrico se encontra no mesmo potencial. Portanto, não existe campo elétrico em seu interior, não há corrente elétrica, apesar de existirem elétrons de condução disponíveis, nenhuma força resultante atua sobre eles.

Após algum tempo, o fluxo de elétrons atinge um valor constante e a corrente elétrica não varia com o tempo.

Suponhamos que uma carga elétrica atravessasse uma seção reta de um condutor num determinado intervalo de tempo, esta corrente elétrica que percorre o plano é definida pela expressão a seguir (Young e Freedman, 2015):

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Onde: i é a corrente elétrica, dq é a carga elétrica e dt é o intervalo de tempo.

Para determinarmos a carga que atravessa a área transversal recorreremos a seguinte equação:

$$q = \int dq = \int_0^i idt \quad (2)$$

A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional é o Ampere (A), em homenagem ao físico e matemático francês André-Marie Ampère, que viveu entre os anos de 1775 a 1836, cuja obra colaborou para importantes avanços do estudo do eletromagnetismo.

$$1 \text{ ampere} = 1 \frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}} \Rightarrow 1A = 1 \frac{C}{s}$$

Como já abordamos os conceitos de corrente elétrica agora iremos discorrer sobre condutividade e resistividade elétrica, pois esses são os principais tópicos abordados no jogo Corrida Eletrônica.

3.2 CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é uma característica muito importante dos materiais, em especial quando falamos dos metais. Quando submetidos a um campo elétrico, quanto mais facilmente seus elétrons livres fluírem, maior será a condutividade do material. Outro fator que influencia na condutividade de corrente é a densidade elétrica, essa pode ser definida como o fluxo de carga de uma seção transversal em um ponto específico do condutor, possuindo a mesma direção e velocidade das cargas em movimento se forem positivas, e contrário se negativas.

Um condutor para ser considerado perfeito teria de possuir resistência igual a zero, já um isolante perfeito teria de ter resistência infinita. Os metais e ligas metálicas possuem baixa resistividade e consequentemente são os melhores condutores.

O fator de proporcionalidade ρ é conhecido como resistividade, e é uma característica de cada material. A resistividade pode ser definida pela razão entre o módulo do campo elétrico E e o módulo da densidade de corrente J .

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (3)$$

A resistividade do material é inversamente proporcional à condutividade elétrica (σ) de modo que:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (4)$$

Na tabela a seguir podemos conferir alguns materiais e suas respectivas resistividades:

Tabela 1 - Resistividade em ohms-metro (todos os valores são para 1 atm, a 20 °C).

Substância		ρ ($\Omega \cdot m$)	Substância	ρ ($\Omega \cdot m$)
Condutores			Semicondutores	
Metais	Prata	$1,47 \times 10^{-8}$	Carbono puro (grafite)	$3,5 \times 10^{-5}$
	Cobre	$1,72 \times 10^{-8}$	Gêrmanio puro	0,6
	Ouro	$2,44 \times 10^{-8}$	Silício puro	2300
	Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$	Isolantes	
	Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$	Âmbar	5×10^{14}
	Aço	20×10^{-8}	Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
	Chumbo	22×10^{-8}	Lucita	$> 10^{13}$
Ligas	Mercúrio	95×10^{-8}	Mica	$10^{11} - 10^{15}$
	Manganina (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%)	44×10^{-8}	Quartzo (fundido)	75×10^{16}
	Constantan (Cu 60%, Ni 40%)	49×10^{-8}	Enxofre	1×10^{15}
	Nicromo	100×10^{-8}	Teflon®	$> 10^{13}$
			Madeira	$10^8 - 10^{11}$

Fonte: Young e Freedman, 2015, p. 150.

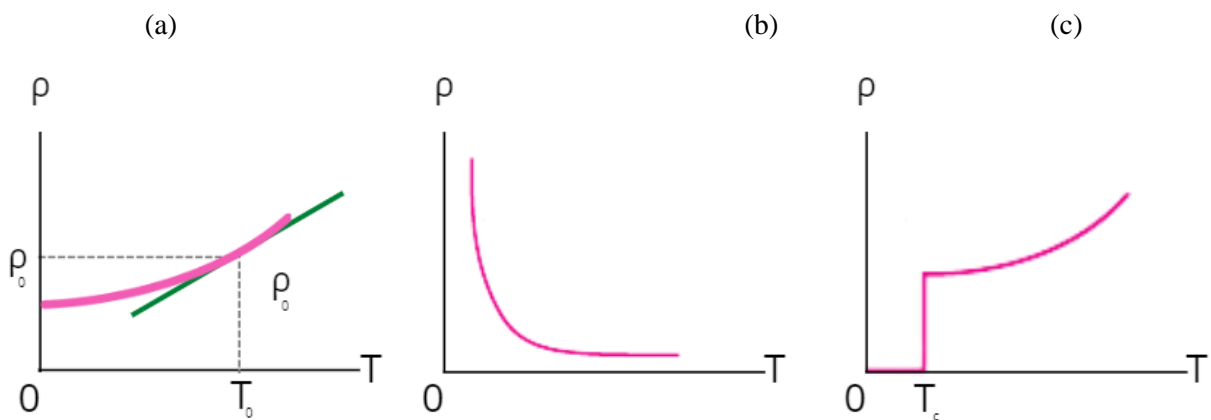
Analisando a tabela 1, notamos que até mesmo os isolantes podem apresentar níveis de condutividade, porém sua resistividade é muito superior a dos melhores condutores cerca de 10^{22} vezes maior.

Outro atributo que devemos considerar quando abordamos a resistividade é a temperatura a qual o material está submetido. Ohm inspirou-se em um importante trabalho de Jean-Baptiste Joseph Fourier (físico e matemático francês), que criou a chamada lei de Fourier, por meio da qual afirmava que há uma proporcionalidade entre o fluxo de energia e o gradiente de temperatura. Fourier descobriu que a condução de calor entre dois pontos é proporcional à diferença de temperatura entre eles e a condutividade térmica do meio que os separa. Quando comparamos a condutividade elétrica com a condutividade térmica de um material, notamos que um bom condutor elétrico costuma ser um bom condutor térmico. Já um mal condutor térmico como a borracha por exemplo, costuma ser um mal condutor elétrico.

A resistividade de um material muda de acordo com a temperatura a qual está submetido. Nos metais a resistência elétrica quase sempre aumenta conforme o aumento da temperatura. Nos semicondutores que possuem resistividade intermediária entre a condutividade de um metal, a resistividade do material diminui à medida em que a temperatura cresce. Nos supercondutores a resistência torna-se nula quando esses são expostos a certa temperatura crítica.

Na figura 6 mostramos o comportamento da resistividade em função da temperatura.

Figura 6 - Variação da resistividade em função da temperatura nos (a) metais (b) semicondutores (c) supercondutores.



Fonte: Young e Freedman, 2015, p. 152.

Se considerarmos um intervalo de até 100 °C, podemos determinar a resistividade de um metal através da equação 5:

$$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (5)$$

Sendo $\rho(T)$ a resistividade a uma temperatura T , ρ_0 a resistividade a uma temperatura de referência T_0 e α o coeficiente de temperatura da resistividade que varia de acordo com o material.

Através da primeira lei de Ohm sabemos que há proporcionalidade entre a corrente e a diferença de potencial observada em alguns materiais (ôhmicos), com isso conseguimos mensurar a tensão necessária a ser aplicada em um circuito, para que haja uma intensidade de corrente elétrica suficiente para percorrer este dispositivo, assim como seus componentes. Deste modo, quanto maior for a dificuldade que o dispositivo impõe a passagem da corrente, maior deverá ser a tensão aplicada.

Então, a razão entre a tensão e corrente (V/I), é uma medida da dificuldade imposta pelo dispositivo à passagem da corrente elétrica, denominada resistência elétrica (R), que tem como unidade no SI o Ohm (Ω), em homenagem a Georg Simon Ohm (físico e matemático alemão

responsável pelo postulado dessa lei). Matematicamente escrevemos essa lei como (Young e Freedman, 2015):

$$V = RI \quad (6)$$

Ohm também observou em seus experimentos que a resistência elétrica é proporcional ao comprimento do material condutor e inversamente proporcional a área da seção transversal deste. Esse novo postulado ficou conhecido como Segunda Lei de Ohm, escrita como:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (7)$$

Young e Freedman (2015), lembram que a lei de Ohm é um modelo idealizado que descreve muito bem o comportamento de alguns materiais, porém não fornece uma descrição geral para todos os materiais.

Combinando as equações da primeira (6) e da segunda Lei de Ohm (7), teremos:

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \quad (8)$$

Reorganizando:

$$\frac{V}{L} = \rho \frac{I}{A} \quad (9)$$

Lembrando que V/L é o campo elétrico (E) que age sobre o condutor e I/A é a densidade da corrente (J), teremos então:

$$E = \rho J \quad (10)$$

Em termo de condutividade:

$$J = \sigma E \quad (11)$$

Temos de salientar que o verdadeiro significado da lei de Ohm consiste na indicação de

uma proporcionalidade direta da tensão com a corrente elétrica ou da densidade de corrente com o campo elétrico.

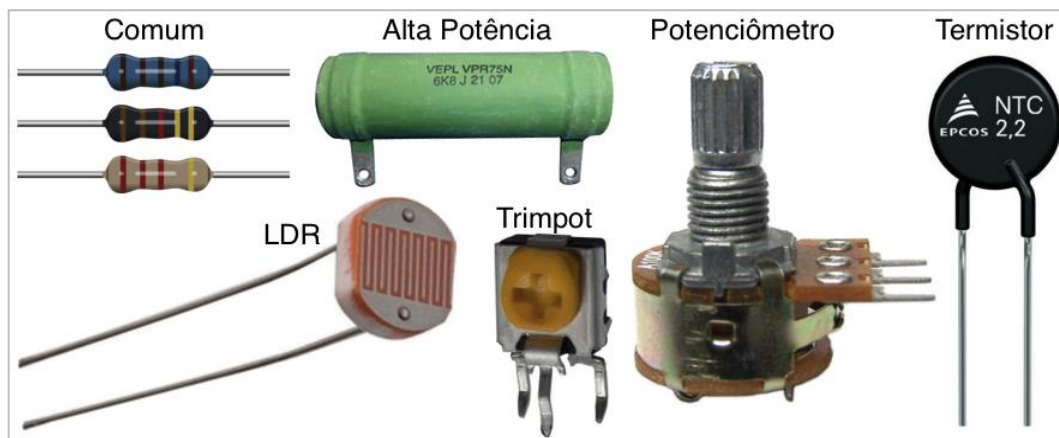
Como resistividade de um material muda de acordo com a temperatura, a resistência elétrica de um condutor também varia dessa maneira. Para pequenos intervalos de temperatura, essa variação é dada pela seguinte relação (similar a equação 5):

$$R(T) = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (12)$$

Onde $R(T)$ é a resistência elétrica a uma temperatura T , e R_0 é a resistência a uma temperatura de referência T_0 e α o coeficiente de temperatura da resistividade que varia de acordo com o material.

Podemos definir resistor elétrico como um componente limitador do fluxo de cargas elétricas através da transformação de energia elétrica em energia térmica. São encontrados na maioria dos dispositivos eletrônicos com diversos valores, formatos e tamanhos, conforme mostrado na figura 7.

Figura 7 - Diversos tipos de resistores elétricos.



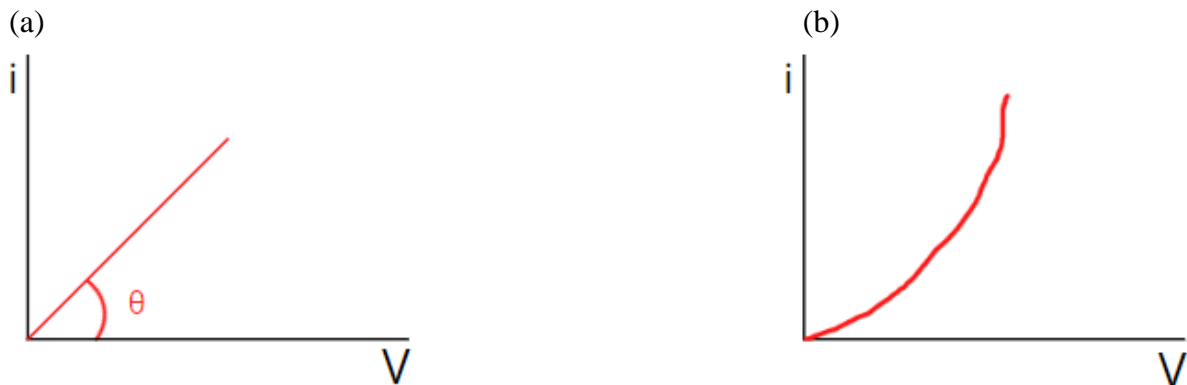
Fonte: Meta Eletrônica. Disponível em: <https://sites.google.com/site/metaeletronica/projetos/curso-rapido-de-eletronica-basica/componentes-passivos>. Acesso em: 15 jul. 2022.

Segundo Young e Freedman,

Um resistor é um elemento que possui um dado valor de resistência em suas extremidades[...] os resistores individuais usados em circuitos eletrônicos geralmente são cilindros com dimensões de alguns milímetros de diâmetro e de comprimento, e possuem fios que saem de suas extremidades. (Young e Freedman, 2015, p. 154)

Quando um resistor é ôhmico, o gráfico da tensão em função da corrente elétrica é uma linha reta (figura 8(a)), porém quando o resistor não obedece a lei de Ohm, a corrente aumenta de forma não linear a tensão elétrica (figura 8(b)).

Figura 8 - Gráfico de resistores (a) ôhmicos e (b) não ôhmicos.



Fonte: Compilação do autor.

Nos resistores que obedecem a primeira lei de Ohm (figura 8(a)) o coeficiente angular é o valor da resistência elétrica, cujo o valor pode ser obtido através da seguinte relação:

$$\theta = \frac{V}{I} = R \quad (13)$$

Os resistores que não obedecem a primeira lei de Ohm, recebem o nome de resistores não ôhmicos, pois não possuem uma relação linear entre tensão e corrente elétrica, ou seja, suas resistências variam de acordo com a tensão aplicada. Normalmente, esses resistores são mais sensíveis às variações de temperatura e como exemplo podemos citar uma lâmpada incandescente, cuja resistência elétrica aumenta com o aumento da diferença de potencial e ao plotarmos um gráfico da tensão pela corrente elétrica não teremos uma reta como ocorre nos resistores ôhmicos.

Uma das consequências da relação entre a corrente e a tensão elétrica é o surgimento do efeito Joule, o qual pode ser explicado pela transformação da energia elétrica em energia térmica. A presença de um campo elétrico causa a força que atua sobre os elétrons livres, fazendo com o seu movimento seja ordenado na direção desse campo, ou seja, o condutor não está mais em equilíbrio eletrostático. Apesar de haver uma variação da velocidade acelerando as cargas, essa velocidade não aumenta indefinidamente. Isso ocorre devido às colisões entre os elétrons de condução e os íons de fundo.

Segundo Bagnato e Rodrigues (2006), existem muitas interferências que contribuem para impedir o movimento dos elétrons, mas principalmente as colisões.

Quando os elétrons são forçados a movimentarem-se pela ação do campo elétrico externo, eles colidem com os íons (átomos) que constituem o material, transferindo a esses toda a energia cinética adquirida pela ação do campo elétrico. O resultado destas colisões é uma transferência de energia dos elétrons para o material como um todo, e isto corresponde ao aquecimento do material (Efeito Joule) (BAGNATO e RODRIGUES, 2006, p. 36)

Isso foi explicado no final do século XIX pelo físico alemão Paul Drude, que em seus estudos sobre condução elétrica e térmica dos materiais em seus modelos esquemáticos aplicados em gases, notou que as colisões ocorrem e em cada uma delas toda a energia adquirida é transferida aos obstáculos do caminho, e sempre que isso acontece o elétron deverá reiniciar sua trajetória.

No capítulo seguinte abordaremos as etapas da aplicação do produto educacional, assim como, explicamos o funcionamento do jogo Corrida Eletrônica.

Capítulo 4

DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE ENSINO E APLICAÇÃO DO PRODUTO

Neste capítulo, apresentamos a sequência de aulas desenvolvidas durante a aplicação do produto educacional, além disso, discorreremos sobre as etapas de desenvolvimento do jogo Corrida Eletrônica.

A aplicação do produto educacional foi realizada com um turma de 3ª série do ensino médio de uma escola estadual, localizada na cidade de Tietê/SP. Devido ao atual cenário de pandemia que estamos enfrentando desde o início de 2020, a aplicação ocorreu de forma remota, utilizando o aplicativo Centro de Mídias SP desenvolvido pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo e contou com a participação de 9 alunos de maneira integral, ou seja, aqueles que não faltaram em nenhum dos dias da aplicação das atividades.

O produto educacional foi dividido em 5 (cinco) etapas e adotamos a seguinte ordem: levantamento dos conhecimentos prévios, aulas expositivas e dialogadas, aplicação do jogo Corrida Eletrônica, avaliação e verificação da aprendizagem significativa. Na tabela 2 mostramos as etapas e o número de aulas utilizadas em cada uma delas.

Tabela 2 - Etapas e número de aulas

Etapas	Número de aulas (45 minutos)
Levantamento dos conhecimentos prévios	2
Aulas expositivas e dialogadas	4
Aplicação do jogo	4
Avaliação	2
Verificação da aprendizagem significativa	2

Fonte: do autor.

A apresentação da proposta do nosso produto educacional, bem como, a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, levaram duas aulas de 45 minutos cada e utilizamos o aplicativo CMSP para nos comunicar com os discentes participantes da pesquisa e o Formulário do Google para aplicar o questionário.

Na etapa das aulas expositivas e dialogadas utilizamos 4 aulas de 45 minutos e a preparação dessas aulas baseou-se em grande parte a partir das repostas que os alunos forneceram através do questionário de conhecimento prévio que aplicamos na primeira etapa dessa pesquisa, além disso, nessa etapa utilizamos recursos audiovisuais, tais como, *slides* e vídeos existentes na internet para melhor ilustrar aquilo que era abordado, lembrando que todas as etapas de desenvolvimento deste produto foram desenvolvidas de maneira remota.

Para aplicação do jogo Corrida Eletrônica, foram utilizadas 4 aulas de 45 minutos cada uma, sendo que na primeira utilizamos para apresentação e os procedimentos para acessar ou instalar, caso o aluno possuísse um dispositivo Android. A segunda e terceira aulas dessa etapa foram destinadas à aplicação do jogo, ou seja, os alunos jogaram o Corrida Eletrônica e nesta etapa alguns discentes aproveitaram e testaram o jogo em diferentes dispositivos e plataformas com intuito de testar o desempenho e a jogabilidade. A quarta e última aulas foram direcionadas para aplicação de questionário sobre o jogo, neste ponto os alunos puderam reportar *bugs*, sugerir melhorias e responder se existia alguma relação com aquilo que fora trabalhado nas aulas anteriores. O desenvolvimento do jogo, bem como, as explicações de seu funcionamento serão abordadas no tópico 4.1 dessa dissertação e a análise dos dados coletados a partir do formulário de avaliação do jogo que serão apresentados no capítulo 5.

A última etapa do trabalho foi dividida em duas partes, a primeira chamamos de avaliação e a segunda verificação da aprendizagem e para isso utilizamos 2 aulas de 45 minutos para cada parte. Tanto na avaliação quanto na verificação da aprendizagem aplicamos um questionário com 7 perguntas, porém com intervalo de aproximadamente 6 meses entre elas, esse período julgamos necessário para que pudéssemos buscar evidências se aconteceu ou não a aprendizagem significativa.

4.1 JOGO CORRIDA ELETRÔNICA

Jogos educativos são mais um tipo de material didático de apoio que o professor pode fazer uso. Sozinho, o potencial educacional de um jogo é baixo, no entanto, quando aliado a

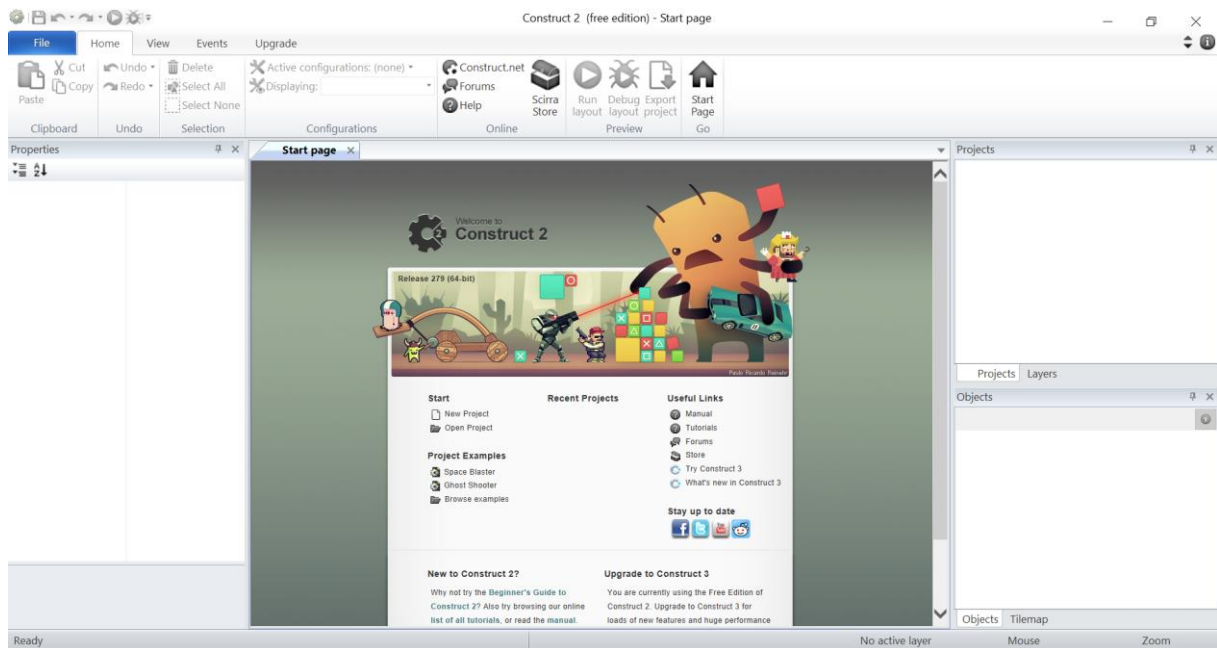
outras práticas pedagógicas já comuns, como aulas expositivas, trabalhos em grupos ou atividades de experimentação, seu potencial verdadeiro é revelado.

O jogo que desenvolvemos visa abordar alguns conceitos da eletricidade, principalmente a questão da resistividade e condutividade elétrica dos metais. Sendo a proposta base, o jogador percorrer por diferentes materiais condutores com seu elétron, encontrando obstáculos pelo caminho, fazendo com que sua energia cinética acabe se dissipando pelo caminho (lembrando que as colisões entre elétrons e íons transformam a energia cinética em energia térmica nos condutores).

Em um mercado cada vez mais concorrido e que de acordo com Pacete (2022) movimentou cerca de US\$ 175 bilhões ao redor do mundo no ano de 2021, existem diversas ferramentas para desenvolvimento de jogos digitais, e aqui destacamos as cinco mais conhecidas nesse nicho: *Construct*, *GameMaker*, *Unreal Engine*, *Godot*, *Unity*. Essas ferramentas oferecem diversas facilidades no desenvolvimento de jogos e existem opções gratuitas e pagas, além disso, algumas requerem um computador de alto desempenho como é o caso da *Unity* e outras apenas um PC básico, como é o caso da *Construct 2*, e isso foi um dos fatores que nos levou a adoção desse *game engine* para o desenvolvimento do Corrida Eletrônica.

Construct 2 (figura 9) é uma ferramenta que permite a criação de jogos digitais em duas dimensões de uma maneira relativamente simples, na maioria das vezes bastando clicar e arrastar no componente desejado, e com isso, não necessitando de conhecimento avançado em programação. Por ser baseado em HTML5, os jogos desenvolvidos nessa plataforma são executados na maioria dos navegadores atualmente. Existe a versão gratuita e a paga da ferramenta, neste trabalho resolvemos adquirir a versão paga para não termos que esbarrar em alguma limitação do software.

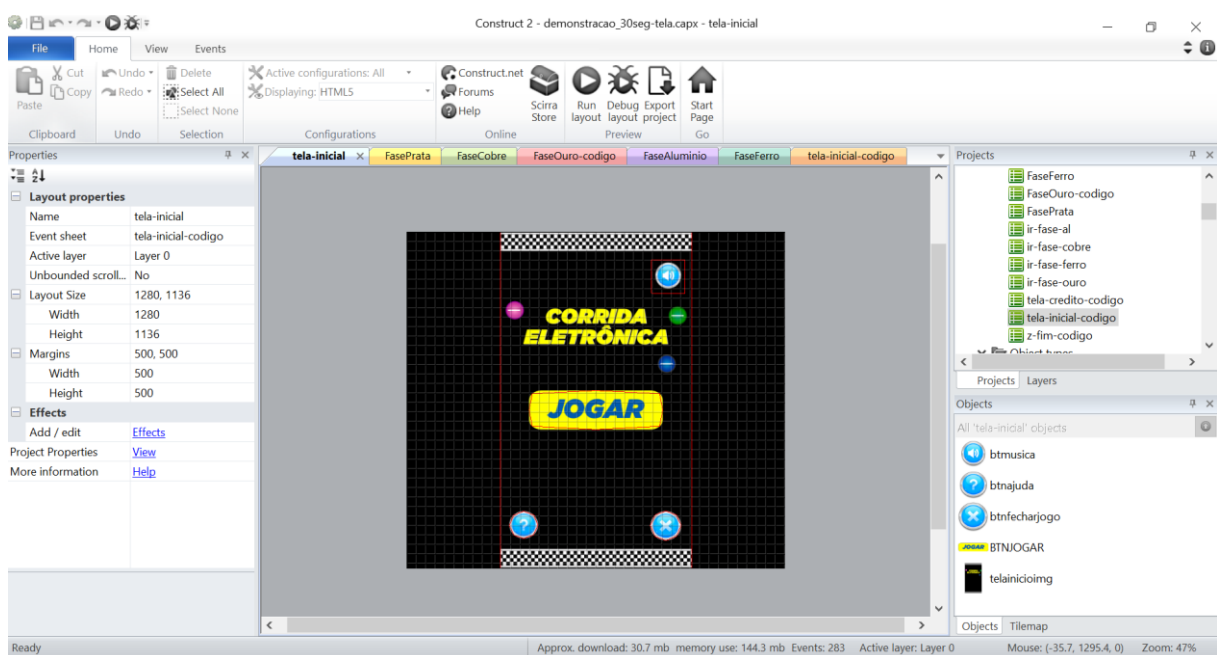
Figura 9 - Tela inicial do Construct 2.



Fonte: do autor.

Na figura 10 mostramos a tela inicial do nosso jogo dentro do ambiente de desenvolvimento da plataforma, nessa imagem é possível notar que podemos trabalhar com guias para a programação e *design* das telas, além disso, notamos um painel na lateral direita com as propriedades de *layout* e no painel a esquerda são exibidas as fases do jogo e os objetos que o compõe.

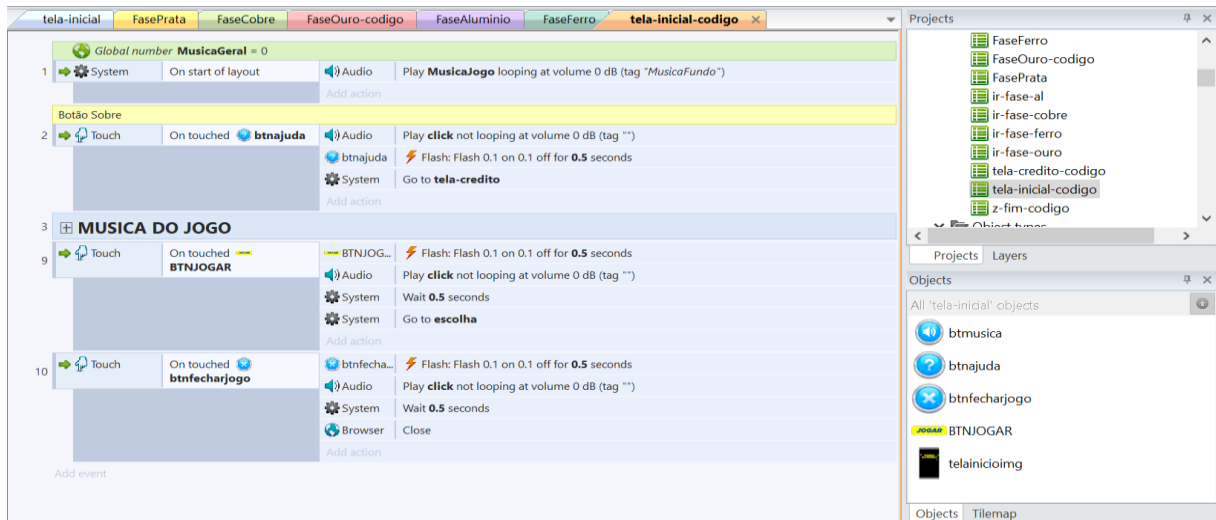
Figura 10 - Tela inicial dentro do Construct 2.



Fonte: do autor.

Na figura 11 mostramos uma parte do código que criamos para a primeira tela do jogo, nessa é possível verificar que a programação de cada item do jogo é feita em blocos, facilitando para aqueles que não possuem experiência em programação.

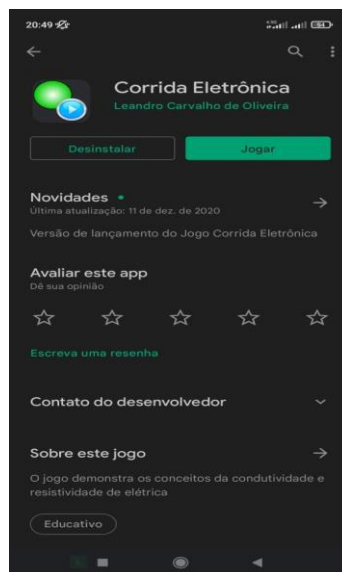
Figura 11 - Código da tela inicial do jogo.



Fonte: do autor.

Para acessar o jogo criamos um site que pode ser acessado através de um navegador no seguinte endereço <http://corridaeletronica.com.br>, além disso, disponibilizados uma versão *mobile* para *smartphones* com SO Android que pode ser instalado através da Google Play, para isso, basta acessar a loja e digitar Corrida Eletrônica (figura 12).

Figura 12 - Corrida Eletrônica na Google Play.



Fonte: do autor.

Ao abrirmos o jogo será exibida a primeira tela (figura 13 (a)) e nessa nos deparamos com o título e um botão jogar em destaque, além de um botão com o símbolo de interrogação (?) que nos leva até a tela de créditos do jogo (figura 13 (b)), um botão na forma de alto-falante no canto superior direito que nos permite ativar e desativar a música de fundo e um botão com um X que encerra o jogo.

Figura 13 – (a) Tela inicial do Corrida Eletrônica. (b) tela de créditos do jogo.



Fonte: Compilação do autor.

Ao clicarmos em jogar será exibida a tela de escolha do elétron (figura 14), nessa é oferecida ao jogador a opção de escolha da cor do elétron que o mesmo guiará ao longo das fases do jogo, ressaltamos que a cor em nada interfere nas propriedades do jogo, ou seja, o elétron verde tem as mesmas características do elétron rosa, portanto as cores diferentes são de apenas caráter ilustrativo.

Figura 14 - Tela de escolha do elétron.



Fonte: do autor.

Antes de iniciar cada fase o jogador se deparará com uma tela com a temática do material a ser percorrido e um resumo com algumas informações importantes sobre ele (figura 15), como nome do material, uma breve explicação, seu símbolo, massa atômica, número atômico e a resistividade ou condutividade elétrica.

Figura 15 - Resumo das propriedades da (a) prata, (b) cobre, (c) ouro, (d) alumínio, (e) ferro.



Fonte: Compilação do autor.

Concebemos o jogo Corrida Eletrônica com 5 fases, sendo a primeira a prata (figura 16(a)), a segunda o cobre (figura 16(b)), a terceira o ouro (figura 16(c)), a quarta o alumínio (figura 16(d)) e a última o ferro (figura 16(e)). Para determinar a ordem das fases do jogo, obedecemos o critério da condutividade elétrica, ou seja, começamos com a prata que é o melhor condutor elétrico e encerramos com o ferro, que dentre os 5 metais é o que tem a pior

condutividade.

Figura 16 – Fase (a) prata, (b) cobre, (c) ouro, (d) alumínio, (e) ferro.



Fonte: Compilação do autor.

Durante as fases do Corrida Eletrônica serão exibidos marcadores no formato de barras na parte superior da tela, sendo o primeiro o tempo (cada fase tem duração de 2 minutos), na cor rosa, o segundo marca a energia na cor verde, e o último mostra o aumento de temperatura conforme o elétron colide. Além disso, existem 2 botões circulares, sendo o primeiro para pausar/retomar a partida e o segundo para desativar/ativar o som do jogo.

Ao longo das fases o jogador deverá percorrer as pistas de corridas, desviando dos íons, que fazem com que ele dissipe energia e aumente sua temperatura.

Na primeira fase, como todo bom jogo deve ser, o jogador deverá encontrar maior facilidade em desviar dos obstáculos (íons), e espera-se que o aluno entenda que esta facilidade se deva ao fato da prata estar no topo da lista de material com maior propriedade de condutividade. Porém, conforme o jogador for avançando nas fases, notará que o número de obstáculos vai aumentando e conseqüentemente, o número de colisões entre elétrons e íons, o que acaba resultando no aumento de temperatura e com isso, nível de dificuldade será também aumentado. Caso o jogador perca toda a energia do elétron durante a fase, será exibido uma tela de *game over* (figura 17) e com um botão para ele tentar novamente.

Figura 17 - Game over.



Fonte: do autor.

Ao concluir cada fase, será mostrada uma mensagem de parabéns, conforme mostrado na figura 18 e um botão retangular que abre uma nova etapa do jogo.

Figura 18 - Mensagem de parabéns.



Fonte: Compilação do autor.

Ao avançar pelas fases, prata, cobre, ouro, alumínio e finalmente pela ferro aparecerá uma mensagem final, com os dizeres “VENCEDOR” e “Você concluiu todas as fases da CORRIDA ELETRÔNICA” (figura 19).

Figura 19 - Tela de vencedor.



Fonte: do autor.

No próximo capítulo desse trabalho faremos a análise das respostas dadas pelos participantes da aplicação desse produto educacional e esperamos evidenciar sinais de aprendizagem significativa, conforme a teoria de David Ausubel.

Capítulo 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa etapa do trabalho realizaremos a análise dos dados obtidos a partir de questionários que foram aplicados ao longo das etapas mencionadas anteriormente. Adotamos a ferramenta Formulários Google para aplicação dos questionários, devido sua facilidade de uso tanto na criação dos formulários, quanto em seu uso por parte dos discentes.

Após a análise desses dados esperamos evidenciar que houve indícios da aprendizagem significativa por parte daqueles alunos que participaram do referido produto educacional.

Os dados apresentados a seguir não possuem conotação estatística, pois a quantidade de participantes foi muito pequena e com isso, não podemos afirmar que aquilo que será apresentado a seguir aconteça quando aplicado a um público maior.

5.1 CENÁRIO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação do produto educacional aconteceu ao longo de 2021 durante as aulas de física e de forma remota, devido ao distanciamento social provocado pela pandemia de Covid-19. A turma escolhida para participar foi uma 3ª série do ensino médio e contava com 34 alunos matriculados, porém apenas 9 discentes participaram de todas as etapas da aplicação do produto. Essa baixa adesão foi motivada por diversos fatores causados pela pandemia, tais como: a falta e/ou a instabilidade de conexão à internet, abandono das aulas para poder trabalhar e dessa forma ajudar financeiramente em seus lares, desmotivação, dificuldade em acessar a plataforma CMSP, falta de lugar adequado dentro de casa para estudar, entre outros. Já os 9 alunos que participaram das aulas estavam muito engajados, pois tinham a pretensão de prestar o ENEM e/ou outros vestibulares. Um fato relevante para nosso trabalho era que a maioria desses estudantes no contraturno estavam se preparando para os exames através de cursinhos *on-line* ou estudando por conta própria.

5.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A primeira análise que faremos será dos dados obtidos através do formulário que tinha como objetivo realizar o levantamento dos conhecimentos prévios (Apêndice B) dos alunos acerca dos conceitos básicos de eletricidade. Esse questionário contava com 5 (cinco) questões, sendo 4 (quatro) dissertativas e 1 (uma) onde o participante precisava relacionar grandezas e suas respectivas unidades. Nossa correção será baseada em 3 (três) critérios, sendo elas: correta (para aquelas respostas que estiverem totalmente de acordo com a teoria), parcialmente correta (para aquelas respostas que estiverem parcialmente de acordo com a teoria) e incorreta (para aquelas respostas que estiverem em total desacordo com teoria).

A seguir mostramos alguns exemplos daquilo que consideramos como respostas corretas (figura 20) e parcialmente corretas (figura 21), para isso, recorreremos aos questionários de levantamento dos conhecimentos prévios e ao questionário da avaliação da aprendizagem.

Figura 20 - Exemplos de respostas corretas.

Questão 1

Observe a imagem abaixo e responda por que os pássaros não tomam choque ao encostar em fio elétrico desencapado? *

Para levar choque,o passarinho deveria encostar em dois fios ou dois condutores eletricos.

Questão 2

Em sua opinião todos os materiais conduzem eletricidade ou você conhece algum que não conduz eletricidade. Se conhece informe o(s) nome(s) dele(s). *

Nem todos conduzem eletrecidade. Exemplos: borracha, madeira, plastico.

Fonte: do autor.

Figura 21 - Exemplos de respostas parcialmente corretas.

Questão 3

Ao utilizar algum equipamento elétrico ou eletrônico percebemos que esse se aquece, ao que você atribuiria esse fenômeno? *

Pode ser vários fatores como corrente elétrica passando pela fonte (pode super aquecer ela) ou até mesmo algumas resistências.

Questão 1

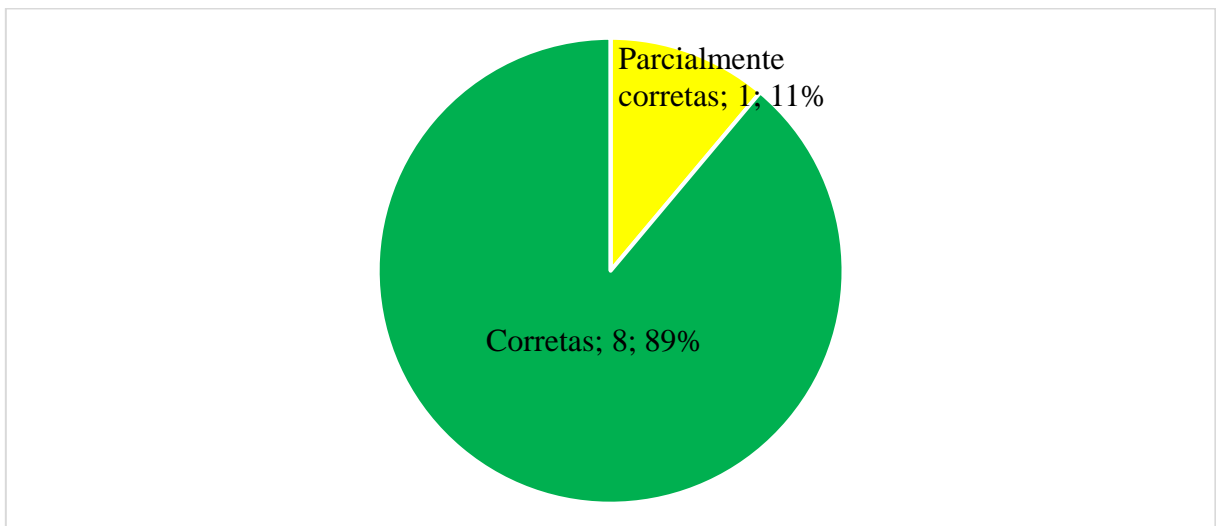
Observe a imagem abaixo e responda por que os pássaros não tomam choque ao encostar em fio elétrico desencapado? *

O choque é causado por uma corrente elétrica, no caso dos pássaros ele não tomam choque por que as pernas são curtas.

Fonte: do autor.

A figura 22 mostra os dados obtidos a partir das respostas para a questão 1 - Para você o que é eletricidade? Cite algumas aplicações dela.

Figura 22 – Gráfico das respostas da questão 1 dos conhecimentos prévios.

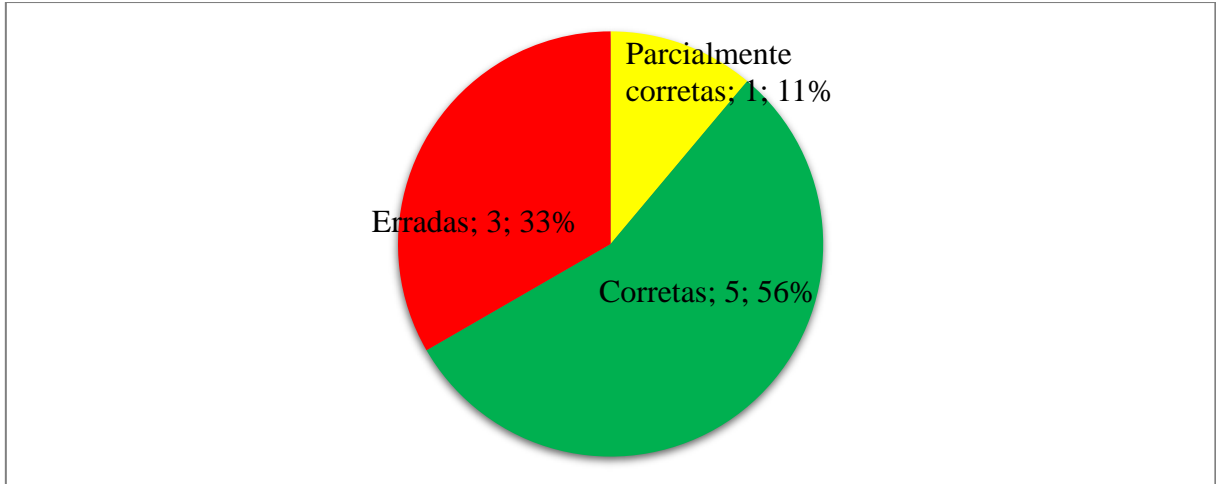


Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando a figura 22, percebemos que 89% dos alunos souberam dar a correta definição do que é eletricidade, bem como, as suas possíveis aplicações e os 11% que deram respostas parcialmente corretas sabiam quais são as aplicações, porém suas definições sobre o assunto foram vagas.

A questão 2 perguntava se todos os materiais são capazes de conduzir de eletricidade e em caso de resposta afirmativa solicitava que alunos informassem os nomes desses condutores.

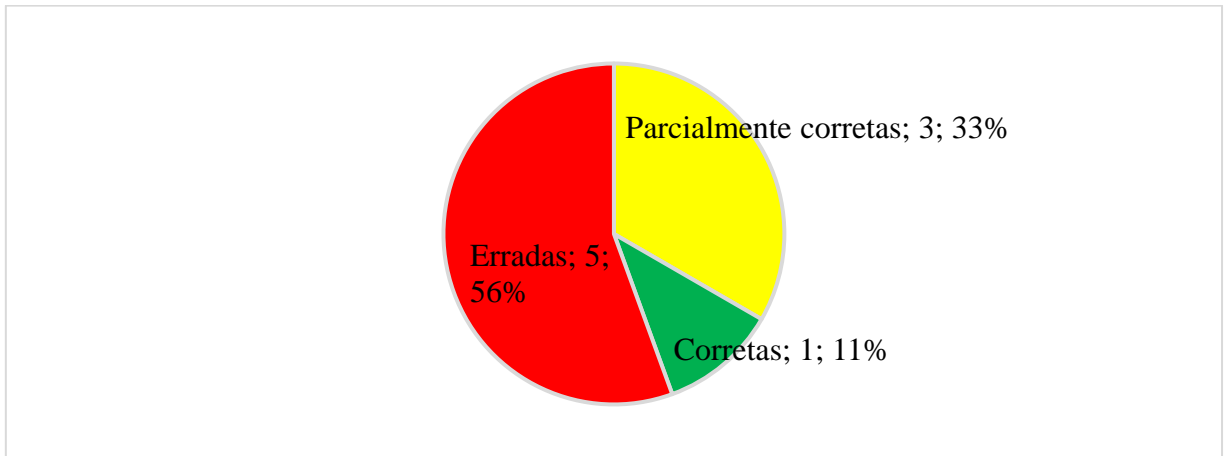
Figura 23 – Gráfico das respostas da questão 2 dos conhecimentos prévios.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos observar na figura 23 que 33% dos participantes responderam de maneira errada a questão, nesse caso, ao analisarmos as respostas percebemos que estavam totalmente em desacordo com a teoria. Além disso, 11% deram respostas parcialmente corretas e um pouco mais da metade dos alunos pesquisados deram respostas corretas. O fato de quase a metade dos discentes terem respondido de maneira errônea nos surpreendeu, pois em nosso cotidiano existem inúmeros exemplos do uso de materiais isolantes, e devido a isso esperávamos uma quantidade maior de acertos.

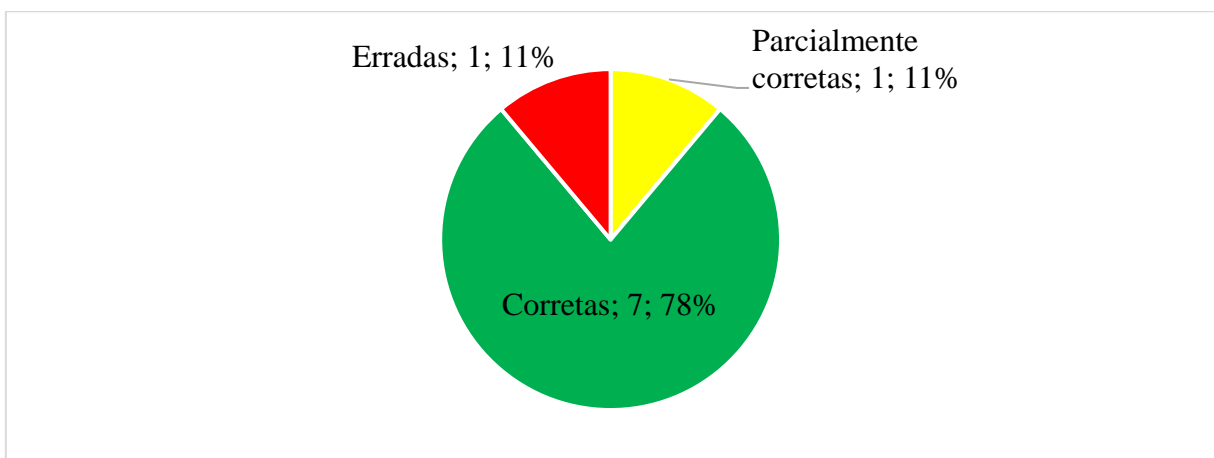
Na figura 24 temos os dados da análise das respostas da questão 3 do formulário de levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. A pergunta era a seguinte: “Ao utilizar algum equipamento elétrico ou eletrônico percebemos que esse se aquece, a que você atribuiria esse fenômeno?”, e essa, foi elaborada pensando em descobrir aqueles que possuíam algum conhecimento mais avançado sobre os conceitos da eletricidade.

Figura 24 – Gráfico das respostas da questão 3 dos conhecimentos prévios.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nós já aguardávamos algo semelhante ao que se mostrou na figura 24 em relação ao número de respostas erradas, pois era sabido que os discentes ainda não tinham tido aula que abordava o efeito Joule e, portanto, aqueles que responderam essa questão de maneira correta deviam estar buscando mais conhecimento além daquilo que estava sendo trabalhado em sala de aula até o momento em que participaram dessa pesquisa.

A quarta pergunta do levantamento prévio fazia o seguinte questionamento “Normalmente qual é o material empregado para fabricação de fios elétricos que utilizamos em nossas residências?”. Fizemos essa pergunta com objetivo de saber se o aluno consegue relacionar o conhecimento do cotidiano com aquilo que é trabalhado nessa etapa do ensino médio nas aulas de física.

Figura 25 – Gráfico das respostas da questão 4 dos conhecimentos prévios.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas respostas dadas na questão 4 podemos perceber que os alunos na maioria reconhecem o cobre como elemento que é utilizado para confecção dos fios elétricos que utilizamos em nossas residências, os 11% que responderam de forma parcialmente correta citaram o cobre, porém adicionaram outros elementos em suas respostas, tais como, alumínio e ferro, e outros 11% responderam de maneira errada a questão.

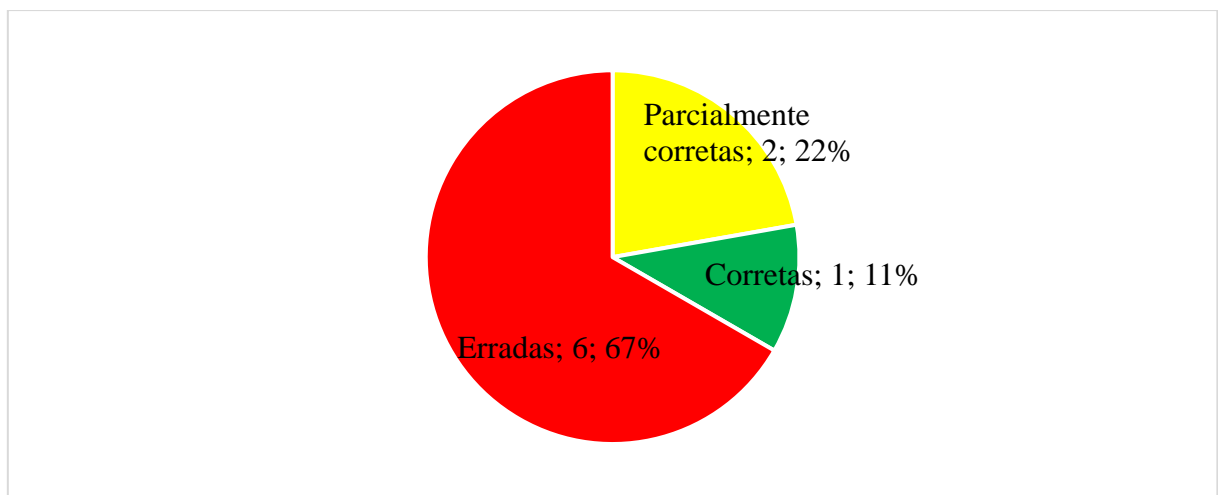
A questão 5 solicitava aos alunos que relacionassem as grandezas físicas (corrente elétrica, resistência elétrica, tensão, potência e frequência) e suas respectivas unidades (Ampere, Ohm, Volt, Watt e Hertz), conforme é mostrado na figura 26.

Figura 26 - Questão 5 do questionário de conhecimentos prévios.

Questão 5					
Relacione a grandeza elétrica com sua respectiva unidade *					
	V	A	Hz	W	Ω
Corrente elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resistência elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tensão elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Potência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frequência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: do autor.

Figura 27 - Respostas da questão 5 dos conhecimentos prévios.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Na figura 27 podemos notar que 67% das respostas foram erradas e uma das possíveis explicações para esse resultado, é o fato de que os alunos ainda não haviam estudado a maioria das grandezas abordadas, e ao analisarmos as repostas de forma individual por grandeza

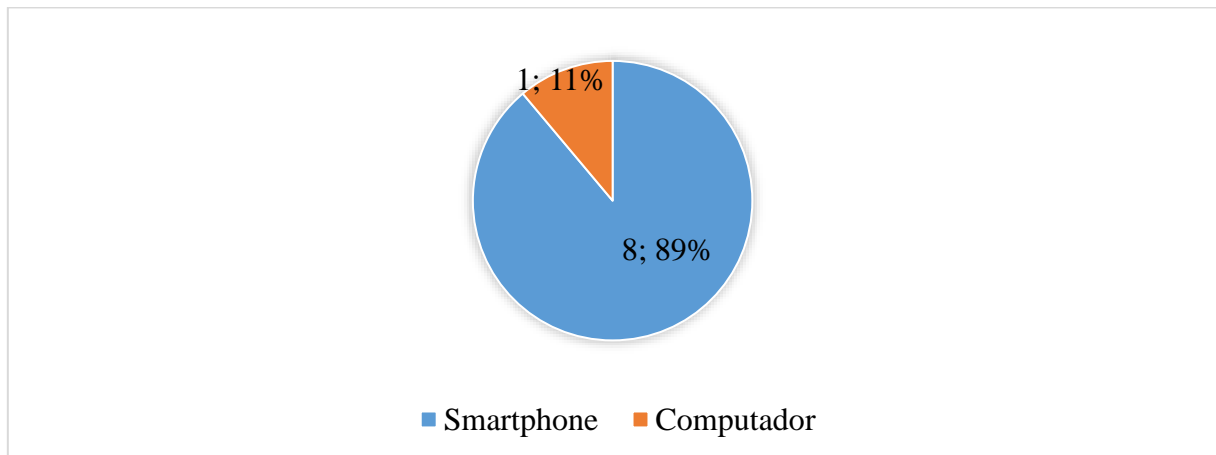
notamos que os discentes relacionaram com grande êxito a tensão elétrica com sua respectiva unidade o Volt, acreditamos que isso ocorreu, devido ao seu uso cotidiano, pois quando vamos ligar um equipamento à tomada procuramos saber sua tensão, ou seja, se ela é 110 V ou 220 V.

5.3 AVALIAÇÃO DO JOGO CORRIDA ELETRÔNICA

Após a aplicação do Jogo Corrida Eletrônica foi solicitado aos alunos que respondessem um breve questionário (Apêndice A) a respeito do uso e jogabilidade do *game*. Esse questionário consistia em 8 questões, sendo 7 de múltipla escolha e uma dissertativa. Para coletar os dados e gerarmos os gráficos que analisaremos nessa fase do trabalho utilizamos a ferramenta Formulários do Google.

Iniciamos perguntando qual o aparelho os discentes utilizaram para acessar o Jogo Corrida Eletrônica.

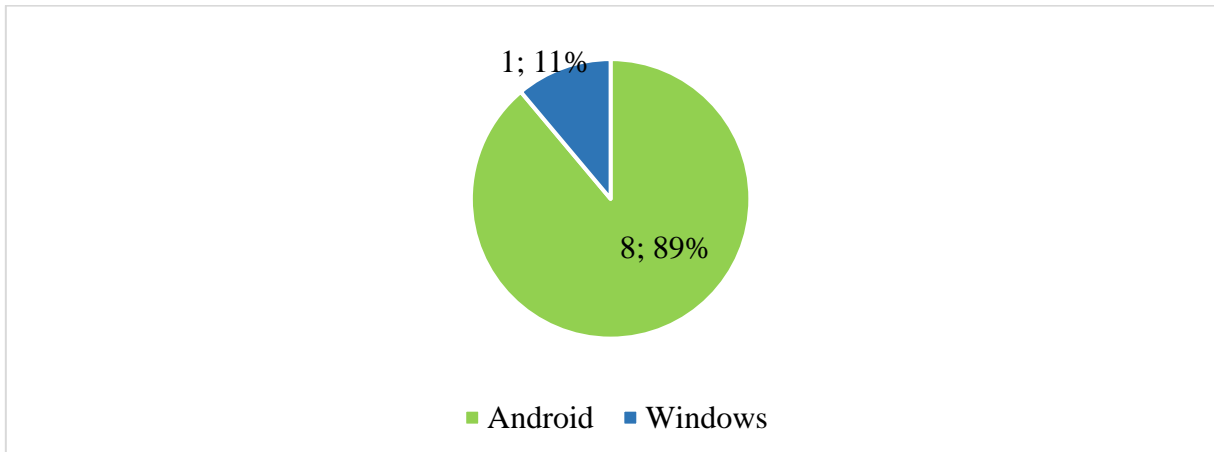
Figura 28 – Gráfico dos dispositivos utilizados para jogar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a figura 28 percebemos que 8 participantes da aplicação do produto educacional acessaram o jogo a partir dos seus smartphones, e 1 participante acessou a partir de um computador.

A segunda pergunta que fizemos foi para saber qual era o sistema operacional do aparelho usado para jogar.

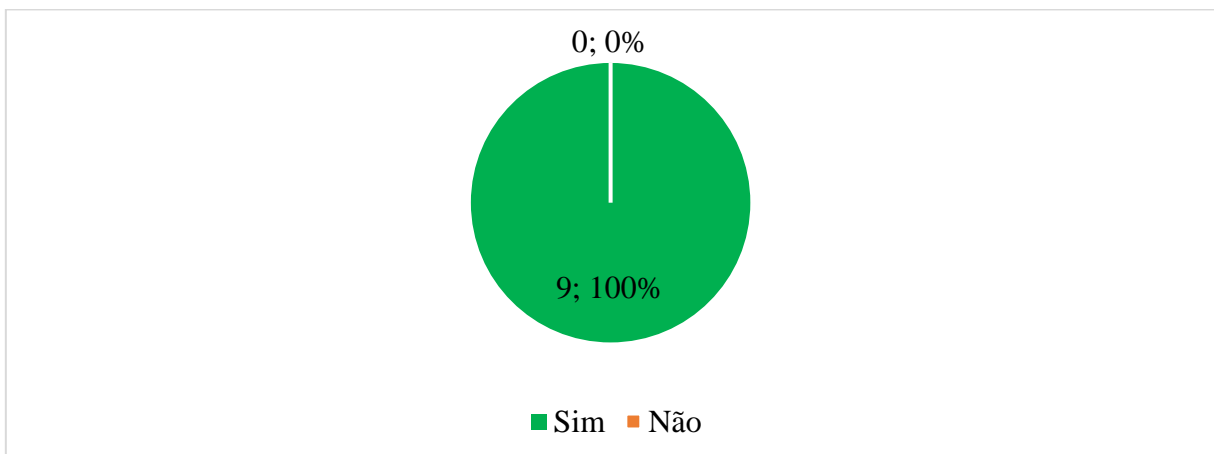
Figura 29 - Sistema Operacional do dispositivo utilizado durante o jogo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 29 nos mostra que apenas 1 equipamento utilizava o sistema operacional Windows da Microsoft e 8 utilizavam o Android desenvolvido pelo Google. Fazendo uma relação entre os gráficos das figuras 28 e 29 podemos concluir que o computador estava utilizando o S.O Windows e os *smartphones* eram equipados com Android.

A questão 3 perguntava se o participante havia encontrado alguma dificuldade para instalar e/ou acessar o jogo e a 4 questionava falhas e/ou travamentos durante a execução do jogo, e em ambas os alunos responderam que não encontraram nenhuma dificuldade ou travamentos.

A questão 5 tinha o intuito de verificar se o aluno havia conseguido estabelecer uma relação entre o jogo e o conteúdo que fora trabalhado com eles durante uma das etapas de aplicação do produto educacional.

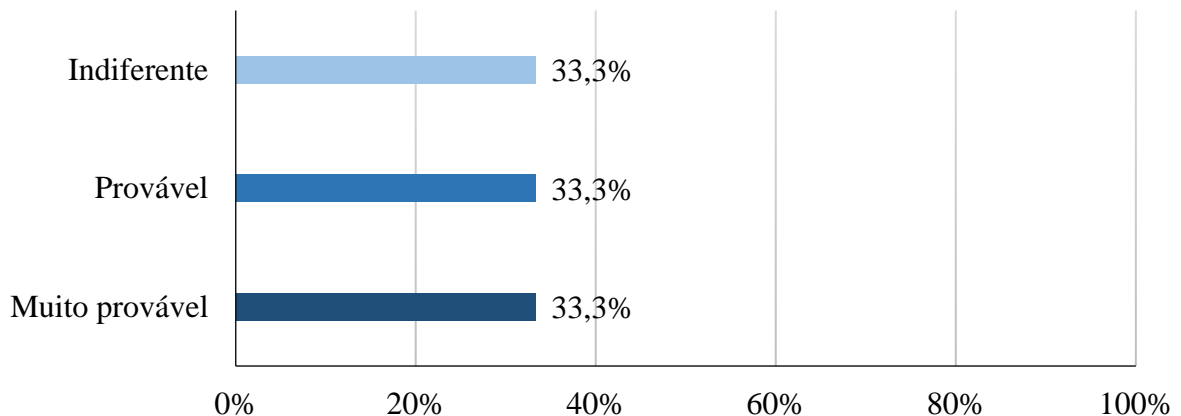
Figura 30 - Relação entre o jogo e o conteúdo de física.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com dados apresentados na figura 30 todos os alunos que participaram da pesquisa conseguiram relacionar o conteúdo de física trabalhado ao longo da aplicação do produto educacional com o jogo desenvolvido. Para validarmos essas repostas fizemos a pergunta de número 6, a qual solicitava que os discentes citassem alguns dos temas presentes no jogo e que foram abordados durante as aulas que foram apresentadas durante a aplicação desse produto, e pelas respostas percebemos que realmente eles conseguiram relacionar conceitos abordados no jogo com aqueles que foram ministrados ao longo do teste do produto educacional.

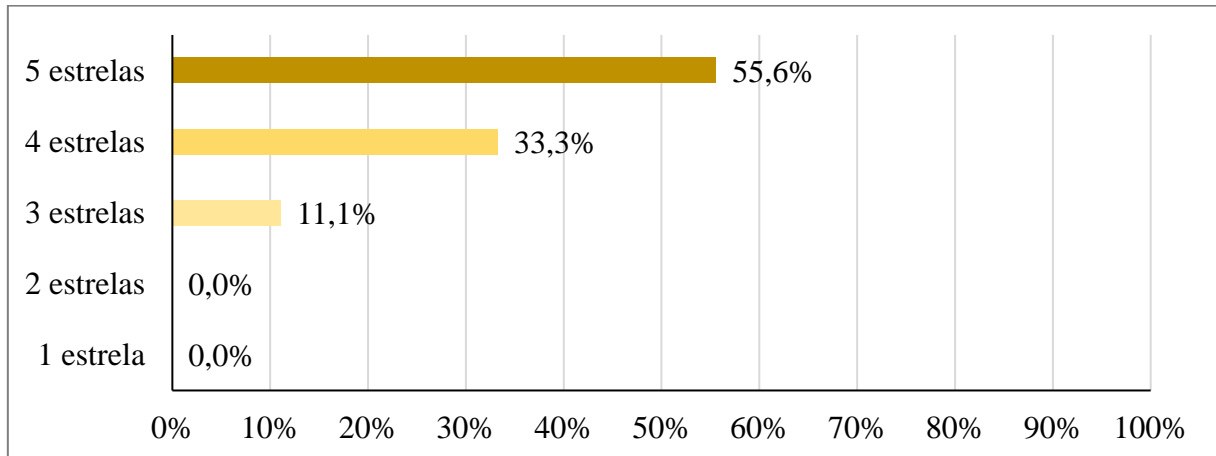
A figura 31 traz os dados obtidos na questão 7, essa fazia a seguinte pergunta: “Qual é a probabilidade de recomendar o Jogo Corrida Eletrônica para seus amigos?”. Para mensurarmos as respostas criamos uma escala a qual exibia os seguintes valores: Muito provável, Provável, Indiferente, Improvável e Muito improvável.

Figura 31 - Probabilidade de indicar o Jogo Corrida Eletrônica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando a figura 31 notamos que houve um empate entre indiferente, provável e muito provável, sendo assim, podemos considerar que a maioria dos alunos que jogaram o Corrida Eletrônica poderão indicar esse jogo para seus colegas. Além disso, notamos que os critérios improvável e muito improvável não apareceram nas respostas.

Figura 32 - Avaliação do Jogo Corrida Eletrônica.

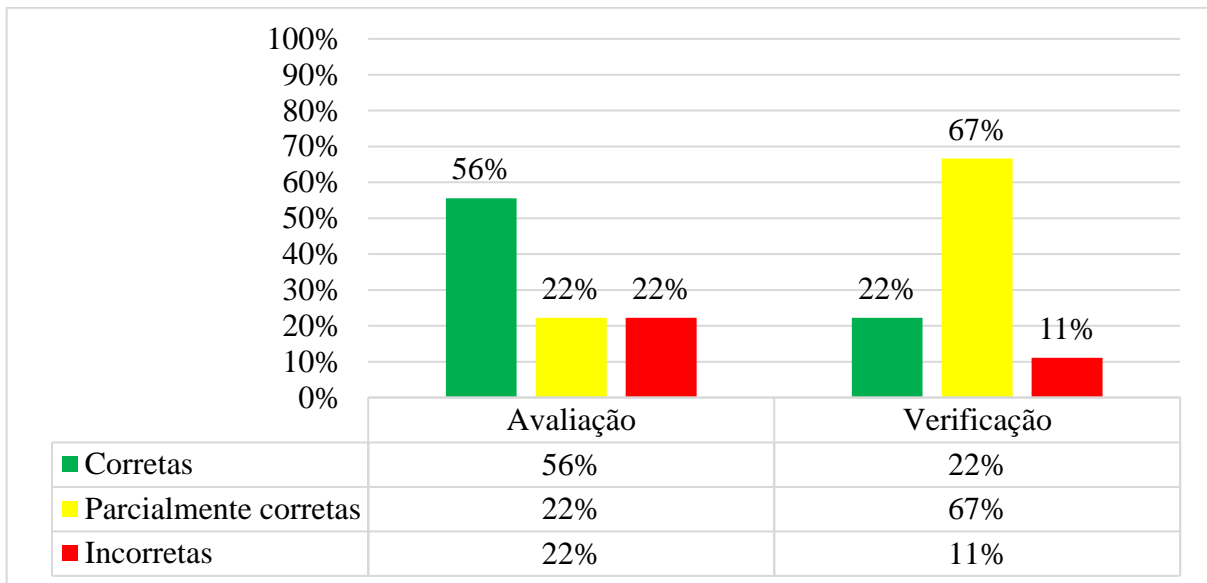
Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 32 mostra a avaliação dada pelos participantes para o Jogo Corrida Eletrônica, os alunos podiam atribuir de 1 a 5 estrelas e analisando as notas recebidas podemos notar que foi bem avaliado. Para finalizarmos o questionário a última pergunta era para os discentes recomendarem melhorias, e ao analisarmos as respostas percebemos que todos que participaram não sugeriram nenhuma.

5.4 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Nesse tópico iremos comparar os dados das respostas obtidas na aplicação da avaliação da aprendizagem com os obtidos na verificação da aprendizagem significativa (o questionário está disponível no Apêndice B desta dissertação), a primeira avaliação ocorreu no dia 20 de abril de 2021, na semana seguinte a aplicação do jogo, e a verificação da aprendizagem foi aplicada no final do mês de novembro de 2021, portanto houve um intervalo aproximado de 6 meses entre as avaliações. Para verificarmos se houve indícios da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel, elaboramos sete questões (utilizamos as mesmas nas duas aplicações) relacionadas aos conceitos básicos de eletricidade os quais também, estão presentes no jogo Corrida Eletrônica, e para correção adotamos os mesmos critérios que utilizamos no questionário de levantamento dos conhecimentos prévios, ou seja, correta, parcialmente correta e incorreta.

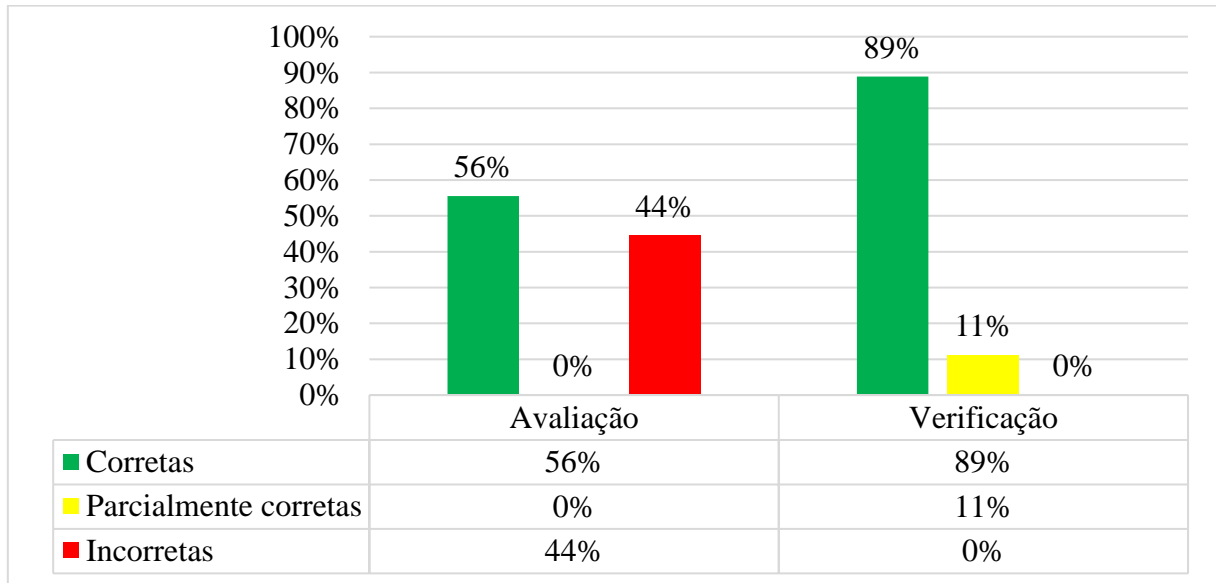
A figura 33 traz o comparativo entre as respostas da questão 1 obtidas na avaliação da aprendizagem e na verificação da aprendizagem significativa.

Figura 33 - Gráfico comparativo da questão 1 - Aplicação vs. Reaplicação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na questão 1 era exibida uma imagem com pássaros sobre um fio da rede elétrica e perguntava o porquê eles não tomavam choque, ou seja, utilizamos uma situação cotidiana para elaboração da questão. Analisando o gráfico percebemos que houve uma diminuição considerável na quantidade de respostas corretas quando comparamos a avaliação de aprendizagem com a verificação da aprendizagem significativa, porém nesse gráfico percebemos que a quantidade de respostas incorretas diminuiu em 11% ao comparamos a verificação com a avaliação, analisando as respostas dados pelos discentes na verificação da aprendizagem percebemos que eles gravaram o fato que para levar um choque elétrico é necessário encostar nos dois fios, mas na hora de elaborar suas respostas cometeram alguns erros conceituais e com isso, a maioria das respostas na verificação da aprendizagem significativa foram consideradas como parcialmente corretas.

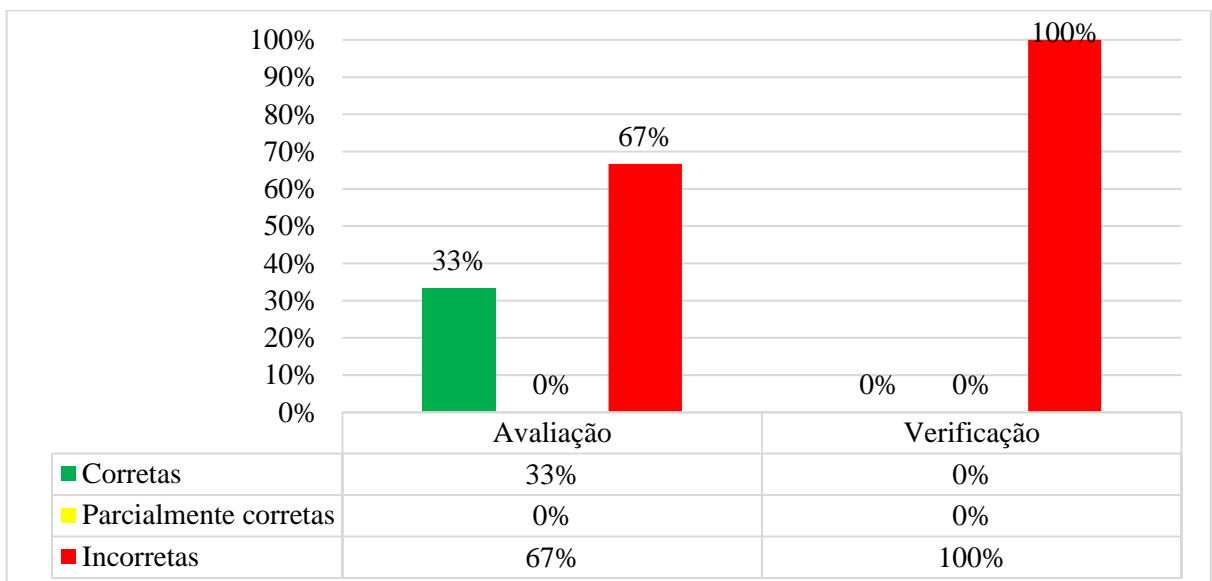
A segunda questão fazia uma comparação entre a condutividade da prata e do cobre e perguntava por que o cobre era empregado na fiação elétrica das residências. Na figura 34 é mostrado o comparativo das respostas entre a avaliação e a verificação da aprendizagem.

Figura 34 - Gráfico comparativo da questão 2 - Aplicação vs. Reaplicação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira coisa que notamos ao observar a figura 34 é que houve um aumento significativo na quantidade de respostas corretas, saltando de 56% na primeira aplicação da avaliação para 89% na avaliação da verificação da aprendizagem, outro dado que nos chamou a atenção e que não houve respostas incorretas na verificação da aprendizagem.

A questão de número 3 exibia a imagem de uma torre de transmissão elétrica e fazia uma pergunta direta aos alunos de qual material são feitos os cabos de transmissão elétricos usados nas linhas de transmissão elétricas.

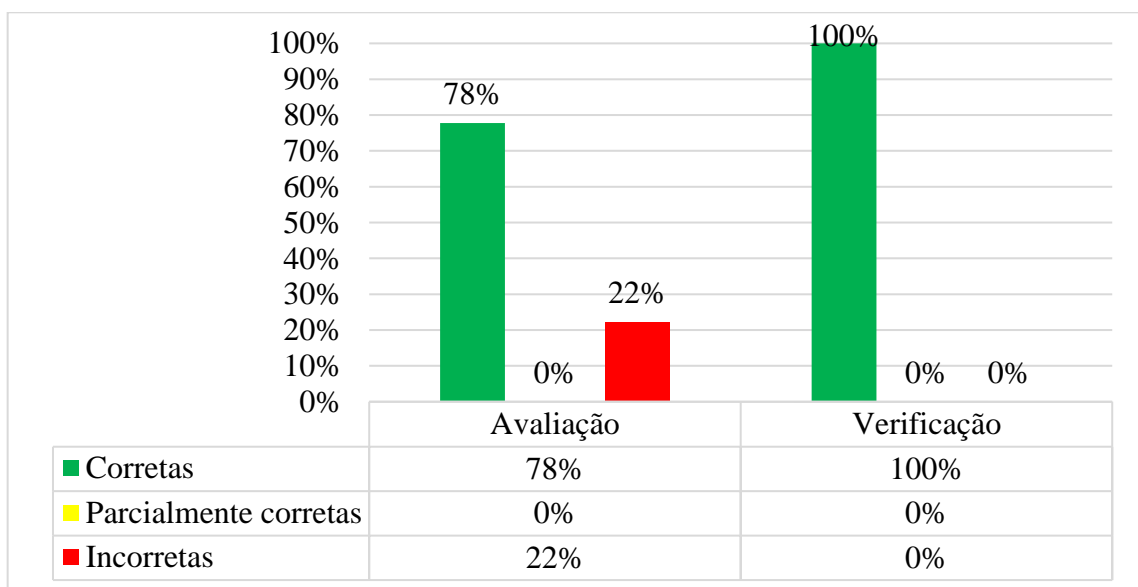
Figura 35 - Gráfico comparativo da questão 1 - Aplicação vs. Reaplicação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 35 exibe os dados da correção da questão de número 3 aplicados aos alunos, neste percebemos que tanto na avaliação aprendizagem quanto na verificação da aprendizagem significativa houve um número muito grande de respostas incorretas, mas o que nos chamou mais atenção, foi o fato que nenhum aluno respondeu corretamente essa questão na avaliação de verificação, nem mesmo parcialmente.

Na figura 36 são exibidos os dados das respostas da questão 4, essa questão era de múltipla escolha e o aluno tinha que assinalar a alternativa que não fosse um resistor elétrico.

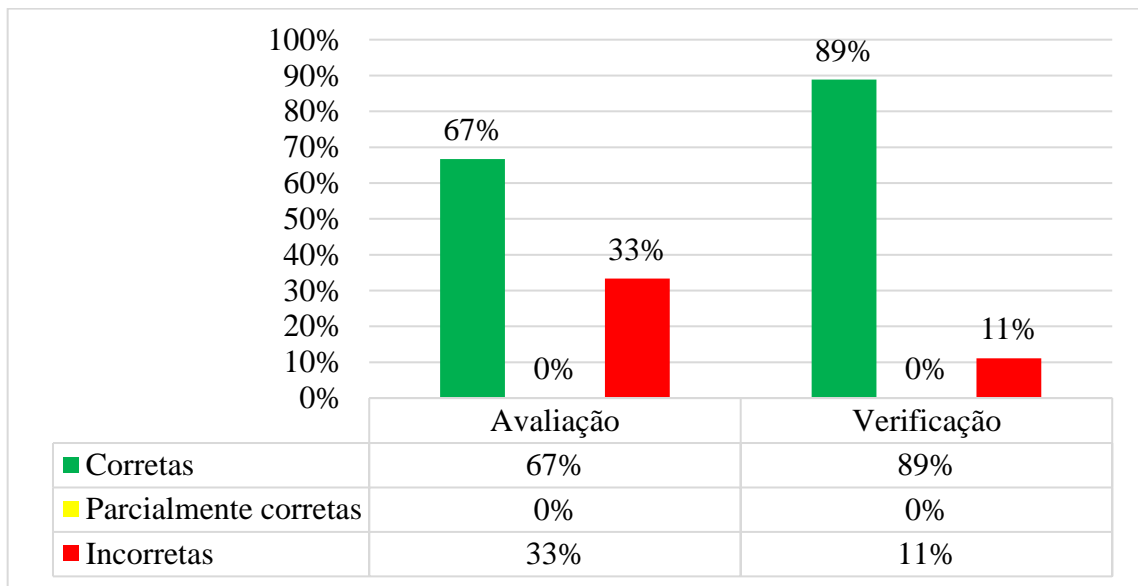
Figura 36 - Gráfico comparativo da questão 4 - Aplicação vs. Reaplicação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando figura 36 notamos que na verificação da aprendizagem o índice de acerto foi de 100%, ou seja, todos os participantes da aplicação do produto educacional responderam de maneira correta, e isso nos leva a crer que eles compreenderam o conceito de resistor elétrico.

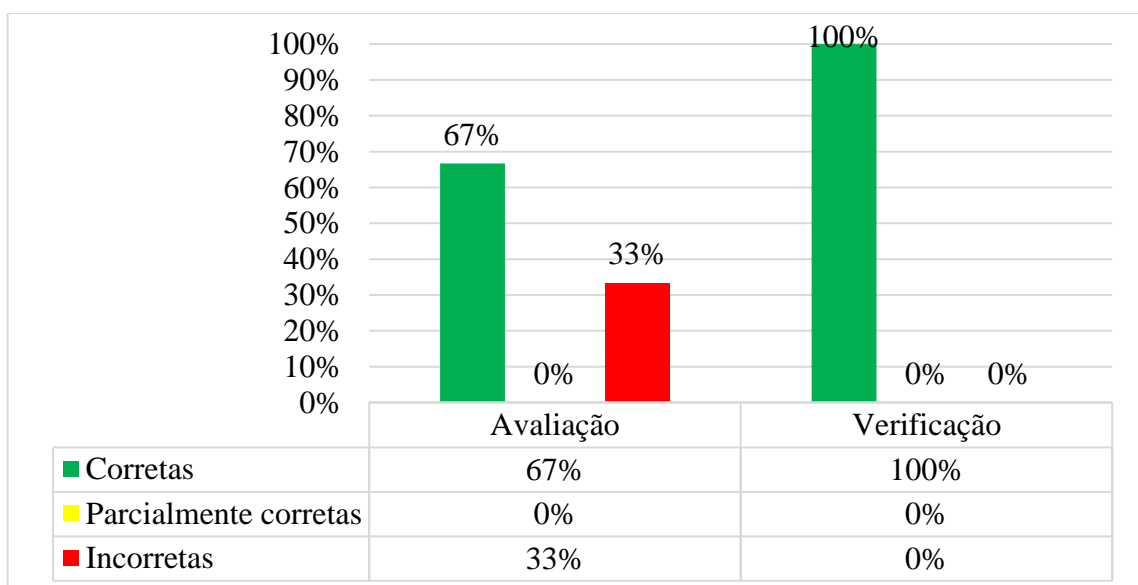
Na questão 5 pedimos aos discentes marcar a alternativa que apresentava apenas condutores elétricos e na figura 37 são exibidos os resultados da correção das respostas dadas pelos participantes.

Figura 37 - Gráfico comparativo da questão 5 - Aplicação vs. Reaplicação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando a figura 37 percebemos que houve um aumento de 22% na quantidade de respostas corretas, passando de 67% para 89%, além disso, não houve respostas parcialmente corretas em nenhuma das aplicações. Os dados exibidos acima mostram que houve indícios da aprendizagem significativa em relação ao conceito de condutores elétricos.

Na figura 38 são exibidos os dados da correção da questão de número 6, nessa perguntamos aos alunos o que causa o choque elétrico.

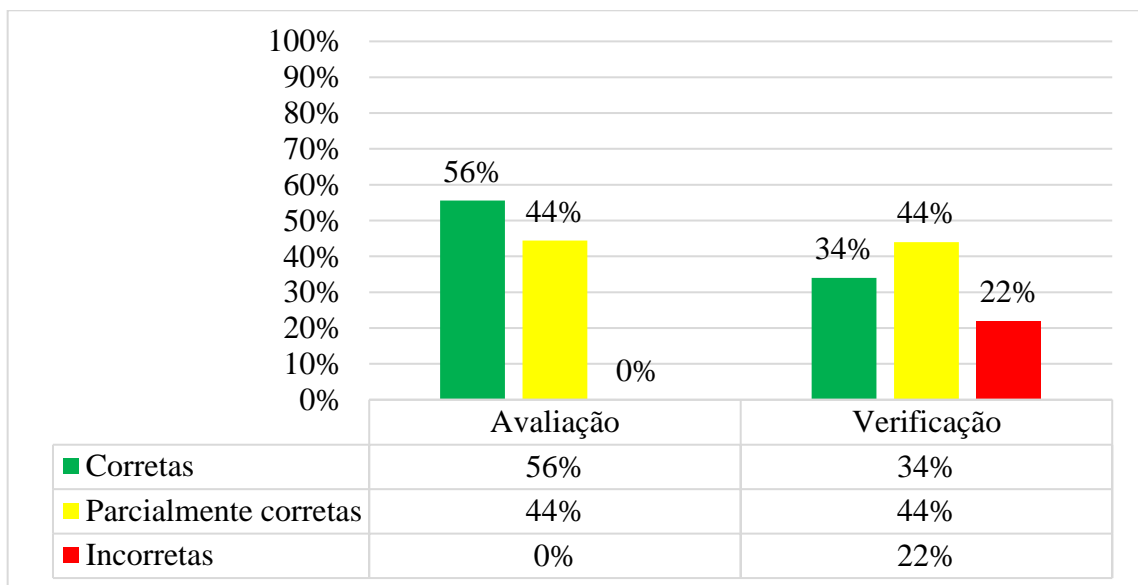
Figura 38 - Gráfico comparativo da questão 6 - Aplicação vs. Reaplicação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na avaliação da aprendizagem o número de acertos na questão 6 foi de 67% e o número de respostas incorretas foi de 33% e não tivemos nenhuma resposta parcialmente correta. Ao compararmos os dados obtidos na verificação da aprendizagem significativa com a avaliação da aprendizagem notamos que houve um salto de 33% na quantidade de respostas corretas, ou seja, todos participantes da pesquisa acertaram essa questão.

Para finalizar a figura 39 traz os dados da questão 7, nessa pedimos aos participantes da pesquisa para que respondessem o que era o efeito Joule e nos desse ao menos um exemplo desse efeito físico.

Figura 39 - Gráfico comparativo da questão 7 - Aplicação vs. Reaplicação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na avaliação da aprendizagem tivemos 56% de respostas corretas, 44% de respostas parcialmente corretas e nenhuma resposta incorreta, já na verificação da aprendizagem significativa os índices foram de 34% de respostas corretas, 44% de respostas parcialmente corretas e 22% de respostas incorretas. Ao compararmos as respostas da avaliação da aprendizagem com a verificação da aprendizagem significativa percebemos que houve uma diminuição de 22% no número de resposta corretas, uma estabilização do número de respostas parcialmente corretas e por fim um aumento de 22% no número de respostas incorretas.

A partir das análises dos dados que realizamos nesse capítulo da dissertação apresentaremos nossas considerações finais no próximo capítulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos pontos importantes do trabalho foi o passo inicial, que se refere, ao levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. Este ponto foi importante, pois, a partir dele foi possível diagnosticar o nível de conhecimento dos alunos acerca daquilo que seria trabalhado ao longo da aplicação do produto educacional. Através destes dados foi possível procurar desenvolver as aulas de maneira que facilitasse a compreensão dos alunos. Principalmente, no que diz a respeito de termos técnicos existentes no ensino da eletricidade. Julgamos isso necessário, pois muitas vezes os fenômenos fazem parte do cotidiano dos discentes. Mas, quando utilizamos uma linguagem técnica, isto acaba muitas vezes afastando os alunos ao invés de aproximá-los daquilo que é abordado no ensino da física.

No desenvolvimento do produto foi resolvido adotar as tecnologias da informação e comunicação, com o objetivo de aproximar os alunos das aulas de física. Para este fim, foi criado um jogo eletrônico que abordasse assuntos que são discutidos nas aulas de eletricidade do ensino médio.

Durante a aplicação do produto, em especial durante o envolvimento do jogo Corrida Eletrônica, percebemos que houve uma grande aceitação por parte dos discentes. Este fato fica evidenciado ao analisarmos os dados obtidos através do questionário de avaliação do jogo. Além disso, pode se perceber que os alunos participantes conseguiram relacionar os assuntos abordados no jogo com aquilo que fora trabalhado anteriormente, em sala de aula. Diante desse fato, evidenciamos o quão importante é trazer as tecnologias da informação e comunicação para nossas práticas docentes.

Ao analisarmos os dados obtidos ao longo da aplicação do produto educacional e principalmente na comparação que realizamos entre a avaliação e a verificação da aprendizagem, percebemos que houve uma pequena melhora nos índices de acertos na maioria das questões e isso vai em desencontro ao conceito da obliteração. A qual diz que com passar do tempo a tendência natural é que nos esqueçamos de parte daquilo que aprendemos. Porém, ressaltamos que os nove alunos que participaram de todas as etapas da aplicação do produto educacional possuíam a pré-disposição para aprender. Esse fato ligado a ideia do currículo em espiral utilizado na rede pública do estado São Paulo, acabaram interferindo de maneira que diminuísse a obliteração daquilo que fora aprendido nas etapas iniciais do nosso trabalho. E com isso, notamos que houve indícios da aprendizagem significativa conforme propõe a teoria de David Ausubel. Porém ressaltamos para termos mais evidências desse fato precisaríamos de

mais tempo e um número muito maior de participantes, mas isso não tira o mérito de nosso trabalho, haja vista, o cenário pandêmico que enfrentamos ao longo do desenvolvimento do nosso produto educacional.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: Uma perspectiva cognitiva. 1. ed. Lisboa: Plátano, 2003. 243 p.

BAGNATO, V. S.; RODRIGUES, V. **Análogo mecânico para condutividade elétrica dos metais**: Efeito da temperatura. São Carlos: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 36, 2006.

BARBOZA, E. F. U.; SILVA, A. C. A. A evolução tecnológica dos jogos eletrônicos: do videogame para o newsgame. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIBERJORNALISMO, 5, 2014, Campo Grande. **Anais** [...] Campo Grande: UFMS, 2014. p. 1-8. Disponível em: <https://docplayer.com.br/2862720-A-evolucao-tecnologica-dos-jogos-eletronicos-do-videogame-para-o-newsgame-1.html>. Acesso em: 19 out. 2021.

FRIZON, V. et al. A formação de professores e as tecnologias digitais. In: XII Congresso Nacional de Educação - EDUCERE, 2015, Curitiba. **Anais do XII EDUCERE**. Curitiba: PUCPR, 2015. p. 10191-10205

KAMPF, C. A geração Z e o papel das tecnologias digitais na construção do pensamento. **ComCiência**, Campinas, n. 131, 2011. Disponível em http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542011000700004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 07 jan. 2021.

LOPES, M. G. **Jogos na Educação**: criar, fazer e jogar. São Paulo: Cortez, 2001.

MEIRELLES, F. S. **30ª Pesquisa Anual do FGVcia**: uso da ti nas empresas. 31. ed. São Paulo: Centro de Tecnologia de Informação Aplicada da Eaesp, 2020. 162 p. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u68/fgvcia2020pesti-resultados.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

MONTEIRO, S. C. F.; TEIXEIRA, T. C. C. Imagens e práticas pedagógicas no cotidiano das escolas: o celular nas classes de alfabetização. **Revista Teias**: Rio de Janeiro, ano 8, nº 15-16, jan./dez.2007. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistateias/article/download/24014/16984> Acesso em: 7 já. 2021

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. 1997. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Cultural La Laguna Espanha**, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2020.

_____. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. 6. ed. Porto Alegre: Ufrgs, 2013. 55 f. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4198621/mod_resource/content/4/Moreira-MC-

2013.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. A Teoria da Aprendizagem Significativa. 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2020.

MURCIA, J. A. M. **Aprendizagem através dos jogos**. Tradução. Valério Campos. Porto Alegre, Artmed, 2005.

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR (Brasil) (org.). **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC Domicílios 2019** [livro eletrônico]. 1. ed. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2020. 344 p. ISBN 978-65-86949-22-3. Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20201123121817/tic_dom_2019_livro_eletronico.pdf. Acesso em: 7 jan. 2021.

PACETE, L. G. **2022 promissor: mercado de games ultrapassará US\$ 200 bi até 2023**. “Disponível em:” <https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/01/com-2022-decisivo-mercado-de-games-ultrapassara-us-200-bi-ate-2023/>. Acesso em: 13 abr. 2022.

PAIVA, A. P. B. **Celular dentro da escola? Sim!** 2012. Disponível em: <http://bastidoresdopoder.com.br/celular-dentro-da-escola-sim/>. Acesso em: 10 jan. 2021.

PAIVA, V. M. O. Ambientes virtuais de aprendizagem: implicações epistemológicas. **Educ. rev.**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 353-370, dez. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-46982010000300018&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 08 jan. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0102-46982010000300018>.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, jul. 2001-jul.2002. Disponível em: <https://goo.gl/geA25C>. Acesso em: 21 jul. 2020.

SALVADOR, C. C. *et al.* **Psicologia do Ensino**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 381 p.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 12730**, de 2007. São Paulo, SP, 11 out. 2007. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/original-lei-12730-11.10.2007.html>. Acesso em: 05 jan. 2020

_____. **Lei nº 16567**, de 2007. São Paulo, SP, 06 nov. 2017. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2017/lei-16567-06.11.2017.html>. Acesso em: 05 jan. 2020

TAROUCO, L. M. R. *et al.* **Jogos educacionais**. CINTED/UFRGS, 2014. Disponível em <<http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo3/af/30-jogoseducacionais.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2021.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Sears & Zemansky Física III**: eletromagnetismo. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. volume 3. 425 p.

Apêndice A

AVALIAÇÃO DO JOGO CORRIDA ELETRÔNICA

Nome Completo *

Sua resposta

Nº *

Sua resposta

QUESTÃO 1

Qual dispositivo você utilizou para jogar? *

- Smartphone
- Tablet
- Computador
- Notebook

QUESTÃO 2

Qual é o sistema operacional do dispositivo utilizado para você jogar? *

- Android
- IOS (Apple)
- Windows
- Linux
- Outro: _____

QUESTÃO 3

Você encontrou alguma dificuldade para instalar e/ou acessar o jogo? *

- Sim
- Não

QUESTÃO 4

Ocorreu algum travamento durante a execução do Jogo em seu dispositivo? *

- Não
- Sim

QUESTÃO 5

Você conseguiu estabelecer alguma relação entre o jogo e aquilo que é trabalhado na disciplina de física? *

- Sim
- Não

QUESTÃO 6

Cite alguns temas das aulas de física que você encontrou no jogo? *

Sua resposta _____

QUESTÃO 7

Qual é a probabilidade de recomendar o Jogo Corrida Eletrônica para seus amigos? *

	1	2	3	4	5	
Nada provável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Extremamente provável

QUESTÃO 8

Atribua uma nota para o Jogo Corrida Eletrônica *

	1	2	3	4	5	
Muito ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bom

QUESTÃO 9

Quais são as suas recomendações para melhorarmos o Jogo Corrida Eletrônica?

Sua resposta

Voltar

Enviar

Limpar formulário

Apêndice B

PRODUTO EDUCACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL

**ENSINANDO CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE
ATRAVÉS DE JOGO ELETRÔNICO:
CORRIDA ELETRÔNICA**



LEANDRO CARVALHO DE OLIVEIRA
ORIENTADOR: PROF. DR. JOHNNY VILCARROMERO LÓPEZ

SUMÁRIO

03 INTRODUÇÃO

04 O JOGO

06 COMO JOGAR

10 TÓPICOS DA ELETRICIDADE

14 LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS
PRÉVIOS

15 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

16 PROPOSTAS PARA APLICAÇÃO





INTRODUÇÃO

Neste trabalho, objetiva-se mostrar os conceitos básicos da condutividade elétrica dos metais através da aplicação de um jogo em 2D, por meio do qual sejam mostrados os efeitos elétricos presentes nestes sistemas de maneira que possa ser construído um aprendizado significativo junto aos alunos.

Através deste jogo, espera-se que haja um bom entendimento de alguns fatores que influenciam a condutividade dos metais, além de compreender o que populariza o uso destes em nosso cotidiano. Utilizando-se desta estratégia, buscamos ensinar os conceitos de resistividade e condutividade elétrica dos materiais de uma maneira atrativa e lúdica. Desta forma, contribuindo para a fixação de conceitos físicos na estrutura cognitiva do aprendiz.

O isolamento social provocado pela pandemia de Covid-19, trouxe imensos desafios para todos os setores, no Brasil e no mundo. Na educação isso não foi diferente, devido ao ensino remoto o professor que habitualmente faz o uso de diversas estratégias de ensino, teve de muitas vezes buscar alternativas digitais para que algumas de suas atividades ainda fossem lúdicas. Para isso, recorreu ao uso de simuladores e jogos digitais que o apoiem no ensino de Física, de modo que despertassem o interesse dos estudantes e com isso, facilitando o processo de ensino aprendizagem.



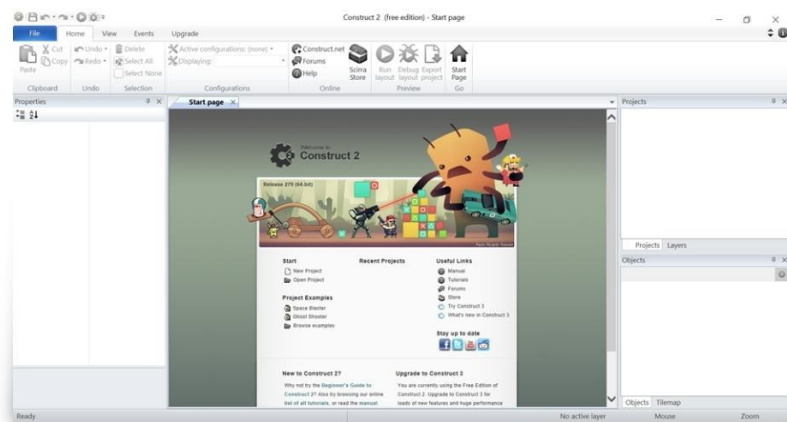
O JOGO

Jogos educativos são mais um tipo de material didático de apoio que o professor pode fazer uso. Sozinho, o potencial educacional de um jogo é baixo, no entanto, quando aliado a outras práticas pedagógicas já comuns, como aulas expositivas, trabalhos em grupos ou atividades de experimentação, seu potencial verdadeiro é revelado.

O jogo que desenvolvemos visa abordar alguns conceitos da eletricidade, principalmente a questão da resistividade e condutividade elétrica dos metais. Sendo a proposta base, o jogador percorrer por diferentes materiais condutores com seu elétron, encontrando obstáculos pelo caminho, fazendo com que sua energia cinética acabe se dissipando (lembrando que as colisões entre elétrons e íons transformam a energia cinética em energia térmica nos condutores).

Para o desenvolvimento do Jogo Corrida Eletrônica escolhemos o *software* Construct 2, que é uma ferramenta que permite a criação de jogos digitais em duas dimensões de uma maneira relativamente simples, na maioria das vezes bastando clicar e arrastar no componente desejado, e com isso, não necessitando de conhecimento avançado em programação e por ser baseado em HTML5, os jogos desenvolvidos nessa plataforma são executados nos navegadores atuais.

TELA INICIAL DO SOFTWARE CONSTRUCT 2



Fonte: do autor.

05

CORRIDA ELETRÔNICA

Para jogar acesse <http://corridaeletronica.com.br>.



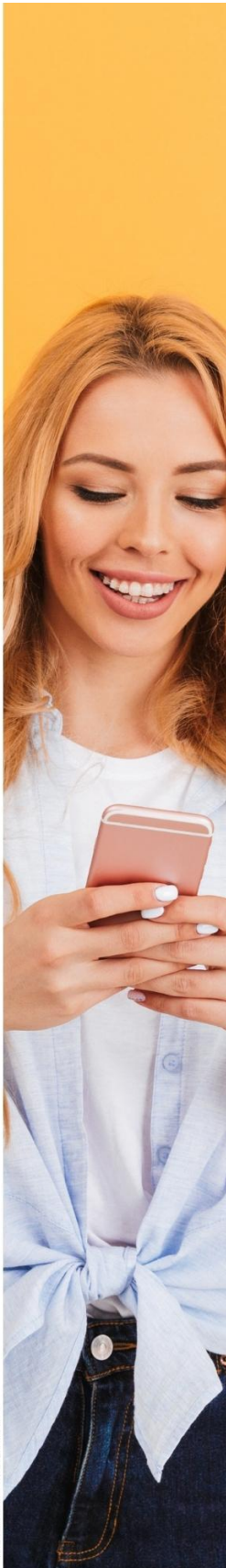
Fonte: do autor.

DISPONÍVEL PARA ANDROID

Caso possua um dispositivo com o sistema operacional Android, você poderá baixar o jogo Corrida Eletrônica através da loja de aplicativos Google Play ou se desejar basta apontar a câmera do seu smartphone para o qrcode.



Fonte: do autor.



COMO JOGAR

Ao abrirmos o jogo será exibida a primeira tela (figura 1(a)) e nessa nos deparamos com o título e um botão jogar em destaque, além de um botão com o símbolo de interrogação (?) que nos leva até a tela de créditos do jogo (figura 1(b)), um botão na forma de alto-falante no canto superior direito que nos permite ativar e desativar a música de fundo e um botão com um X que encerra o jogo.

Figura 1 – (a) Tela inicial do Corrida Eletrônica. (b) tela de créditos do jogo.



Fonte: Compilação do autor.

Ao clicarmos em jogar será exibida a tela de escolha do elétron (figura 2), nessa é oferecida ao jogador a opção de escolha da cor do elétron que o mesmo guiará ao longo das fases do jogo, ressaltamos que a cor em nada interfere nas propriedades do jogo, ou seja, o elétron verde tem as mesmas características do elétron rosa, portanto as cores diferentes são de apenas caráter ilustrativo.

07

Figura 2 - Tela de escolha do elétron.



Fonte: do autor.

Antes de iniciar cada fase o jogador se deparará com uma tela com a temática do material a ser percorrido e um resumo com algumas informações importantes sobre ele (figura 3), como nome do material, uma breve explicação, seu símbolo, massa atômica, número atômico e a resistividade ou condutividade elétrica.

Figura 3 - Resumo das propriedades da (a) prata, (b) cobre, (c) ouro, (d) alumínio, (e) ferro.



Fonte: Compilação do autor.

Concebemos o jogo Corrida Eletrônica com 5 fases, sendo a primeira a prata (figura 4(a)), a segunda o cobre (figura 4(b)), a terceira o ouro (figura 4(c)), a quarta o alumínio (figura 4(d)) e a última o ferro (figura 4(e)). Para determinar a ordem das fases do jogo, obedecemos o critério da condutividade elétrica, ou seja, começamos com a prata que é o melhor condutor elétrico e encerramos com o ferro, que dentre os 5 metais é o que tem a pior condutividade.

Figura 4 – Fase (a) prata, (b) cobre, (c) ouro, (d) alumínio, (e) ferro.



Fonte: Compilação do autor.

Durante as fases do Corrida Eletrônica serão exibidos marcadores no formato de barras na parte superior da tela, sendo o primeiro o tempo (cada fase tem duração de 2 minutos), na cor rosa, o segundo marca a energia na cor verde, e o último mostra o aumento de temperatura conforme o elétron colide. Além disso, existem 2 botões circulares, sendo o primeiro para pausar/retomar a partida e o segundo para desativar/ativar o som do jogo.

Ao longo das fases o jogador deverá percorrer as pistas decorridas, desviando dos íons, que fazem com que ele dissipe energia e aumente sua temperatura.

Na primeira fase, como todo bom jogo deve ser, o jogador deverá encontrar maior facilidade em desviar dos obstáculos (íons), e espera-se que o aluno entenda que esta facilidade se deva ao fato da prata estar no topo da lista de material com maior propriedade de condutividade. Porém, conforme o jogador for avançando nas fases, notará que o número de obstáculos vai aumentando e conseqüentemente, o número de colisões entre elétrons e íons, o que acaba resultando no aumento de temperatura e com isso, nível de dificuldade será também aumentado. Caso o jogador perca toda a energia do elétron durante a fase, será exibido uma tela de game over (figura 5) e com um botão para ele tentar novamente.



09

Figura 5 - Game over.



Fonte: do autor.

Ao concluir cada fase, será mostrada uma mensagem de parabéns, como mostrado na figura 6 e um botão retangular que abre uma nova etapa do jogo.

Figura 6 - Mensagem de parabéns.



Fonte: Compilação do autor.

Ao avançar pelas fases, prata, cobre, ouro, alumínio e finalmente pela ferro aparecerá uma mensagem final, com os dizeres "VENCEDOR" e "Você concluiu todas as fases da CORRIDA ELETRÔNICA" (figura 7).

Figura 7 - Tela de vencedor.



Fonte: do autor.

TÓPICOS DA ELETRICIDADE

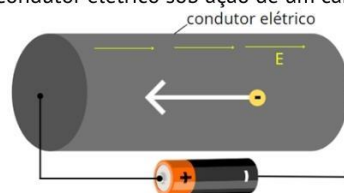
CORRENTE ELÉTRICA

Corrente elétrica pode ser definida como sendo qualquer movimento de carga de uma região para outra. Quando isso acontece ao longo de uma trajetória que forma um circuito fechado, essa trajetória recebe o nome de circuito elétrico. Nos circuitos constituídos por fios de metal, são os elétrons livres que dão origem a corrente.

Circuitos elétricos são os responsáveis por desempenhar um papel fundamental na maioria das aplicações práticas da eletricidade, tais como, em computadores, smartphones, lanternas, eletrodomésticos, entre outros.

Ao estabelecermos uma diferença de potencial no condutor elétrico através do uso de uma bateria ou qualquer fonte de energia, esse passa a ser preenchido por um campo elétrico. A orientação desse campo elétrico, será do de maior potencial para o de menor. Dessa forma, os elétrons livres que estão sobre a força do campo elétrico se movimentarão no sentido do menor para o maior potencial, ou seja, sentido contrário ao do campo. Dessa maneira, o movimento dos elétrons dentro do condutor passa a ser ordenado.

Figura 8 - Condutor elétrico sob ação de um campo elétrico.

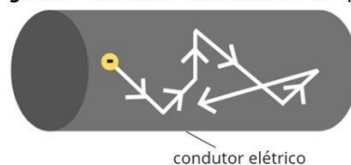


Fonte: do autor.

Dentro de um condutor metálico, os elétrons livres se movem de maneira desordenada, esse movimento não constitui a corrente elétrica, já que é um movimento aleatório de elétrons.

Na figura 9, representamos apenas um elétron livre se movendo de maneira aleatória dentro de um fio condutor.

Figura 9 - Condutor elétrico sem campo.



Fonte: do autor.

Neste caso, o circuito elétrico se encontra no mesmo potencial. Portanto, não existe campo elétrico em seu interior, não há corrente elétrica, apesar de existirem elétrons de condução disponíveis, nenhuma força resultante atua sobre eles.



INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA

Após algum tempo, o fluxo de elétrons atinge um valor constante e com isso, a corrente elétrica não varia com o tempo.

Suponhamos que uma carga elétrica atravessa uma seção reta de um condutor num determinado intervalo de tempo, esta corrente elétrica que percorre o plano é definida pela expressão:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Onde: i é a corrente elétrica, ΔQ é a carga elétrica e Δt é o intervalo de tempo.

EXEMPLO

Vamos supor que uma bateria totalmente descarregada, é alimentada por uma corrente de 1,6A até completar sua carga total que é igual a 0,4Ah. Determine o tempo que leva para carregar essa bateria.

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$1,6 = \frac{0,4}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{0,4}{1,6}$$

$$\Delta t = 0,25 \text{ h ou } 15 \text{ minutos}$$

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE

A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional é o Ampere (A), em homenagem ao físico e matemático francês André-Marie Ampère, que viveu entre os anos de 1775 a 1836, cuja obra colaborou para importantes avanços do estudo do eletromagnetismo.



Fonte: Popperfoto/Getty Images

$$1 \text{ ampere} = 1 \frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}} \Rightarrow 1A = 1 \frac{C}{s}$$



CONDUTIVIDADE E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é uma característica muito importante dos materiais, em especial quando falamos dos metais. Quando submetidos a um campo elétrico, quanto mais facilmente seus elétrons livres fluírem, maior será a condutividade do material.

Esta característica importante dos metais, a condutividade, levamos à chamada Primeira Lei de Ohm. Por meio desta lei, sabemos que há proporcionalidade entre a corrente e a diferença de potencial observada em alguns materiais (ôhmicos), com isso conseguimos mensurar a tensão necessária a ser aplicada em um circuito, para que haja uma intensidade de corrente elétrica suficiente para percorrer este dispositivo, assim como seus componentes. Deste modo, quanto maior for a dificuldade que o dispositivo impõe à passagem da corrente, maior deverá ser a tensão aplicada.

Então, a razão entre a tensão e corrente (V/I), é uma medida da dificuldade imposta pelo dispositivo à passagem da corrente elétrica, denominada resistência elétrica (R), que tem como unidade no SI o Ohm (Ω), em homenagem a Georg Simon Ohm (físico e matemático alemão responsável pelo postulado dessa lei). Matematicamente escrevemos essa lei como:

$$V = RI$$



Georg Simon Ohm

Fonte: Wikipédia

Ohm também observou em seus experimentos que a resistência elétrica é proporcional ao comprimento do material condutor e inversamente proporcional à área da seção transversal deste. Esse novo postulado ficou conhecido como segunda lei de Ohm, escrita como:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

O fator de proporcionalidade ρ é conhecido como resistividade, e é uma característica de cada material. A resistividade é inversamente proporcional à condutividade elétrica (σ), de modo que:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

12

Fonte: Canva.com

Na tabela a seguir podemos conferir alguns materiais e suas respectivas resistividades:

Tabela 1 - Resistividade em ohms-metro (todos os valores são para 1 atm, a 20 °C).

Substância		ρ ($\Omega \cdot m$)	Substância	ρ ($\Omega \cdot m$)
Condutores			Semicondutores	
Metais	Prata	$1,47 \times 10^{-8}$	Carbono puro (grafite)	$3,5 \times 10^{-5}$
	Cobre	$1,72 \times 10^{-8}$	Germânio puro	0,60
	Ouro	$2,44 \times 10^{-8}$	Silício puro	2.300
	Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$	Isolantes	
	Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$	Âmbar	5×10^{14}
	Aço	20×10^{-8}	Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
	Chumbo	22×10^{-8}	Lucita	$> 10^{13}$
Ligas	Mercúrio	95×10^{-8}	Mica	$10^{11} - 10^{15}$
	Manganina (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%)	44×10^{-8}	Quartzo (fundido)	75×10^{16}
	Constantan (Cu 60%, Ni 40%)	49×10^{-8}	Enxofre	10^{15}
	Nicromo	100×10^{-8}	Teflon®	$> 10^{13}$
			Madeira	$10^8 - 10^{11}$

Fonte: Young e Freedman, 2015, p. 150.

EFEITO JOULE

O efeito Joule acontece quando um resistor é percorrido por uma corrente elétrica, acontecendo a transformação de energia elétrica em energia térmica, devido colisões entre os elétrons livres com átomos do material condutor.



SIMULADORES

A seguir indicamos dois simuladores do Phet que abordam as leis de Ohm, acesse e aprenda mais!

1ª LEI DE OHM



2ª LEI DE OHM



<https://phet.colorado.edu/simulations/ohms-law>

<https://phet.colorado.edu/pt/simulations/resistance-in-a-wire>



LEVANTAMENTO DO CONHECIMENTO PRÉVIO

QUESTIONÁRIO

Para você o que é eletricidade? Cite algumas aplicações.

Em sua opinião todos os materiais conduzem eletricidade ou você conhece algum que não conduz eletricidade? Se conhece informe o(s) nome(s) dele(s).

Ao utilizar algum equipamento elétrico ou eletrônico percebemos que esse se aquece, a que você atribuiria esse fenômeno?

Normalmente qual é o material empregado para fabricação de fios elétricos que utilizamos em nossas residências?

Relacione a grandeza elétrica com sua respectiva unidade

	V	A	Hz	W	Ω
Corrente elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resistência elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tensão elétrica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Potência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frequência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

QUESTÕES

Observe a imagem abaixo e responda por que os pássaros não tomam choque ao encostar em fio elétrico desencapado?



Sabemos que a prata é o melhor condutor elétrico existente, porém os fios elétricos utilizados na instalação elétrica de nossas residências são produzidos com cobre. A que motivo você atribui esse fato?

No Brasil existe o O SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL - SIN, cujo o principal objetivo é interligar todas as usinas geradoras e distribuir eletricidade a grande parte de nosso território e para isso, conta com inúmeras torres e cabos de transmissão elétrica. Qual é o material utilizado na confecção destes cabos e por qual motivo ele é empregado já que não é o melhor condutor elétrico existente?

Os aparelhos abaixo são aplicações práticas do efeito de aquecimento de um fio devido à corrente elétrica, EXCETO:

- a) secador de cabelo
- b) sanduicheira
- c) pilha
- d) torneira elétrica

Assinale a alternativa que possua apenas condutores elétricos

- a) cobre, isopor e borracha
- b) vidro, ouro e prata
- c) porcelana, madeira e isopor
- d) alumínio, ferro e ouro

O que causa o choque elétrico?

- a) tensão elétrica (voltagem)
- b) frequência elétrica
- c) corrente elétrica
- d) resistência elétrica

Explique o efeito Joule e dê ao menos um exemplo.

PROPOSTAS PARA APLICAÇÃO

PROPOSTA 01

Nº DE AULAS: 10 AULAS DE 45 MINUTOS

Roteiro

Na primeira aula você deverá aplicar o questionário de conhecimento prévios, essa etapa é de extrema importância, pois a partir das análises das repostas dos alunos você montará suas aulas sabendo quais pontos deverão ser aprofundados e quais os alunos possuem maior facilidade.

Nas próximas 4 aulas você deverá promover aulas expositivas sobre os conceitos básicos da eletricidade, recomendamos que utilize exemplos cotidianos sobre o seu uso, nesta etapa vídeos e animações enriquecem suas aulas.

Após abordar os conceitos elétricos, reserve duas aulas para instalação e execução do jogo Corrida Eletrônica. Auxilie os alunos que apresentam dificuldades para acessar o jogo, pedindo aos que possuem maior facilidade no uso das TICs para que auxiliem aqueles que apresentam dificuldades, promovendo o protagonismo juvenil. Depois que todos conseguirem executar permita que eles interajam com o jogo, durante essa etapa você poderá abordar alguns conceitos apresentados anteriormente sobre da eletricidade.

Na aula seguinte à execução do jogo recomendamos que utilize a avaliação da aprendizagem para verificar o que os alunos absorveram ao longo das aulas, e a partir da correção você terá um diagnóstico do aprendizado e caso seja necessário poderá retomar conceitos em que os discentes apresentaram maiores dificuldades.

Após 6 meses da aplicação da avaliação da aprendizagem recomendamos que a realize novamente para verificar se houve indícios da aprendizagem significativa conforme é apresentada na teoria proposta por David Ausubel.



PROPOSTAS PARA APLICAÇÃO

PROPOSTA 02

Nº DE AULAS: 1 A 2 AULAS DE 45 MINUTOS

Roteiro

Caso trabalhe em alguma rede de ensino em que deva seguir rigorosamente o material didático, você poderá aplicar o Corrida Eletrônica como um reforço positivo para fixação dos conceitos da eletricidade durante uma ou duas aulas e caso não disponha desse tempo em seu planejamento poderá solicitar que os alunos joguem como tarefa de casa e na aula seguinte retome alguns conceitos que são abordados no jogo.

PROPOSTA 03

Nº DE AULAS: INDETERMINADO

Roteiro

Caso possua conhecimento avançado em informática e lecione alguma disciplina ou projeto relacionado à ciência e tecnologia você e seus alunos poderão alterar o jogo conforme desejarem. Para isso, disponibilizamos o código fonte, imagens, sons e a versão gratuita do software Construct 2. Após as personalizações recomendamos executar as etapas sugeridas no roteiro 1.

LINK PARA DOWNLOAD DOS ARQUIVOS



<http://corridaeletronica.com.br/codigo-fonte>

