



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS / UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO/DEPARTAMENTO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 04**

CARLA CAROLINE MELGUEIRA DA SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS PONTOS
QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO**

Manaus-AM

2024

CARLA CAROLINE MELGUEIRA DA SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS PONTOS
QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Polo 04 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Amazonas/ Instituto Federal do Amazonas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física no Ensino Médio.

Orientadora: Prof.^a Dra. Rita de Cássia Teixeira Mota de Oliveira

Manaus-AM
2024

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

S586p Silva, Carla Caroline Melgueira da.
Uma proposta de sequência didática para os pontos quânticos no ensino médio / Carla Caroline Melgueira da Silva. – Manaus, 2024.
90 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2024.
Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Teixeira Mota de Oliveira.

1. Ensino de física. 2. Pontos quânticos. 3. Sequência didática. I. Oliveira, Rita de Cássia Teixeira Mota de. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.07



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

Ata da 62ª Defesa de Dissertação

Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro, do ano de dois mil e vinte e quatro, às 14h00, por webconferência, ocorreu a Defesa da Dissertação da mestranda **Carla Caroline Melgueira da Silva**, intitulada: “**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS PONTOS QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO**”, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pela Profa. Dra. Rita de Cássia Mota Teixeira de Oliveira (UFAM), Prof. Dr. Eduardo de Paula Abreu (UFAC) e Denilson da Silva Borges (UFAM). A Professora Rita de Cássia Mota Teixeira de Oliveira, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. A Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou a mestranda para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, a Presidente da banca comunicou a interessada que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, duas (02) vias impressa e encadernada no formato capa dura, e uma via(01) digital em formato PDF, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução N°.47 – CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.

Documento assinado digitalmente



RITA DE CÁSSIA MOTA TEIXEIRA DE OLIVEIRA
Data: 26/02/2024 16:34:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Rita, de Cássia Mota Teixeira de Oliveira
Presidente - UFAM

Documento assinado digitalmente



EDUARDO DE PAULA ABREU
Data: 26/02/2024 18:41:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Abreu
Membro Externo - UFAC

Documento assinado digitalmente



DENILSON DA SILVA BORGES
Data: 27/02/2024 17:01:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Denilson da Silva Borges
Membro Externo - UFAM

CARLA CAROLINE MELGUEIRA DA SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS PONTOS
QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Polo 04 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Amazonas (UFAM)/ Instituto Federal do Amazonas (IFAM) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física no Ensino Médio.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof.(a) Dra. Rita de Cássia Teixeira Mota de Oliveira – Orientador(a)
Universidade Federal do Amazonas - IFAM

Prof. Dr. Eduardo de Paula Abreu – Examinador 1
Universidade Federal do Acre - UFAC

Prof. Dr. Denilson da Silva Borges – Examinador 2
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus em primeiro lugar, por ter me concedido essa oportunidade de cursar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e à minha mãe Elza Melgueira Luiz, que sempre me incentivou a ir em busca dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus em primeiro lugar, por ter me concedido essa oportunidade de cursar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, à minha mãe Elza Melgueira Luiz, que sempre me incentivou a ir em busca dos meus sonhos. Agradeço também aos amigos que conquistei no Mestrado, em especial aos meus amigos Verônica Tavares Barbosa e ao Wilguem Torres da Silva, que me apoiaram, incentivaram e me ajudaram nos momentos de dificuldades que enfrentamos juntos nesse Mestrado, aos meus amigos da escola aonde eu trabalho, aos Professores Alba, José Messias, Daniela, Neidimara, Jackeline, Aureliane, Adriel, Luceani e a Professora Luciene Ribeiro.

Agradeço também a minha orientadora Professora Dra. Rita de Cássia, que me auxiliou na produção deste trabalho, por ter acreditado em mim e pela paciência.

Agradeço ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 04 e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo incentivo financeiro em forma de bolsa para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do colegiado do MNPEF – Pólo 04 da Universidade Federal do Amazonas e Instituto Federal do Amazonas, por todo conhecimento compartilhado, pela dedicação e por toda contribuição que foi dada ao longo de 2 anos.

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

“O cientista não é o homem que fornece verdadeiras respostas; é quem faz verdadeiras perguntas.” (Claude Lévi-Strauss).

Lista de Figuras

Figura 1: Relação entre as estruturas de bandas, raio de éxciton de Bohr e composição do material em função do tamanho.....	21
Figura 2: Representação do efeito de variação da energia de banda proibida em função do tamanho da nanopartícula de PQs.....	22
Figura 3: Composição, tamanho e faixas de comprimentos de ondas de QDs emissores de NIR preparados através de metodologias baseadas em soluções. Os comprimentos de ondas de emissão relatados para NCs de tamanho constante contendo diferentes proporções de elementos são representados com retângulos de linhas quebradas.....	23
Figura 4: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 01.....	41
Figura 5: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 02.....	41
Figura 6: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 03.....	41
Figura 7: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 04.....	41
Figura 8: Orientações sobre o Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05.....	42
Figura 9: Aplicação do Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05.....	42
Figura 10: Alunos conhecendo o jogo digital Show do Milhão dos QDs.....	42
Figura 11: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs.....	42
Figura 12: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs e respondendo ao questionário avaliador do jogo.....	42
Figura 13: Alunos interagindo durante a aplicação do jogo digital Show do Milhão dos QDs.....	42
Figura 14: Resultado da Avaliação dos alunos em relação à questão 1 do Questionário Avaliador sobre o Jogo.....	52
Figura 15: Resultado da Avaliação dos alunos em relação à questão 2 do Questionário Avaliador sobre o jogo.....	53
Figura 16: Resultado da Avaliação dos alunos da questão 3 do Questionário Avaliador do Jogo.....	54

Figura 17: Resultado da Avaliação dos Alunos para a questão 4 do Questionário Avaliador do Jogo.....	55
Figura 18: Resultado da Avaliação dos Alunos para a questão 5 do Questionário Avaliador do Jogo.....	56
Figura 19: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 01.....	82
Figura 20: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 02.....	82
Figura 21: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 03.....	82
Figura 22: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 04.....	82
Figura 23: Orientações sobre o Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05.....	83
Figura 24: Aplicação do Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05.....	83
Figura 25: Alunos conhecendo o jogo digital Show do Milhão dos QDs.....	83
Figura 26: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs.....	83
Figura 27: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs e respondendo ao questionário avaliador do jogo.....	83
Figura 28: Alunos interagindo durante a aplicação do jogo digital Show do Milhão dos QDs.....	83
Figura 29: Tela inicial do Jogo Digital Show do Milhão dos QDs.....	90
Figura 30: Questão 1 do Jogo QDs.....	91
Figura 31: Questão 2 do Jogo dos QDs e suas aplicações.....	91
Figura 32: Questão 3 do Jogo dos QDs e suas aplicações.....	92
Figura 33: Questão 4 do Jogo dos QDs.....	92
Figura 34: Tela de acerto do Jogo dos QDs.....	93
Figura 35: Tela do erro do Jogo dos QDs.....	93
Figura 36: Tela de acerto do R\$ 1.000.000 do Jogo dos QDs e suas aplicações.....	94

Sumário

Capítulo 1 - Introdução.....	13
1.1 Problema da Pesquisa	15
1.2 Objetivos	16
• Objetivo Geral.....	16
• Objetivos Específicos	16
Capítulo 2 - Referencial Teórico	17
Capítulo 3 – Os Pontos Quânticos e suas aplicações.....	20
Capítulo 4 - Metodologia.....	28
4.1 Apresentação da Sequência Didática	31
4.2 Procedimentos metodológicos da intervenção	32
4.3 Caracterização da turma.....	32
Capítulo 5 - Resultados e Discussão.....	43
Capítulo 6 - Considerações Finais	57
Referências Bibliográficas.....	59
APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO INICIAL.....	62
APÊNDICE 2 – ATIVIDADE SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS	63
APÊNDICE 3 – ATIVIDADE DE FIXAÇÃO SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS	64
APÊNDICE 4 - QUESTIONÁRIO FINAL.....	65
APÊNDICE 5 - Questionário Avaliador – Jogo Show do Milhão dos QDs.....	66
APÊNDICE 6 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	67
APÊNDICE 7 – PRODUTO EDUCACIONAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DOS QDs	68
1. APRESENTAÇÃO.....	71
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	72
3. APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	73
3.1 Procedimentos metodológicos da intervenção	73
3.2 Caracterização das turmas.....	74
APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO INICIAL.....	85
APÊNDICE 2 – ATIVIDADE SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS	86
APÊNDICE 3 – ATIVIDADE DE FIXAÇÃO SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS	87
APÊNDICE 4 - QUESTIONÁRIO FINAL.....	88
APÊNDICE 5 - Questionário Avaliador – Jogo Show do Milhão dos QDs.....	89
4. JOGO DO SHOW DO MILHÃO SOBRE OS QDS.....	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS PONTOS QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO

Resumo: Esta proposta de sequência didática sobre os Pontos Quânticos (Quantum Dots¹) foi aplicada com uma turma da 2ª série do Ensino Médio, composta por 44 alunos no ano de 2022 e a última parte desta sequência didática foi aplicada nessa mesma turma, já na 3ª série do Ensino Médio no ano de 2023, no turno matutino, de uma Escola Pública de Manaus. Para esta sequência didática foram necessárias cinco (05) aulas com duração de 50 minutos cada, cujo objetivo era proporcionar aos alunos a compreensão do tema pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias em diversas áreas. Para a elaboração desta sequência didática utilizou-se vários recursos didáticos para facilitar a aprendizagem dos discentes ao longo das aulas como a utilização de slides, de vídeos de curta duração sobre o tema abordado, a utilização de artigos científicos e materiais de sites de tecnologia que abordam este tema, uma roda de conversa com os alunos para que estes pudessem expor o que aprenderam sobre os pontos quânticos e as suas aplicações no cotidiano. Os alunos foram divididos em várias equipes, com no máximo cinco integrantes, além de ter sido criado um jogo digital denominado Show do Milhão dos QDs para esta abordagem. O referencial adotado neste trabalho foi a da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e a abordagem utilizada nesta sequência didática foi à abordagem *Ciência, Sociedade, Tecnologia e Ambiente (CSTA)*, com o intuito de mostrar como a utilização da tecnologia pontos quânticos pode ajudar na solução de problemas enfrentados pela sociedade. Coletou-se as informações sobre o conhecimento dos alunos em relação a este tema por meio de dois questionários, um questionário inicial constituído de quatro questões abertas, para apurar se existia algum conhecimento prévio por parte desses estudantes em relação a este tema, além de um questionário final constituído de cinco questões abertas e fechadas, com o intuito de verificar se houve uma evolução no processo de aprendizagem em relação a este tema. Além da proposta do jogo digital “Show do milhão dos QDs”, para auxiliar no processo de aprendizagem dos discentes envolvidos nesta abordagem, também foi utilizado um questionário avaliador deste jogo digital, presente na sequência didática.

Palavras-chaves: Pontos quânticos; Sequência didática; Abordagem CTSA.

¹ *Quantum dot* ou *QD*, este termo vem inglês que significa *ponto quântico*.

A DIDACTIC SEQUENCE PROPOSAL FOR QUANTUM DOTS IN HIGH SCHOOL

Summary: This proposed didactic sequence on Quantum Dots was applied to a 2nd grade high school class, made up of 44 students in the year 2022 and the last part of this didactic sequence was applied to that same class, already in 3rd grade of high school in 2023, in the morning shift, at a Public School in Manaus. This didactic sequence required five (05) classes lasting 50 minutes each, the objective of which was to provide students with an understanding of the topic of quantum dots and their applications in the development of new technologies in various areas. To prepare this didactic sequence, several didactic resources were used to facilitate students' learning throughout classes, such as the use of slides, short videos on the topic covered, the use of scientific articles and materials from technology websites that address this topic, a conversation with students so that they could explain what they learned about quantum dots and their applications in everyday life. The students were divided into several teams, with a maximum of five members, and a digital game called Show do Milhão dos QDs was created for this approach. The framework adopted in this work was David Ausubel's Meaningful Learning Theory (TAS) and the approach used in this didactic sequence was the Science, Society, Technology and Environment (CSTA) approach, with the aim of showing how the use of technology points Quantum technology can help solve problems faced by society. Information on students' knowledge regarding this topic was collected through two questionnaires, an initial questionnaire consisting of four open questions, to determine whether there was any prior knowledge on the part of these students regarding this topic, in addition to a final questionnaire consisting of five open and closed questions, with the aim of verifying whether there was an evolution in the learning process in relation to this topic. In addition to the proposal for the digital game "Show of the million QDs", to assist in the learning process of the students involved in this approach, an evaluation questionnaire for this digital game was also used, present in the didactic sequence.

Keywords: Quantum dots; Following teaching; CSTA approach.

Capítulo 1 - Introdução

O presente trabalho visa mostrar a importância do conhecimento de temas relevantes para a Física Quântica, como os pontos quânticos, suas aplicações em várias áreas e no desenvolvimento de novas tecnologias. Esta proposta de sequência didática pode ser desenvolvida com alunos da 3ª série do Ensino Médio, para os discentes que possuem um conhecimento prévio sobre os átomos, caso isso não seja possível o professor poderá fazer uma breve revisão sobre o assunto para em seguida poder aplicar esta sequência didática com estes discentes. Neste trabalho será sugerida uma proposta de sequência didática para trabalhar com o tema os “pontos quânticos” e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias, para alunos da 2ª e 3ª série do Ensino Médio.

Conforme as orientações sugeridas pela lei de Diretrizes e Bases (LDB), assim como também é sugerido pelos Parâmetros Curriculares PCN+, é recomendada a inserção dos conteúdos da Física Quântica no Ensino Médio, porque permitem aos jovens adquirir uma compreensão mais ampla sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com novos e diferentes materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos equipamentos tecnológicos, ou com a evolução da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve incluir as interações dos núcleos dos átomos e os modelos que a ciência propõe atualmente para o mundo que é constituído de partículas. Assim, o ensino de Física nas escolas públicas deve ser voltado para temas mais modernos, que ajudem o aluno a compreender como a Física pode ajudar no processo de produção dessas novas tecnologias que podem facilitar a vida do homem e a conservação do meio ambiente. Diante disso será proposta uma sequência didática constituída de 5 aulas com 50 minutos cada uma. Na primeira aula será feita uma breve revisão sobre o conceito de “átomos”, em seguida será feita uma breve abordagem sobre o tema os “pontos quânticos” de maneira expositiva dialogada e com o auxílio de slides sobre o tema com duração de 20 minutos, para os alunos terem uma noção do conteúdo que será abordado nesta sequência didática. Em seguida será passado um vídeo do *YouTube* denominado “*What are Quantum Dots?*”², com a duração de um minuto e 49 segundos, neste vídeo trata sobre o conceito dos Quantum Dots (pontos quânticos), como eles são produzidos,

² What are Quantum Dots?. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LIPDyl53rZA>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

onde podem ser aplicados e será falado também a toxicidade de alguns pontos quânticos. Em seguida será distribuído para os alunos um questionário diagnóstico para verificar se existe algum conhecimento prévio por parte dos alunos sobre o tema que será abordado nesta sequência didática.

Na segunda aula será realizada uma abordagem sobre o conceito dos pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias de maneira expositiva dialogada, em seguida será passado um vídeo do *YouTube* denominado “*Quantum Dots*”³, com duração de quatro minutos. Neste vídeo é apresentado o conceito dos *Quantum Dots*, o seu processo de fabricação, as áreas em que eles podem ser aplicados, como na biotecnologia, no desenvolvimento de computadores quânticos, no processo de criptografia, na medicina, na Química, nos dispositivos lasers, entre outros. No segundo momento desta aula será distribuída uma Atividade de caça-palavras sobre os pontos quânticos, onde a mesma apresenta um texto introdutório sobre os pontos quânticos e oito palavras desse texto foram grifadas para que os alunos possam encontrá-las no caça-palavras.

Na terceira aula, no primeiro momento será realizada uma abordagem expositiva dialogada sobre as aplicações dos pontos quânticos em várias áreas como na biotecnologia, no desenvolvimento dos computadores quânticos, no processo da criptografia, na medicina, na produção de dispositivos lasers, em emissores de luz, dentre outros. Em seguida no segundo momento desta aula, será passado um vídeo do *YouTube* de curta duração denominado “*Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos*”⁴ com duração de um minuto. No terceiro momento desta aula os alunos serão divididos em equipes com no máximo cinco alunos, em seguida serão distribuídos três artigos científicos e três matérias de sites de tecnologia que abordam sobre o tema os pontos quânticos e as suas aplicações, em seguida as equipes terão 30 minutos para realizar a leitura do material distribuído na aula, após esse momento de leitura, será realizada uma roda de conversa, onde os alunos poderão expor as suas opiniões acerca dos vídeos que foram passados nas aulas anteriores e sobre o material que os mesmos fizeram a leitura, nesse momento os alunos poderão dividir com os demais colegas as

³Quantum Dots. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cXNzfR1qaHU&t=69s>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

⁴ Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=0tYrg9tq110>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

suas opiniões e percepções acerca destes temas que foram abordados nesta sequência didática.

Na quarta aula, no primeiro momento será distribuído um questionário final para verificar a aprendizagem dos conteúdos que foram abordados, sobre as aulas expositivas sobre o tema, sobre os vídeos que foram passados nas aulas e sobre as leituras dos artigos científicos e matérias relacionadas com este tema que foram abordados na terceira aula. No segundo momento será feita a análise das respostas obtidas com o questionário final, para observar a evolução do conhecimento destes alunos e se houve progresso no aprendizado destes discentes.

Na quinta aula, no primeiro momento o professor questionará os alunos, fazendo perguntas sobre os pontos quânticos e as suas aplicações, se os mesmos ainda apresentarem dúvidas, o professor pode fazer uma breve explicação expositiva dialogada sobre o tema, se eles não apresentarem nenhuma dúvida, o professor poderá apresentar o jogo digital “Show do milhão dos QDs”. No segundo momento desta aula, o professor poderá apresentar o jogo digital no seu notebook e poderá levar os alunos para o laboratório de informática da escola, para que todos os alunos de sua turma possam conhecer e brincar com este jogo, em seguida os mesmos podem ser divididos em trios para disputarem o jogo entre si, cada aluno deve jogar uma vez e quem acertar as quatro perguntas deste jogo primeiro será o ganhador ou milionário.

1.1 Problema da Pesquisa

Como fazer uma transposição didática do tema os Pontos Quânticos com poucos recursos didáticos disponíveis para uma turma de Ensino Médio de uma escola pública de Manaus?

1.2 Objetivos

- **Objetivo Geral**

Esta dissertação tem o objetivo de propor o desenvolvimento de uma sequência didática sobre os Pontos Quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias para alunos de diferentes séries do Ensino Médio de uma escola pública de Manaus.

- **Objetivos Específicos**

- Propor uma sequência didática sobre o tema os Pontos Quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias para alunos da 2ª série e da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública de Manaus.
- Fazer uma transposição didática do tema os Pontos Quânticos para o Ensino Médio utilizando a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).
- Verificar se os alunos das diferentes séries do Ensino Médio conseguiram compreender os assuntos que foram abordados nesta sequência didática por meio da observação das respostas dos questionários, atividades e do jogo digital sobre os QDs que foram propostos nesta abordagem e verificar qual foi a opinião dos mesmos sobre o jogo digital proposto nesta sequência didática.

Capítulo 2 - Referencial Teórico

Na disciplina de Física, vários alunos apresentam dificuldade de compreensão de fenômenos que exigem abstração, interpretação e reflexão (BATISTA, 2004). O tema os pontos quânticos, é uma tema que deveria ser abordado na terceira série do Ensino Médio, porém vários professores deixam de trabalhar os conteúdos da Física Moderna, porque eles têm que abordar outros conteúdos que são mais cobrados nos vestibulares como a eletrostática, a eletrodinâmica e o eletromagnetismo, por estes motivos às vezes os professores nem conseguem abordar os conteúdos que são relacionados com a Física Moderna, esta área da Física também possui muitas aplicações no cotidiano que despertaria mais o interesse dos alunos para se estudar sobre a Física. Diante disso, sugere-se com este trabalho uma proposta de sequência didática sobre os pontos quânticos, que é um tema mais moderno da Física e possui várias aplicações em diferentes áreas atualmente.

Essa sequência didática está referenciada em uma pesquisa de artigos, trabalhos publicados em anais de eventos, Trabalhos de Conclusão de Curso de Cursos de Licenciatura em Física e Química, Dissertações, além da utilização de livro de Física para o Ensino Superior. Os artigos e trabalhos foram selecionados nas plataformas de pesquisa, Scielo, Google acadêmico e Caderno Brasileiro de Ensino de Física, utilizando os descritores: “pontos quânticos física”, “pontos quânticos aplicações” e “quantum dots”. Fez-se a leitura dos resumos desses artigos, observando quais deles seriam mais relevantes para a composição desta sequência didática. Ainda compomos nossa pesquisa bibliográfica por um livro de autores que trabalham com o Ensino de Física para o Ensino Superior, como o livro Física Quântica, dos autores Eisberg e Resnick.

Dessa forma chegou-se a um livro de Física, do Ensino Superior, vários artigos, TCCs e dissertações que abordam este tema, que foram os trabalhos que embasaram o conteúdo desta sequência didática. Esses trabalhos compõem a base bibliográfica dessa sequência didática, conforme a ideia desses autores e com base na nossa vivência na sala de aula, assim pretendeu-se sugerir uma abordagem diferenciada para trabalhar com este tema do Ensino Superior para transpô-lo no Ensino Médio, visando facilitar a compreensão deste tema abordado por parte dos alunos.

Para abordarmos os conteúdos dessa sequência didática, nos baseamos na obra Física Quântica, de EISBERG, R.; RESNICK, R.; 1ª Edição. Dentre os artigos que

foram escolhidos para a leitura, nos baseamos nos artigos de VITORETI *et al.*, cujo tema deste trabalho é “*Células solares sensibilizadas por pontos quânticos*”³. No trabalho de SANDRI *et al.*, cujo título é “*Pontos quânticos ambientalmente amigáveis: destaque para o óxido de zinco*”²⁵. O trabalho de Conclusão de Curso de JÚNIOR, J. intitulado “*Pontos Quânticos*”¹⁶.

Este trabalho fundamenta-se nos princípios da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, que afirma que a aprendizagem significativa é o processo caracterizado pela aquisição de conhecimentos relevantes tanto para o indivíduo, dentro de suas ideias, como para o campo específico de conhecimento ao qual pertence à nova informação. Em síntese, a TAS pressupõe que aprender significativamente é reunir a nova informação aos conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para que isso ocorra, é importante o uso de um material que seja capaz de potencializar o significado lógico do conteúdo ao apresentar organização, estrutura e linguagem adequada, além de levar em consideração a existência, na estrutura cognitiva de quem lê, de conhecimentos prévios pertinentes à aquisição do novo conceito, segundo Moreira (2008).

Assim o professor pode levar em consideração como conceito subsunçor⁵ o tema átomo, que provavelmente a maioria dos estudantes do Ensino Médio já deve ter ouvido falar nas disciplinas de Química e de Física, para poder apresentar o novo conceito os pontos quânticos para os mesmos. Dessa forma, os mesmos poderiam fazer uma analogia entre esses dois conceitos, pois apesar de os pontos quânticos serem moléculas mais complexas, eles são mais parecidos com os átomos e o seu comportamento energético é discreto. Assim, eles absorvem e emitem energia em múltiplos de determinado valor, segundo (Saúde Digital, 2021).

O referencial adotado neste trabalho foi à abordagem *Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA)*, esta abordagem vem para auxiliar a educação brasileira e mundial, fazendo uma associação entre educação científica, tecnológica, social e ambiental, na qual os alunos absorvem o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social a partir de suas experiências no cotidiano.

A educação em ciências CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) é uma concepção educacional que surgiu na década de 80 do século passado que deseja mudar os objetivos da educação científica, buscando a otimização do processo de compreensão

⁵ Conceito subsunçor é o conhecimento prévio do aprendiz.

da realidade e do tempo nos quais vivemos, visando à participação dos cidadãos para se engajarem em questões problemáticas que envolvam a ciência e a tecnologia, conforme (Aikenhead, 2006). Os objetivos educacionais CTS impulsionaram a discussão de questões ambientais graves relacionadas com o desenvolvimento contemporâneo da ciência e da tecnologia e das suas relações com a sociedade. Sendo assim, vários pesquisadores e educadores defenderam o acréscimo da letra 'A' ao acrônimo CTS resultando na sigla CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), como uma forma de destacar a urgência e a importância do enfrentamento desses problemas para a situação de emergência do planeta, almejando o desenvolvimento sustentável das sociedades, conforme (Aikenhead, 2003; Vilches, Gil-Pérez e Praia, 2011).

Segundo Santos e Montimer (2002), o objetivo principal da educação de CTSA no Ensino Médio é promover a alfabetização científica nos cidadãos, ajudando o aluno a construir conhecimentos, valores e habilidades necessários para tomar decisões responsáveis em relação a questões de ciência e tecnologia na sociedade e propor soluções para tais questões.

No Brasil, as abordagens de ensino CTSA têm se mostrado como uma estratégia para a inclusão de discussões acerca de temas ambientais na educação científica escolar, segundo (Silva; Cavalari e Muenchen, 2015).

Devido à urgência da problemática ambiental e da necessidade de conscientização a partir de mudanças individuais e coletivas, vários encaminhamentos educacionais foram criados desde o século passado com o propósito de formar os estudantes para a cidadania, considerando a complexidade e urgência das questões ambientais na atualidade. A educação ambiental, a educação em ciências CTS/CTSA, a educação para a sustentabilidade, entre outros, são exemplos de repercussões educacionais desse modelo, conforme (Bourscheid e Farias, 2014). Assim sendo, este trabalho apresenta um relato e a análise de vários dados que foram coletados durante o desenvolvimento de uma sequência de ensino de Física CTSA com alunos do ensino médio regular de uma escola pública, cujo objetivo é de contribuir com esta proposta sobre o tema os pontos quânticos e as suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias, mostrar as vantagens e desvantagens da utilização dos QDs e como a utilização destes pode contribuir ou prejudicar o meio ambiente, esta sequência didática teve a intenção de promover o debate sobre o potencial da educação científica para a formação cidadã que esteja relacionada com os desafios contemporâneos,

principalmente com as questões socioambientais e o desafio de se produzir o desenvolvimento sustentável das sociedades.

Capítulo 3 – Os Pontos Quânticos e suas aplicações

Quando os elétrons estão confinados em uma pequena região do espaço, eles só podem existir em determinados estados de energia, esse fenômeno é conhecido como quantização da energia. Esse fenômeno foi observado primeiramente em átomos, por volta do século XIX, e, posteriormente em outros sistemas (AMABIS *et al.*, 2020).

Existe uma tendência natural dos elétrons de uma amostra de matéria ocuparem os níveis mais baixos de energia possíveis. Se um elétron absorve quantidade adequada de energia, seu estado energético se altera para um nível quântico de maior energia, esse processo é denominado excitação eletrônica. Um elétron excitado pode emitir energia como luz visível, ultravioleta ou infravermelho e retornar ao estado inicial de energia mais baixa. Caso a energia seja emitida como luz visível, a amostra apresentará luminosidade colorida observável (AMABIS *et al.*, 2020).

Um fator que determina as propriedades ópticas de alguns nanomateriais é que nos domínios nanométricos, os níveis de energia dos elétrons são influenciados pelo tamanho da partícula de material. A alteração do tamanho de uma nanopartícula pode modificar a diferença de energia entre estados quânticos eletrônicos e modificar a energia liberada quando um elétron excitado retorna à situação de menor energia, modificando conseqüentemente, a cor da luz emitida (AMABIS *et al.*, 2020).

A dependência dos níveis eletrônicos de energia com o tamanho da nanopartícula é observável em uma faixa de poucos nanômetros com algumas substâncias semicondutoras. As nanopartículas desses materiais que emitem luz visível no retorno dos elétrons excitados são denominadas de **pontos quânticos**, eles são também chamados de **quantum dots**. Exemplos de substâncias que podem formar os pontos quânticos são o sulfeto de cádmio (CdS), o seleneto de cádmio (CdSe), o sulfeto de zinco (ZnS), o sulfeto de chumbo (PbS), o fosfeto de índio (InP) e o arseneto de índio (InAs), segundo (AMABIS *et al.*, 2020).

Existem muitas pesquisas em andamento sobre os pontos quânticos, e essas nanopartículas já existem em produtos comercializados. Um exemplo disso é o dos

televisores e monitores de computador com tela de nanocristais (também designada pela expressão em inglês *quantum dots display*), em que os pixels (pontinhos de luz existentes na tela) são produzidos com nanopartículas de CdSe em três tamanhos diferentes, especialmente escolhidos para que sejam pontos quânticos emissores de luz vermelha, verde e azul, com as quais todas demais cores vistas na tela podem ser compostas, segundo (AMABIS *et al.* 2020).

Outro exemplo de aplicação dessas nanopartículas é em sensores de luz ambiente para sistemas que acendem lâmpada automaticamente ao anoitecer e as apagam ao amanhecer. Essas partículas apresentam condutividade elétrica que varia em função da luz nelas incidente. Nos sensores, existe um circuito elétrico que, em parte, é constituído de cristais de CdS. Quando amanhece o ambiente está bem iluminado, a condutividade elétrica da substância aumenta e isso é detectado pelo equipamento, que desliga as lâmpadas. O inverso ocorre ao anoitecer, conforme (AMABIS *et al.* 2020).

No começo da década de 1980 surgiram os primeiros estudos sobre uma nova classe de nanocristais com a competência de exibir propriedades espectroscópicas relacionados com o tamanho, resultantes do efeito de confinamento quântico.

O confinamento quântico resulta da mudança da densidade dos estados eletrônicos, que está relacionada com a posição e o momento para partículas livres e confinadas. Quando a energia e o momento são determinados, a posição destas partículas não pode ser determinada com precisão.

Quando consideramos a relação entre a energia e o momento para a fase sólida massiva, podemos pensar como uma série de vibrações que acontecem com pequenas diferenças de energia que nesta fase serão comprimidas, produzindo uma transição intensa em um ponto quântico.

Os pontos quânticos são materiais semicondutores nanocristalinos com diâmetro variando entre 1 e 10 nm segundo (MANSUR, 2010) e eles podem ser divididos conforme os diferentes grupos da Tabela Periódica que seus elementos constituintes pertencem, como IV-VI (sulfeto de chumbo, PbS), II-IV (telureto de cádmio, CdTe) e III-V (fosfeto de gálio, GaP), segundo VITORETI *et al.* (2017).

Os pontos quânticos apresentam o efeito de confinamento quântico, isso os caracteriza como materiais intermediários entre os átomos, moléculas e um corpo massivo. Os materiais que possuem confinamento quântico em uma das direções espaciais, um material bidimensional, é chamado de poço quântico; aqueles que

apresentam confinamento nas duas dimensões, um sólido monodimensional, é conhecido por fio quântico; e o estado com maior restrição espacial, o ponto quântico, possui portadores confinados nas três dimensões espaciais, conforme é representado na Figura 1.

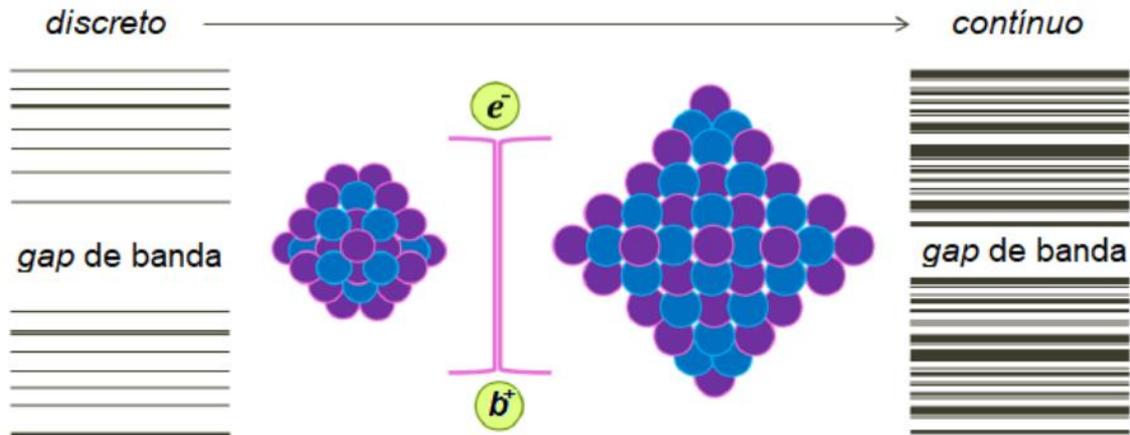


Figura 1: Relação entre as estruturas de bandas, raio de éxciton de Bohr e composição do material em função do tamanho. Fonte: Adaptado de Sparks, 2017.

Assim, conforme o grau de confinamento quântico aumenta, as estruturas de bandas eletrônicas do sólido começam a perder o formato característico de bandas em si e adquirir um caráter atomístico, níveis discretos, como consequência da quantização dos níveis de energia em virtude dos fatores gerados pela redução de tamanho conforme mencionados acima (SPARKS, 2012).

Em relação à densidade de estados $N(k)$, o número de estados disponíveis para serem ocupados por elétrons, tanto na camada de valência quanto na camada de condução, por unidade de energia e volume, segundo (CORDEIRO, 2017), é possível observar essa quantização dos estados energéticos de acordo com o confinamento do éxciton.

Assim, os Pontos Quânticos (PQs) são as estruturas que apresentam maior regime de confinamento quântico entre os sólidos com portadores de cargas confinados. Essas estruturas zero-dimensionais são vistas também como “átomos artificiais” por causa dos seus estados energéticos serem muito semelhante ao de um átomo. Os PQs apresentam diferenças significativas em sua configuração eletrônica quando

comparamos com uma molécula ou sólido cristalino, como pode ser visto na quantização dos estados energéticos causados pelo confinamento do éxciton⁶.

Os pontos quânticos são classificados como materiais zero dimensional e por este motivo apresentam propriedades ópticas fortemente dependentes do tamanho do nanocristal. Isso ocorre devido ao efeito do confinamento quântico justificado pelo surgimento dos níveis discretos de energia nas bandas de valência e condução do material, segundo SILVA (2010). Conforme é observado na Figura 2, é possível perceber a relação entre tamanho e luminescência⁷ nos pontos quânticos, visto que quando ocorre o aumento no tamanho destas partículas, a luminescência destes materiais se desloca para comprimento de ondas maiores no espectro eletromagnético, segundo LAN *et al.* (2014).

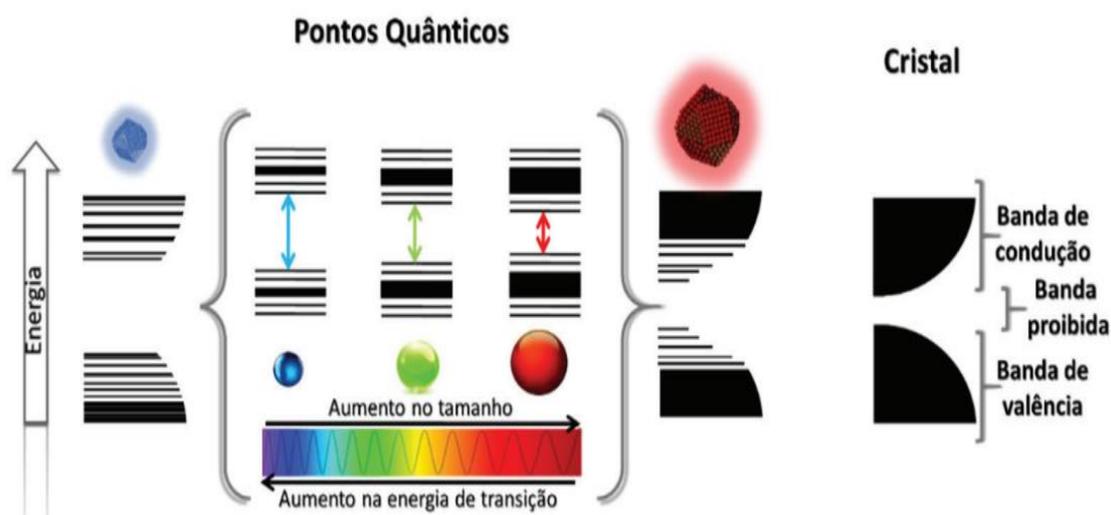


Figura 2: Representação do efeito de variação da energia de banda proibida em função do tamanho da nanopartícula de PQs. Fonte: Santos *et al.* (2020).

Os pontos quânticos apresentam várias propriedades que os diferenciam de outros semicondutores, como: a fotoluminescência⁸, que depende do tamanho do ponto

⁶ O par elétron-buraco interage através de uma força coulombiana e possui uma natureza análoga a de um átomo de hidrogênio, sendo também chamado de éxciton.

⁷ É a absorção de fótons de energia adequada por uma molécula qualquer promove uma transição de elétrons de níveis menos energéticos do estado fundamental para os estados excitados e de maior conteúdo energético. Em algumas substâncias, o retorno desses elétrons para o seu estado inicial de energia é acompanhado da emissão de luz visível, em um fenômeno denominado de luminescência.

⁸ Em semicondutores, as bandas de energia que são permitidas para um elétron e que determinam as propriedades de um material são a banda de valência e a de condução. Ambas estão separadas por uma banda proibida (band gap). Para que elétrons “pulem” da banda de valência à de condução, transpondo a banda proibida num processo denominado transição, é necessário que recebam energia extra, o que pode ocorrer quando o material absorve fótons. Ao perderem energia, esses elétrons podem voltar a ocupar seus lugares na banda de condução, e a energia excedente pode ser emitida em forma de fótons (luz). Essa emissão de luz decorrente da absorção de fótons é conhecida como fotoluminescência.

quântico, vasta absorção da luz, alta intensidade de luminescência e uma boa estabilidade química, conforme NOZIC *et al.* (1998). Os pontos quânticos de semicondutores são divididos em diferentes grupos da Tabela Periódica, tais como II-IV, III-V, IV-VI e I-III-VI.

A Figura 3 apresenta a composição, o tamanho e faixas de comprimento de ondas de QDs emissores de imagem fluorescente no infravermelho próximo (NIR) preparados através de metodologias baseadas em soluções. Os comprimentos de ondas relatados para nanocristais semicondutores (NCs) de tamanho constante contendo diferentes proporções de elementos são representadas com retângulos de linhas quebradas, conforme Lacroix, L-M *et al.* (2013).

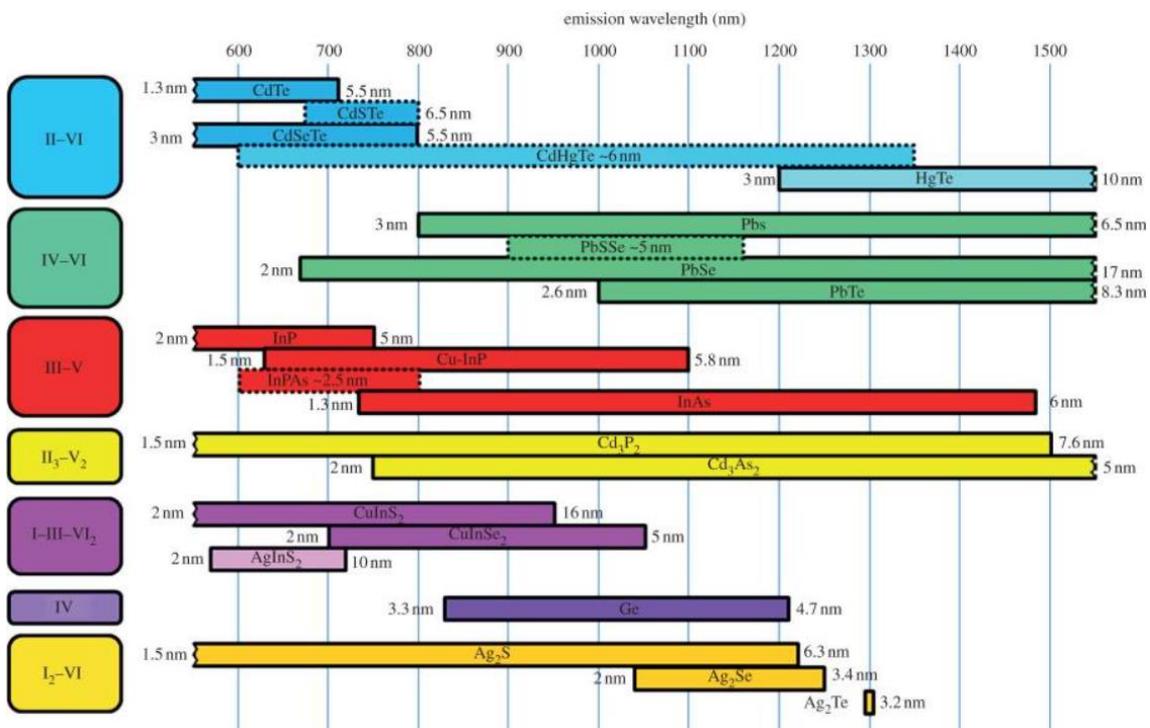


Figura 3: Composição, tamanho e faixas de comprimentos de ondas de QDs emissores de NIR preparados através de metodologias baseadas em soluções. Os comprimentos de ondas de emissão relatados para NCs de tamanho constante contendo diferentes proporções de elementos são representados com retângulos de linhas quebradas. Fonte: Lacroix, L-M *et al.* (2013).

Na década de 1980, foram sintetizados os primeiros QDs, utilizando-se de precursores metálicos e calcogenetos. No entanto, não se produziu uma boa densidade de nanocristais e também não houve um controle efetivo de tamanho dos mesmos, segundo EKIMOV & ONUSCHENKO (1982).

Já na década de 1990, a equipe de Murray conseguiu obter nanocristais coloidais, usando precursores organometálicos em um solvente coordenante em temperaturas em torno de 300 °C, segundo MURRAY *et al.* (1993). Ainda nessa mesma década, foram obtidos os pontos quânticos (PQs) dispersos em água, estes foram primeiramente descritos por Rogach e seus colaboradores, segundo ROGACH *et al.* (1996). Esta rota possui baixo custo, apresenta boa reprodutibilidade, baixa toxicidade, no entanto produz pontos quânticos com valores de rendimento quântico menores oscilando entre 38 a 67%, conforme DANCK *et al.* (1996), quando são comparados com QDs obtidos pela rota organometálica. Desta forma, uma alternativa para se aumentar a eficiência dos QDs sintetizados via rota aquosa é o desenvolvimento de uma camada externa, denominada matriz inorgânica sobre os nanocristais, formando assim o sistema *core/shell*.

O sistema *core/shell* (caroço/casca) usa dois semicondutores: o *core* (caroço) que fica no centro e é coberto por outro semicondutor *shell* (casca). Estes sistemas são classificados em tipo I ou II. No tipo I, o semicondutor de maior zona proibida se encontra na casca, enquanto que no caroço está presente o semicondutor de menor zona proibida. Neste lugar, os buracos e elétrons se encontram localizados no caroço, de forma que esse material apresenta maior rendimento quântico, em função da menor probabilidade de perda por decaimentos não radioativos. Já no tipo II os elétrons ficam localizados na região da casca, e os buracos estão localizados na região do caroço, apresentando desta forma uma separação melhor dos portadores de cargas, segundo DANCK *et al.* (1996).

Aplicações dos Pontos Quânticos em diversas áreas

Os pontos quânticos apresentam muitas aplicações, tais como: em dispositivos emissores de luz (LEDs), em lasers, na computação quântica, em transistores, nas células solares, na biomedicina, em biosensores e para grupos catalíticos variados, sendo essa uma área ainda pouco estudada, conforme SANDRI *et al.* (2017).

Os pontos quânticos podem ser aplicados em várias áreas, porém vamos nos aprofundar somente em algumas áreas como a biotecnologia, nos computadores quânticos e na criptografia, na medicina, nos dispositivos lasers, entre outros, conforme os estudos de JÚNIOR (2017).

Biotecnologia – Os pontos quânticos de seleneto de cádmio absorvem fótons de luz ultravioleta e os emitem como fóton de luz visível. A cor do seu brilho muda de acordo com o seu tamanho, passando do vermelho para o azul conforme os pontos quânticos se tornam menores. Os cientistas estão interessados em utilizar os pontos quânticos porque eles duram muito mais tempo que os corantes convencionais utilizados para marcar moléculas, enquanto que os corantes convencionais duram apenas alguns segundos. Os pontos quânticos permitem a observação das moléculas por mais tempo, desta forma permitirá que os cientistas possam recolher mais informações das reações químicas e nas interações biológicas. Os QDs também são interessantes para aplicações na área de energia, pois eles produzem elétrons quando absorvem luz, permitindo assim a criação de células solares muito eficientes.

Computadores quânticos e na criptografia – Uma das áreas de pesquisa com os pontos quânticos tem o intuito de conseguir manipular os fótons individualmente. Pontos quânticos de arseneto de índio-gálio, que é um composto de fabricação fácil e que pode ser integrado com micro cavidades, que ampliam a captura dos fótons, foram utilizados para demonstrar a elaboração de fótons individuais em temperaturas muito acima das que haviam sido alcançadas atualmente. Os fótons são melhores manipulados em temperaturas ultra baixas, próximas do zero absoluto. O principal objetivo é sua aplicação na computação quântica e na criptografia. Nestas aplicações serão utilizados feixes de fótons controlados individualmente, cada um com estado quântico diferente. Esses QDs diferentes terão a forma de codificar as mensagens dentro dos feixes de luz. Desta forma torna-se impossível ler uma mensagem criptografada sem que se altere o feixe de luz, porém mesmo que ocorra uma tentativa de “quebra” desses dados criptografados, ocorrerá sem sucesso e poderá ser detectada.

Medicina – Os pontos quânticos também poderão ser aplicados no imageamento médico, estes podem ser injetados no paciente, em simultâneo com um equipamento externo, também contendo pontos quânticos que seria usado para rastrear os nano cristais no interior do corpo humano. Resultados parciais de várias pesquisas indicam que os pontos quânticos apresentam menos efeitos colaterais do que os contrastes químicos usados em conjunto com os raios-X.

Um exemplo de sua aplicação é na medicina da imagem. A fluorescência é uma capacidade de os materiais absorverem fótons com uma quantidade de energia

determinada e, depois de certo tempo, emitirem fótons menos energéticos em um comprimento de onda determinado, segundo (Saúde Digital, 2021).

De acordo com as forças de interação de cada átomo, a energia de cada fóton absorvido ou emitido será diferente para cada átomo. Com isso podemos prever qual é o átomo de interesse, conforme (Saúde Digital, 2021).

As moléculas comuns, por conterem diversos átomos (cada um com um padrão de emissão) e interações interatômicas, absorvem e emitem um padrão mais complexo de feixes eletromagnéticos. Isso aumenta as chances de um erro de detecção, segundo (Saúde Digital, 2021).

Os pontos quânticos são mais parecidos com átomos e seu comportamento energético discreto. Então, eles apenas absorvem e emitem energia em múltiplos de determinado valor, conforme (Saúde Digital, 2021).

Dispositivos lasers – A aplicação dos pontos quânticos em dispositivos lasers ocorre porque as cores da luz emitida por esses nanocristais podem ser regulada em muitas variações. O problema em se conseguir a amplificação óptica é um dos principais requisitos para a produção de lasers. Para essa finalidade os nanocristais devem ter pelo menos dois éxcitons, que é um par elétron-buraco, mas em função do tamanho pequeno desses cristais um éxciton anula o outro, antes que ocorra a amplificação óptica. A solução encontrada para este problema tem sido resolvida desenhando nanocristais com centros e camadas externas feitas com materiais semicondutores diferentes como sulfeto de cádmio dentro por dentro e seleneto de zinco por fora. Desta forma, os elétrons e buracos ficarão fisicamente isolados, nas estruturas que foram obtidas, somente um éxciton por nanocristal foi essencial para conseguir a amplificação óptica. Essas pesquisas buscam desenvolver novas tecnologias para a confecção de lasers mais eficientes, que podem ter várias aplicações na optoeletrônica.

Capítulo 4 - Metodologia

Este trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa, segundo Richardson (1999, p. 102) destaca que "o objetivo fundamental da pesquisa qualitativa não reside na produção de opiniões representativas e objetivamente mensuráveis de um grupo; está no aprofundamento da compreensão de um fenômeno social por meio de entrevistas em profundidade e análises qualitativas da consciência articulada dos atores envolvidos no fenômeno". Diante disso, a validade da pesquisa não se dá pelo tamanho da amostra, como na pesquisa quantitativa e sim pela profundidade com que o estudo é realizado.

Nesse mesmo sentido, Trivinõs (2008) declara que na pesquisa qualitativa recursos aleatórios podem ser usados para fixar a amostra. Desta forma, pode-se decidir o tamanho da amostra, considerando uma série de condições, como sujeitos que sejam fundamentais para o esclarecimento do tema pesquisado, segundo o ponto de vista do investigador, a facilidade para se encontrar com as pessoas, tempo dos participantes para participar do diálogo e assim por diante.

Esta abordagem foi desenvolvida de forma presencial, onde foram propostas várias atividades e dinâmicas sobre os pontos quânticos e as suas aplicações. Durante todo o processo de coleta de dados foi esclarecido que a intenção desta proposta era levar o conhecimento de um tema atual da Física, mesmo para aqueles alunos que não tivessem tido contato com este tema antes, já que alguns dos alunos que participaram desta sequência didática nas primeiras aulas estavam na 2ª série do Ensino Médio.

Esta sequência didática foi aplicada durante cinco (05) aulas presenciais com a duração de 50 minutos cada. O público-alvo deste trabalho foi uma turma da 2ª série e a última parte deste trabalho foi aplicada com essa mesma turma, quando estes já estavam na 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública localizada no centro de Manaus. Das cinco (05) aulas, três aulas foram realizadas na sala de aula e as duas últimas aulas foram realizadas no laboratório de Informática dessa Escola pública de Manaus, onde foram desenvolvidas várias atividades sobre os *Quantum dots*, por meio desta sequência didática os alunos tiveram a oportunidade de conhecer sobre este tema da Física Quântica, sobre as vantagens de se utilizar a tecnologia dos *Quantum dots* e as suas aplicações em diversas áreas, a seguir será feita um relato das atividades que foram desenvolvidas nesta sequência didática.

Na aula 01 o primeiro passo foi realizar uma breve revisão sobre os temas “os átomos”, para que desta forma, estes discentes não apresentassem dificuldades para se

apropriar dos novos conceitos que foram apresentados na primeira aula, como os pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias. No segundo momento foi apresentado o tema os “pontos quânticos” de forma breve, para que os alunos pudessem entender sobre qual tema iriam estudar e, em seguida, foi apresentado um vídeo de curta duração denominado “*What are Quantum Dots?*”. No terceiro momento da aula foi aplicado um questionário inicial com quatro perguntas abertas relacionado com o tema os pontos quânticos e as suas aplicações em várias áreas.

Na aula 02, foi feita uma breve explicação expositiva dialogada sobre o conceito dos pontos quânticos, como estes são produzidos e onde estes podem ser aplicados no cotidiano. No segundo momento desta aula foi apresentado um vídeo de curta duração denominado “*Quantum Dots*”, com duração de dois minutos, nesse vídeo os alunos puderam ver como estes QDs são produzidos no laboratório, ao qual grupo da tabela periódica eles pertencem, quais as vantagens de se utilizar esta tecnologia e como estes podem prejudicar alguns animais e o meio ambiente. A utilização de vídeos nesta abordagem contribuiu para o aprendizado desses discentes, já que várias informações foram passadas sobre este tema em um curto período, além de ter sido mostrado imagens e simulações do comportamento dos pontos quânticos que contribuíram para a abstração deste tema. Nesse sentido, os vídeos didáticos ou vídeo aulas se caracterizam como um recurso que pode ajudar o professor de Física a proporcionar aos seus alunos uma melhor compreensão do conteúdo em questão, segundo (PEREIRA, 2008). Além disso, o vídeo é um recurso que impressiona vários sentidos humanos podendo facilitar o processo de ensino, conforme (MORAN, 2005).

Na aula 03, foi mostrado como os pontos quânticos podem ser aplicados em diversas áreas como na biotecnologia, no desenvolvimento de computadores quânticos, na criptografia, na medicina, na produção de dispositivos lasers, no transistor quântico e em outras áreas, conforme as orientações de JÚNIOR, J. (2007). No segundo momento desta aula foi apresentado um vídeo do *YouTube* denominado “*Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos*” com a duração de um minuto e cinquenta e oito segundos, neste vídeo de curta duração foi mostrada uma aplicação mais comum dos Pontos Quânticos que pode ser observado no cotidiano dos alunos, que é a produção e funcionamento da tela de TV de QDs.

No terceiro momento desta aula, foi solicitado para os alunos que se dividissem em equipes com no máximo cinco integrantes, em seguida foram distribuídos três artigos

científicos e matérias de sites da área da tecnologia que abordam este tema, foi disponibilizado o tempo de 30 minutos para que os mesmos realizassem a leitura destes artigos e destas matérias, fizessem as suas anotações, para que formassem uma opinião baseada nas leituras dos materiais que foram disponibilizados durante esta aula. No terceiro momento desta aula, depois que os discentes realizaram a leitura dos materiais disponibilizados, foi realizada uma roda de conversa, onde os discentes puderam expor o que aprenderam com a leitura desses artigos e matérias, o que acharam interessante neste tema, quais as aplicações deste tema chamaram a atenção dos mesmos, enfim o que aprenderam estudando sobre este tema.

Na aula 04, no primeiro momento os alunos que participaram desta sequência responderam a um questionário final com cinco perguntas abertas e fechadas acerca dos assuntos abordados nesta sequência didática, sobre os vídeos que foram passados sobre este tema, sobre o que foi comentado na roda de conversa e sobre as informações que foram aprendidas no debate sobre as vantagens e desvantagens da utilização da TV com tela de QDs em relação à TV OLED, esse questionário foi distribuído para os alunos durante o quarto encontro e teve o intuito de verificar o conhecimento dos conteúdos por parte dos alunos, se houve um progresso no processo de aprendizagem dos mesmos.

Na aula 05, no primeiro momento foram feitas várias perguntas para os alunos sobre este tema, como: o que são os pontos quânticos? Onde os pontos quânticos podem ser aplicados? Em seguida, foi feita uma revisão do tema, para esclarecer as dúvidas que surgiram durante este processo. No segundo momento desta aula, foi apresentado para os alunos o jogo digital “Show do milhão dos QDs”, o professor poderá apresentar este jogo digital em seu notebook ou poderá baixar o arquivo deste jogo em cada computador do laboratório de informática da sua escola. No terceiro momento os alunos foram divididos em duplas ou trios, para que possam brincar com este jogo digital sobre os QDs e as suas aplicações, ele é constituído de quatro perguntas sobre este tema, que foram explanados nas aulas anteriores desta sequência didática.

Essa proposta pedagógica abordou o conceito dos pontos quânticos e as aplicações deste tema em diversas áreas, através da utilização de slides, um Datashow, de vídeos de curta duração sobre o tema, a leitura de artigos científicos e matérias de sites de tecnologia sobre o tema, uma roda de conversa sobre o tema abordado para que os discentes pudessem expor o que aprenderam sobre os pontos quânticos e suas aplicações e uma dinâmica em forma de debate sobre as vantagens de se utilizar a TV

com tela de QDs em relação à TV OLED, além da apresentação do jogo digital “Show do milhão dos QDs” para os discentes, que foi criado exclusivamente para esta sequência didática, todas essas ações visam proporcionar ao aluno maior compreensão dos conteúdos abordados.

Para a elaboração desta sequência didática utilizou-se vários recursos didáticos para facilitar a aprendizagem dos discentes ao longo das aulas como a utilização de slides, de vídeos de curta duração sobre o tema abordado, a utilização de artigos científicos impressos sobre o tema abordado, uma roda de conversa com os alunos para que estes pudessem expor o que aprenderam sobre os pontos quânticos, a utilização de uma matéria sobre o tema de um site sobre tecnologia, uma dinâmica em forma de debate sobre as vantagens e desvantagens de se utilizar a TV com tela de QDs, além da aplicação de um jogo digital sobre este tema, com o objetivo era proporcionar aos alunos a compreensão do tema pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias em diversas áreas. Para alcançarmos este objetivo tomaremos como base a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que tem o intuito de proporcionar ao aluno um ensino contextualizado, utilizando a interdisciplinaridade para promover um desenvolvimento crítico no educando, conforme (SANTOS E MORTIMER, 2002).

4.1 Apresentação da Sequência Didática

Esta sequência didática será realizada em 5 aulas de 50 minutos cada. Em cada aula os alunos terão que participar de uma atividade proposta que contemple um conteúdo que esteja relacionado aos pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias. Ao término desta sequência didática pretende-se que os alunos tenham adquirido conhecimento sobre o tema os pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias, que é um tema atual da Física e pode ser aplicado em várias áreas, além da Física, como na Química, na Medicina, na Informática, etc. A escolha desse tema deveu-se ao fato deste ser um tema relativamente novo, que está relacionado com a produção de tecnologia, a tecnologia é uma área que desperta o interesse e a curiosidade dos alunos, esta área pode ajudar o professor a mostrar mais onde a Física pode ser aplicada no cotidiano do seu aluno, já que este tema

pode ser aplicado não somente na Física, como em várias áreas, como na Química, na biotecnologia, na Medicina, na Informática, entre outros.

4.2 Procedimentos metodológicos da intervenção

Esta sequência didática se constituiu de oito etapas que são: 1ª etapa – nesta etapa será feita a apresentação do conteúdo que será abordado nas próximas aulas para os alunos, 2ª etapa – nessa etapa será aplicada uma avaliação diagnóstica para verificar se existe algum conhecimento prévio sobre este conteúdo, 3ª etapa – nessa etapa será feito o planejamento das atividades e sua execução com base nos resultados da avaliação diagnóstica, 4ª etapa – nessa etapa será feita uma exposição do conteúdo, de vídeos de curta duração sobre o tema, a leitura de textos formais e informais sobre o tema, 5ª etapa – nessa etapa serão propostas atividades para cada aula, além de se levar em consideração as dificuldades que foram encontradas através das respostas do questionário inicial, 6ª etapa – nesta etapa será feita uma avaliação do aprendizado dos alunos, por meio de um questionário final sobre o tema. 7ª etapa – nesta etapa será aplicado o jogo digital “Show do milhão dos QDs” com os alunos da turma que participou das aulas anteriores desta sequência didática. 8ª etapa – nesta etapa será aplicado um questionário avaliador do jogo digital “Show do milhão dos QDs” com os alunos que participaram das aulas desta sequência didática, para verificar qual a opinião dos mesmos em relação a este jogo digital.

4.3 Caracterização da turma

Os alunos que participaram desta sequência didática foram uma turma da 2ª série, composta por 44 alunos no ano de 2022 e com essa mesma turma da 3ª série no ano de 2023, composta por 44 alunos, no turno matutino, de uma Escola Pública da Secretaria de Educação e Desporto do Amazonas (SEDUC), localizada no Centro de Manaus, dentre esses alunos observou-se que alguns apresentavam dificuldades de compreensão, abstração das formulações matemáticas, além de apresentarem dificuldades de “enxergar” onde estes conceitos e fenômenos físicos eram aplicados no cotidiano. Alguns alunos apresentavam mais habilidades para a área de ciências exatas, estes conseguiram se sobressair durante as atividades que foram propostas durante esta sequência didática e auxiliaram os demais colegas durante as atividades que foram desenvolvidas em grupos.

O primeiro encontro – Aula 1

Na aula inicial, no primeiro momento desta sequência didática o professor levará ao conhecimento dos discentes o conteúdo os pontos quânticos, explicará de forma breve o conceito destes e suas aplicações em diversas áreas de forma expositiva e dialogada com o auxílio de um notebook, slides sobre o tema e um Datashow, para que os discentes possam ter uma noção do conteúdo que será abordado nesta sequência didática, já que provavelmente a maioria ou todos os discentes que participarão desta sequência não apresentam um conhecimento prévio sobre este conteúdo, pois este tema está incluído dentro da Física Quântica e esse tópico é um dos últimos a ser vistos na 3ª série do Ensino Médio, alguns alunos não tem a oportunidade de conhecer sobre os tópicos da Física Quântica no Ensino Médio.

Em seguida o professor pode fazer uma breve revisão sobre o tema “átomos”, depois ele pode fazer uma breve explicação sobre o tema os pontos quânticos de maneira expositiva dialogada com o auxílio de slides sobre o tema e um Datashow, para os alunos terem uma noção do tema que será abordado nesta sequência didática, em seguida será passado um vídeo educativo denominado “*What are Quantum Dots?*” que traduzindo para o português significa “O que são os Pontos Quânticos” com a duração de um minuto, esse vídeo do *YouTube* possui curta duração, nele será explicado brevemente o conceito dos pontos quânticos, como eles são produzidos e em quais áreas eles estão sendo aplicados atualmente, desta forma estes alunos terão uma noção do tema que será tratado nas próximas aulas, mesmo aqueles que nunca ouviram falar sobre este tema antes e poderão desenvolver as atividades que serão solicitadas pelo professor nas aulas seguintes.

No segundo momento desta primeira aula será passado um questionário inicial (diagnóstico) para os alunos sobre o tema os pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias conforme o apêndice 1 na página 62 deste trabalho, para que respondam as perguntas abertas de acordo com os seus conhecimentos prévios ou que respondam de acordo com as informações iniciais sobre o tema que foi disponibilizado pela professora no primeiro momento da aula 1, durante o tempo de 30 minutos, os alunos que terminarem de responder ao questionário antes poderão entregar para a professor se desejarem.

O segundo encontro – Aula 2

Na segunda aula, no primeiro momento será explicado com mais aprofundamento o conceito dos pontos quânticos e será feita uma breve explicação sobre as suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias, com o auxílio de slides sobre este tema e um Datashow. No segundo momento desta aula será passado um vídeo do *YouTube* denominado “*Quantum Dots*”, com duração de dois minutos, que explica sobre o conceito dos pontos quânticos, como ocorre o processo de fabricação dos pontos quânticos, onde estes podem ser aplicados, sobre o perigo de toxidades de alguns tipos de pontos quânticos e sobre algumas pesquisas que foram desenvolvidas falando sobre o perigo do nível de toxidade que alguns tipos de pontos quânticos podem trazer para alguns animais, como em camundongos e chimpanzés.

No segundo momento desta aula será passada uma atividade de caça-palavras sobre o conceito dos pontos quânticos, esse assunto foi abordado na aula 1, nesta atividade será abordado o conceito dos pontos quânticos e sobre as suas características, oito palavras importantes deste assunto foram grifadas em negrito para que os alunos pudessem encontrar estas palavras no caça-palavras, conforme é mostrado no apêndice 2, que se encontra na página 63 deste trabalho.

O terceiro encontro – Aula 3

Na terceira aula, no primeiro momento será mostrado como os pontos quânticos podem ser aplicados em diversas áreas como na biotecnologia, no desenvolvimento de computadores quânticos, na criptografia, na medicina, na produção de dispositivos lasers, na iluminação de estado sólido, no transistor quântico e em outras áreas, segundo JÚNIOR, J. (2007). No segundo momento desta aula será passado um vídeo do *YouTube* denominado “*Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos*” com a duração de um minuto e cinquenta e oito segundos, que é um exemplo da aplicação dos pontos quânticos que os alunos podem encontrar no seu cotidiano.

No terceiro momento serão formadas várias equipes com no máximo cinco alunos, em seguida serão distribuídos três artigos científicos e matérias de sites sobre tecnologia, que abordam as aplicações dos pontos quânticos em diferentes áreas, esses materiais foram distribuídos impressos para os alunos fazerem a sua leitura, será dado o tempo de 30 minutos para que os mesmos realizem a leitura destes artigos, façam as

suas anotações e formem uma opinião baseada nas leituras desses artigos e dessas notícias, com base nas informações que foram passadas nas aulas anteriores. No terceiro momento desta aula, após os discentes terem feito a leitura desses artigos, será realizada uma roda de conversa, onde os discentes poderão expor o que aprenderam com a leitura desses artigos, o que acharam interessante neste tema, quais as aplicações deste tema chamou a atenção deles, enfim o que aprenderam estudando sobre este tema e os mesmos responderam uma atividade de fixação sobre os pontos quânticos, que se encontra no apêndice 3 na página 64 deste trabalho.

Quarto encontro – Aula 4

Na quarta aula, no primeiro momento os alunos que participaram desta sequência responderam um questionário final com cinco perguntas abertas e fechadas acerca dos assuntos abordados nesta sequência didática, sobre os vídeos que foram passados sobre este tema, sobre o que foi comentado na roda de conversa e sobre as informações que foram aprendidas no debate sobre as vantagens e desvantagens da utilização da TV de pontos quânticos em relação à TV OLED, o questionário final se encontra em anexo no apêndice 4, que se encontra na página 65 deste trabalho. O objetivo deste questionário é verificar o conhecimento que foi adquirido nas aulas expositivas dialogadas sobre os temas abordados nesta sequência didática, sobre os conhecimentos que foram adquiridos com os vídeos educativos e com as dinâmicas da roda de conversa e do debate que foram propostas na terceira e na quarta aula. No segundo momento desta aula, será feita uma análise das respostas dos alunos obtidas com o questionário final, para verificar quais foram os conhecimentos adquiridos sobre este tema e se houve uma evolução no processo de aprendizagem destes alunos após a aplicação desta sequência didática. A seguir será mostrado um quadro de distribuição das aulas, descrição geral e os recursos didáticos que foram utilizados durante a aplicação desta sequência didática e também serão mostradas algumas imagens da aplicação desta sequência didática nessa turma em diferentes momentos, na primeira parte da aplicação desta sequência didática os alunos estavam uniformizados com uma farda azul marinho conforme pode ser observado nas figuras 19, 20, 21 e 22 na página 78 deste trabalho e na segunda parte da aplicação os mesmos alunos dessa turma estavam uniformizados com uma farda amarela.

Quinto encontro – Aula 5

Na quinta aula, no primeiro momento o professor poderá perguntar se os alunos ainda lembram o conceito dos pontos quânticos e onde eles podem ser aplicados. Em seguida se o professor quiser poderá explicar de forma breve o conceito dos pontos quânticos e as suas principais aplicações no cotidiano atualmente. No segundo momento, o professor pode apresentar em seu próprio notebook ou pode levar os seus alunos para o laboratório de informática da Escola, para apresentar o jogo digital “Show do Milhão dos QDs”, este jogo digital foi criado para ser aplicado nesta sequência didática e possui um intuito de auxiliar na fixação dos conteúdos que foram apresentados nesta abordagem, por meio deste jogo digital o professor pode observar quais informações sobre os pontos quânticos os alunos conseguiram assimilar. E no terceiro momento desta aula foi passado para os alunos desta turma um questionário avaliador do jogo digital “Show do milhão dos QDs” que se encontra no apêndice 5 na página 66 deste trabalho, para que os mesmos pudessem avaliassem este jogo digital sobre os pontos quânticos, que criado para esta abordagem.

A seguir será mostrado uma tabela desta sequência didática, com a descrição das atividades que foram desenvolvidas durante as cinco aulas e os recursos didáticos que foram utilizados durante a aplicação desta sequência didática e também serão mostradas algumas imagens da aplicação desta sequência didática nesta turma em diferentes momentos, as primeiras fotos são de quando essa turma estava na 2ª série no ano de 2022, nessas fotos os alunos estão uniformizados com uma farda azul marinho, conforme pode ser observado nas figuras 4, 5, 6 e 7 na página 41 deste trabalho e as últimas fotos apresentam essa mesma turma já na 3ª série no ano de 2023, nessas fotos os alunos estão uniformizados com uma farda amarela, conforme pode ser observado nas figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 na página 42 deste trabalho.

Tabela 1- Descrição das atividades desenvolvidas nesta sequência didática

Título:				UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS PONTOS QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO			
Público Alvo							
Caracterização dos Alunos			Caracterização da Escola			Caracterização da Comunidade Escolar	
Alunos da 2ª e 3ª Série do Ensino Médio.			-			-	
Problematização:		Como fazer uma transposição didática do tema os Pontos Quânticos com poucos recursos didáticos disponíveis para uma turma de Ensino Médio de uma escola pública de Manaus?					
Objetivo Geral:		Propor o desenvolvimento de uma sequência didática sobre os Pontos Quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias para alunos de diferentes séries do Ensino Médio de uma escola pública de Manaus.					
Metodologia de Ensino							
Aulas		Objetivos Específicos		Conteúdo		Dinâmica das Atividades	
1		Apresentar o conceito dos Pontos Quânticos		Conceito sobre os Pontos Quânticos		<ul style="list-style-type: none"> • Breve apresentação do conceito sobre os pontos quânticos; • Em seguida foi passado o vídeo do <i>YouTube</i> denominado “<i>What are Quantum Dots?</i>”; • Depois foi distribuído para os alunos um questionário diagnóstico com quatro perguntas abertas para verificar a existência ou não dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os pontos quânticos e suas aplicações nas tecnologias atuais. 	
2		Apresentar o conceito dos Pontos Quânticos de forma mais aprofundada e algumas de suas aplicações		Conceito dos pontos e suas aplicações		<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do conceito sobre os pontos quânticos e suas aplicações de forma expositiva e dialogada com o auxílio de slides sobre o tema, um notebook e um Datashow; • Em seguida foi 	

			<p>passado um vídeo do <i>YouTube</i> sobre o tema denominado “<i>Quantum Dots</i>”;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depois foi passada uma Atividade de caça-palavras sobre os pontos quânticos.
3	<p>Apresentar algumas das aplicações dos Pontos Quânticos em diferentes áreas, como na biotecnologia, no desenvolvimento do computador quântico, na criptografia, na medicina, nos dispositivos lasers, entre outros.</p>	<p>Aplicações dos Pontos Quânticos em diferentes áreas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de algumas aplicações dos pontos quânticos de forma expositiva e dialogada com o auxílio de slides sobre o tema, um notebook e um Datashow; • Em seguida foi passado um vídeo do <i>YouTube</i> denominado “<i>Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos</i>”; • Depois o professor pediu para os alunos se dividissem em equipes de 4 ou 5 alunos, após isso foram distribuídos três artigos científicos, um texto sobre este tema de um livro didático do Ensino Médio e uma matéria sobre as TVs com telas de QDs para os alunos, foi disponibilizado um tempo de 20 minutos para que os mesmos possam fazer a leitura desses materiais; • Por último foi realizada uma roda de conversa sobre os pontos quânticos e suas aplicações em diferentes áreas, os alunos puderam dividir com os colegas o que aprenderam nas

			aulas anteriores, com os vídeos que foram passados e com a leitura desses artigos, do texto do livro didático e da matéria do site de tecnologia sobre este tema.
4	Verificar os conhecimentos que foram aprendidos sobre os Pontos Quânticos pelos alunos	Aplicação do Questionário Final referentes às atividades que foram desenvolvidas durante as aulas anteriores	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário final com cinco perguntas abertas e fechadas sobre os pontos quânticos e suas aplicações em várias áreas, o tempo de duração desta atividade foi de 30 minutos. • Em seguida, foi feita a análise das respostas obtidas com o questionário final, será observado o que os discentes aprenderam sobre este tema e se houve uma evolução no processo de aprendizagem destes alunos.
5	Apresentar o jogo digital Show do Milhão dos QDs	Apresentação do Jogo digital do Show do Milhão dos QDs	<ul style="list-style-type: none"> • O docente fez várias perguntas sobre os pontos quânticos, com o intuito de verificar se os mesmos absorveram algumas informações sobre o tema desta sequência didática. • Em seguida, o professor apresentou o jogo digital “<i>Show do Milhão dos QDs</i>”, depois os alunos jogaram o jogo digital

			<p>sobre os QDs, os alunos foram divididos em duplas ou trios para utilizarem o jogo, cada aluno jogará uma vez, quem acertar as 4 perguntas do jogo primeiro será o ganhador;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depois os alunos responderam um questionário avaliador sobre o jogo digital “<i>Show do Milhão dos QDs</i>”, para saber qual a opinião dos alunos sobre este jogo.
Avaliação:	Avaliar os questionários e atividades avaliativas que foram propostas nas aulas desta sequência didática e a interação dos estudantes com o jogo digital “ <i>Show do Milhão dos QDs</i> ”.		
Bibliografia:	Referencial Teórico:	Guimarães e Giordan (2013); Delizoicov e Angotti (1990);	
	Material Utilizado:	Computador; Datashow; Slides sobre o tema os Pontos Quânticos, questionários e atividades impressas, artigos científicos, textos e matérias sobre o tema impressos e o Jogo digital Show do Milhão dos QDs.	

Fonte: Adaptada de Guimarães e Giordan (2013)

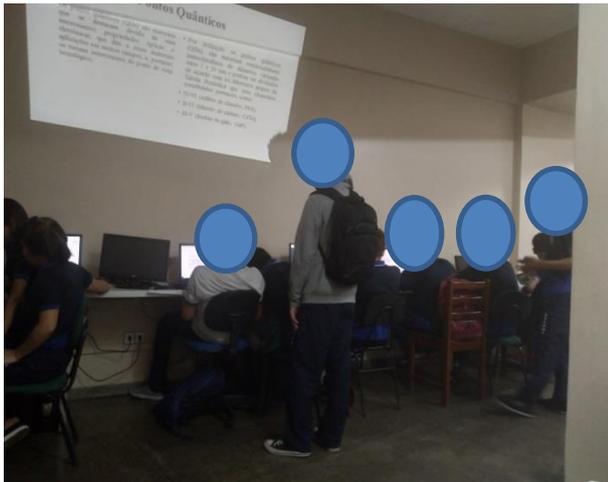


Figura 4: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 01. Fonte: Acervo Pessoal.

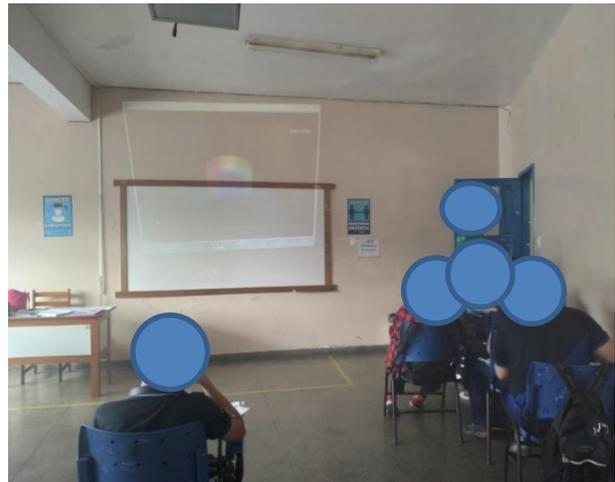


Figura 5: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 02. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 6: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 03. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 7: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 04. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 8: Orientações sobre o Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 9: Aplicação do Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 10: Alunos conhecendo o jogo digital Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 11: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo Pessoal.

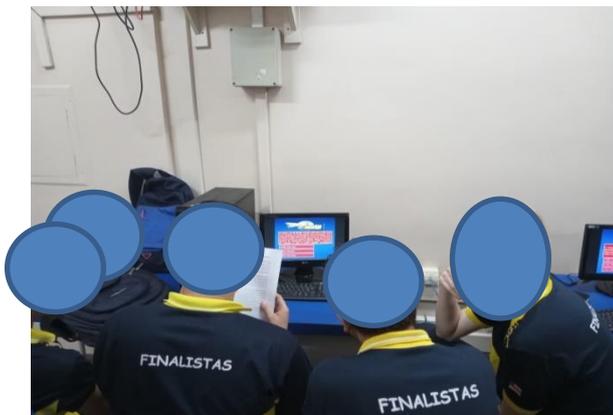


Figura 12: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs e respondendo ao questionário avaliador do jogo. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 13: Alunos interagindo durante a aplicação do jogo digital Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo Pessoal.

Capítulo 5 - Resultados e Discussão

Esta sequência didática sobre o tema os pontos quânticos foi planejada para ser executada remotamente, porém ela foi desenvolvida de maneira presencial devido ao retorno das aulas presenciais na Secretaria de Estado de Educação e Desporto do Amazonas (SEDUC-AM), em uma turma da 2ª série no ano de 2022 e com essa mesma turma na 3ª série no ano de 2023, do Ensino Médio de uma Escola pública localizada no Centro de Manaus, no turno matutino.

Os encontros presenciais desta abordagem foram realizados na sala de aula e no laboratório de Informática desta Escola pública no turno matutino, foram disponibilizados para estes alunos computadores com acesso à internet para que os mesmos pudessem pesquisar mais sobre o tema, durante o desenvolvimento das atividades que foram propostas nesta sequência didática.

Ao longo desta sequência foram utilizados três questionários para coletar as respostas dos alunos que participaram desta abordagem, um questionário inicial, um questionário final e o um questionário avaliador do jogo digital “Show do Milhão dos QDs”, além de duas Atividades avaliativas sobre os pontos quânticos. O questionário inicial foi passado no início da primeira aula, para os alunos de forma presencial, na primeira aula o professor solicitou para os alunos dessa turma que participaram desta pesquisa que se dividissem em grupos com três ou quatro alunos, para que depois fosse mais fácil para fazer a análise desses questionários e das Atividades que foram propostas ao longo desta sequência didática. O questionário inicial foi constituído de quatro perguntas abertas para verificar se existia algum conhecimento prévio sobre o tema os pontos quânticos por parte destes alunos, a seguir serão mostrados a análise das respostas do questionário inicial dos alunos que participaram desta abordagem, essa análise foi feita em forma de comparação dos questionários e das Atividades respondidas por esta turma.

Durante a aplicação desta sequência didática houve vários alunos que compareceram nas primeiras aulas, mas faltaram às últimas aulas, desta forma vários questionários e Atividades desta sequência didática foram descartados dessa pesquisa. Na turma da 2ª série, quatro equipes entregaram os questionários e Atividades completas, as outras equipes desta turma não quiseram concluir as últimas Atividades e nem responder ao

questionário final. Sendo assim, chamaremos cada uma dessas equipes por número crescente, de equipe 1, equipe 2, equipe 3 e equipe 4.

Comparando as respostas dos alunos das quatro equipes que participaram de todas as aulas desta sequência didática, referente à questão 1:

Você já tinha ouvido falar sobre os pontos quânticos?

Os alunos de três equipes responderam que “não” e os alunos de uma equipe responderam que “sim”, que já tinham ouvido falar sobre este tema em filmes.

Comparando as respostas dos alunos referentes à questão 2:

De acordo com as informações iniciais que foram passadas sobre os pontos quânticos, você consegue explicar o que são os pontos quânticos?

A equipe 1 respondeu que “os pontos quânticos são nanopartículas”, já a equipe 2 respondeu que “os pontos quânticos são partículas de material semicondutor com apenas alguns nanômetros de tamanho”, já a equipe 3 respondeu que “os pontos quânticos são partículas de semicondutores extremamente pequenos, cujas dimensões não ultrapassam alguns nanômetros” e a equipe 4 respondeu que “os pontos quânticos são semicondutores nanocristalinos, que apresentam portadores de cargas (elétrons e buracos) em um estado de forte confinamento, chamado de confinamento quântico devido as suas dimensões físicas (entre 1 e 10 nm), menores que o raio de Bohr do éxciton. Através das respostas obtidas nessa questão observou-se que somente uma das quatro equipes copiou o conceito dos pontos quânticos igual a um artigo científico sobre o tema baixado da internet, as outras equipes tentaram responder a pergunta com as suas próprias palavras e conforme o seu entendimento.

Comparando as respostas das equipes dessa turma referente à questão 3 do questionário inicial:

De acordo com as informações iniciais que foram apresentadas, você saberia dizer onde os pontos quânticos podem ser aplicados?

A equipe 1 respondeu que “na computação quântica, nos transistores, nas células solares, no LED, etc.”, já a equipe 2 respondeu que “essa tecnologia pode ser aplicada em várias áreas com facilidade como na biotecnologia, na medicina, etc.”, já a equipe 3 respondeu que “os pontos que criam transistores e são úteis para a computação

quântica” e a equipe 4 respondeu que “as possíveis aplicações incluem transistores, células solares, LEDs, diodo laser, geração de segundo harmônico, computação quântica, etc.

Comparando as respostas dos alunos referentes à questão 4 do questionário inicial:

De acordo com os seus conhecimentos, você saberia dizer quais são as vantagens e as desvantagens de se utilizar os pontos quânticos?

A equipe 1 respondeu que “o uso do termo ponto quântico está relacionada a luminescência por trás das nanopartículas e uma das vantagens de se usar eles é a melhor qualidade de cor das telas da TV que usam essa tecnologia”, já a equipe 2 respondeu que “ a vantagem é que com a sua utilização pode ser desvendado vários conhecimentos com essa tecnologia e a desvantagem é que pode prejudicar em alguns casos”, já a equipe 3 respondeu que “a vantagem é que eles não apresentam uma redução na qualidade de cores isoladas de acordo com o tempo de utilização, porém a desvantagem vem quando se nota que ele é inorgânico então ele apresenta desgaste mais regular” e a equipe 4 respondeu que “vantagens: não sofre desgastes com o tempo, são bastantes versáteis e são mais econômicos; desvantagens: por outro lado existem sérias dificuldades de implementação o que é aliado ao alto custo de se construir um computador quântico confiável, impedem a adoção da computação e da criptografia quântica em larga escala”.

Analisando as respostas dos alunos da turma da 2ª série em relação a este questionário inicial observou-se que a maioria dos alunos desta turma não apresentava nenhum conhecimento prévio sobre este assunto que foi tratado nesta sequência didática, que somente alguns alunos desta turma já tinham ouvido falar anteriormente sobre este tema.

Em relação à Atividade Caça-palavras – A Física dos Pontos Quânticos que foi passada na segunda aula desta sequência didática todos os alunos das equipes da turma da 2ª série conseguiram responder esta Atividade facilmente, pois nesta Atividade era apresentado um breve texto sobre os pontos quânticos e as palavras que deveriam ser encontradas neste caça-palavras estavam escritas em negrito para facilitar a compreensão e o entendimento dos mesmos acerca deste tema.

Em relação à Atividade de Fixação sobre os Pontos Quânticos que foi passada na terceira aula desta sequência didática, segue a descrição das respostas obtidas com os alunos da turma da 2ª série.

Comparando as respostas dos alunos das quatro equipes da turma da 2ª série que responderam a Atividade de Fixação Sobre os Pontos Quânticos, referente à questão 1:

Os pontos quânticos variam de acordo com o seu tamanho e luminescência. De acordo com as informações que foram mostradas nesta sequência didática, marque com um (X) qual seria a ordem correta das cores dos pontos quânticos de acordo com o espectro eletromagnético?

Essa questão era fechada, apresentava três alternativas e a alternativa correta para essa questão era a letra b) azul, verde, amarelo e vermelho. Para essa questão todas as quatro equipes responderam a letra b, pois os mesmos já tinham ouvido falar sobre a variação de cores dos pontos quânticos no espectro eletromagnético durante as aulas desta sequência didática, onde foi explicado o conceito dos pontos quânticos, sobre o grau de luminescência dos pontos quânticos e sobre as suas aplicações em várias áreas. Desta forma observou-se que os alunos desta turma prestaram atenção nas informações que foram passadas, sobre a variação das cores dos pontos quânticos, que dependem do seu tamanho, da ampla absorção de luz, da alta intensidade de luminescência e da estabilidade química, conforme Nozic (1998).

Comparando as respostas dos alunos da turma da 2ª série referente à questão 2:

Marque com um (X) a alternativa correta que apresenta as tecnologias que podem ser produzidas através da utilização dos pontos quânticos: a) biotecnologia, raio X, transistores; b) Tv de QDs, LEDs, biosensores; c) Tv OLED, lasers, computação quântica.

A resposta correta para essa questão era a alternativa b), observou-se nesta turma que todas as quatro equipes marcaram a alternativa b), sendo assim foi possível observar que estes alunos prestaram atenção nas informações que foram dadas durante as aulas desta sequência didática.

Comparando as respostas das equipes dessa turma da 2ª série referente à questão 3 da Atividade de Fixação sobre os Pontos Quânticos:

Assim como os pontos quânticos podem trazer vantagens, eles também podem trazer desvantagens, como a toxicidade de alguns tipos de QDs. De acordo com as informações que foram passadas nesta sequência didática, alguns tipos de pontos quânticos são considerados eco-amigáveis, marque com um (X) a alternativa que apresenta os tipos de pontos quânticos eco-amigáveis: a) PbS, CdTe, GaP; b) ZnO, ZnS, CdZnS; c) SiO₂, ZnS, ZnO.

A resposta correta para essa questão era a alternativa c). Nesta questão houve respostas diferentes, a equipe 1 marcou a alternativa a), já a equipe 2 marcou a alternativa b), já a equipe 3 marcou a alternativa c) e a equipe 4 também marcou a alternativa c). Assim, observou-se também que duas equipes conseguiram compreender corretamente quais eram os tipos de pontos quânticos que apresentavam um grau de toxicidade baixo, no entanto, duas equipes marcaram uma alternativa diferente da alternativa correta, que foi a equipe 1 que marcou a alternativa a) e a equipe 2 que marcou a alternativa b), desta forma verificou-se que esta pergunta trouxe dúvidas para os alunos, pois os mesmos tinham que ter um conhecimento do que seria os pontos quânticos, dos elementos químicos envolvidos e do conceito de QDs eco-amigáveis.

Comparando as respostas dos alunos da turma da 2^a série referente à questão 4 da Atividade de Fixação sobre os Pontos Quânticos:

Conforme as leituras dos artigos científicos, das matérias sobre as aplicações dos pontos quânticos e das informações que foram compartilhadas com os demais colegas na roda de conversa da aula 03, relate as informações mais interessantes sobre este tema que você observou durante esta sequência didática:

Essa questão era aberta, os alunos poderiam comentar sobre as informações que mais chamaram a sua atenção sobre este tema, a seguir será relatado as respostas dos alunos da turma da 2^a série, a equipe 1 respondeu para essa pergunta que “*eu aprendi que é possível fazer um reator nuclear, com algumas características dos pontos quânticos quando se aplicam e quando funcionam*”, já a equipe 2 respondeu para esta pergunta que “*os estudos sobre os pontos quânticos são importantes para o entendimento de muitas tecnologias que trabalham com a refração e emissão de luzes coloridas*”, já as equipe 3 e 4 desta turma apresentaram a mesma resposta para esta pergunta que a equipe 2.

Assim, observou-se através das respostas dessa pergunta aberta que os alunos desta turma apresentaram diferentes opiniões sobre o que seriam os pontos quânticos, uma equipe achou mais interessante destacar sobre as características químicas dos pontos quânticos, já as outras três equipes que participaram desta abordagem acharam mais interessante destacar sobre a tecnologia que pode ser produzida através da utilização dos pontos quânticos.

Após a abordagem de quatro aulas, foi passado um questionário final para alunos da turma da 2ª série, que participaram desta sequência didática, para verificar o que foi aprendido por estes alunos durante esta abordagem, quais foram as informações que foram assimiladas por estes alunos e se houve uma evolução no processo de aprendizagem dos mesmos, a seguir faremos uma descrição das respostas dos questionários finais destes alunos da turma da 2ª série.

Comparando as respostas das equipes de alunos da 2ª série referente à questão 1 do questionário final:

De acordo com as informações que foram passadas sobre os pontos quânticos, nesta sequência didática, você consegue explicar o que são os pontos quânticos?

A equipe 1 respondeu para essa pergunta que “*os pontos quânticos são semicondutores nanocristalinos que apresentam portadores de cargas em um estado de forte confinamento, chamado de confinamento quântico, devido as suas dimensões físicas menores que o raio de Bohr do éxciton*”, já a equipe 2 apresentou a mesma resposta para essa questão que a equipe 1, já a equipe 3 respondeu para esta pergunta que “*os pontos quânticos são cristais pequenos usados para absorver determinadas frequências de luz e emitir outras frequências*” e a equipe 4 apresentou a mesma resposta para essa questão que a equipe 3. Desta forma, observou-se que os alunos desta turma apresentaram conceitos parecidos em relação o que seriam os pontos quânticos.

Comparando as respostas das quatro equipes de alunos da 2ª série em relação à questão 2 do questionário final:

De acordo com as informações que foram passadas nesta sequência didática, você saberia dizer onde os pontos quânticos podem ser aplicados?

A equipe 1 respondeu para esta pergunta que “*possíveis aplicações incluem transistores, células solares, LEDs, diodos lasers, geração segundo harmônico,*

computação quântica, codificar histórico médico em pacientes e imageamento medicinal. Eles têm sido usados em filmes finos”, já a equipe 2 desta turma apresentou a mesma resposta para esta pergunta que a equipe 1, já a equipe 3 respondeu para esta pergunta que *“eles são aplicados à tecnologia anterior das TVs LCD/LED que dá a elas mais qualidade para competir contra o padrão OLED”* e a equipe 4 apresentou a mesma resposta para esta pergunta que a equipe 3. Assim, observou-se que para esta pergunta os alunos desta turma apresentaram respostas semelhantes, duas equipes destacaram as aplicações dos pontos quânticos em várias áreas como na produção de transistores, células solares, LEDs, diodos lasers, na geração de segundo harmônico, na computação quântica e destacaram também as suas várias aplicações na medicina como para codificar histórico médico em pacientes e no imageamento médico, enquanto as outras duas equipes destacaram somente a aplicação dos pontos quânticos para a produção de telas de TVs para gerar mais qualidade e competitividade nesse mercado.

Comparando as respostas dos alunos da turma da 2ª série referente à questão 3 do questionário final:

De acordo com os conceitos que foram explicados nesta sequência didática, você saberia dizer quais são as vantagens e as desvantagens em se utilizar os pontos quânticos?

A equipe 1 respondeu para esta pergunta que *“os pontos quânticos permitem que as TVs de LED emulem a mesma lógica da tela OLED num dado momento, gerando tons mais intensos, melhor contraste e economia de luz”*, já a equipe 2 respondeu para esta pergunta que *“a vantagem dos pontos quânticos são os microcristais que o compõem por não sofrerem desgastes, então não aparenta nenhuma irregularidade de cores. Já as desvantagens são que o método de produção dessa nano partícula apresenta um custo alto”*, já as equipes 3 e 4 apresentaram uma resposta semelhante a resposta da equipe 2. Assim, observou-se nesta turma, que as quatro equipes de alunos apresentaram somente duas respostas para esta questão e todas as equipes destacaram a vantagem da aplicação dos pontos quânticos na produção de TVs.

Comparando as respostas da turma da 2ª série referente à questão 4 do questionário final:

Os pontos quânticos são um dos temas não convencionais da Física que estão relacionados com a produção de novas tecnologias, você considera importante estudar sobre temas atuais da Física que são poucos abordados na sala de aula?

Sim () Não () Talvez () Não sei ()

Essa questão é fechada e objetiva, apresentando quatro alternativas, onde o aluno poderia escolher uma das alternativas, sim, não, talvez ou não sei, para responder a esta pergunta, para esta questão não existe uma resposta certa, pois a resposta dela vai depender das percepções pessoais dos alunos que participaram desta pesquisa. Assim, a equipe 1 respondeu para esta pergunta que “Sim”, já a equipe 2 também respondeu que “Sim” para esta pergunta, já a equipe 3 também respondeu que “Sim” para esta mesma pergunta e a equipe 4 também respondeu “Sim” para esta pergunta. Assim, observou-se todos os alunos que participaram desta pesquisa perceberam a importância de o Professor de Física trazer para sala de aula temas mais atuais da Física e que podem ser aplicados na produção de novas tecnologias.

Comparando as respostas dos alunos da turma da 2ª série referente à questão 5 do questionário final:

Os pontos quânticos são uma das aplicações da nanotecnologia que apresentam várias pesquisas em andamento em diversas áreas como foi mostrado nesta sequência didática. Sendo assim, você considera importante que o professor explique assuntos que estejam relacionados com a produção de novas tecnologias, a influência delas na vida do ser humano e sobre o meio ambiente? Sim () Não () Talvez () Não Sei ()

Essa questão é fechada e objetiva, onde não existe uma resposta correta, porque a resposta vai depender das percepções pessoais dos alunos que participaram desta pesquisa, desta forma comentaremos as respostas que foram obtidas pelos alunos desta turma para esta pergunta, a equipe 1 respondeu para esta pergunta que “Não”, já a equipe 2 também respondeu que “Não” para esta pergunta, já a equipe 3 respondeu que “Sim” para esta pergunta e a equipe 4 também respondeu “Sim” para esta pergunta. Desta forma observou-se através das respostas obtidas para essa questão que metade da turma respondeu que “Não” e a outra metade da turma respondeu que “Sim” para esta pergunta. Assim, duas equipes de alunos acreditam que não seja importante que o professor trabalhe na sala de aula este tema e as outras duas equipes responderam que

“Sim” para esta pergunta, acreditam ser importante que o professor aborde na sala de aula temas mais atuais da Física, como os pontos quânticos. Desta forma, observou-se através das respostas obtidas para esta questão, que duas equipes consideram ser importante que o professor de Física aborde temas atuais da Física e as outras duas equipes não considera ser importante que o professor de Física aborde temas mais atuais da Física, portanto houve uma variação nas respostas para essa questão.

Na quinta e última aula desta sequência didática, foi feita aplicação do jogo digital “Show do Milhão dos QDs” com os alunos dessa mesma turma, porém essa turma já estava na 3ª série do Ensino Médio, no laboratório de Informática desta Escola. Em seguida foi aplicado um questionário avaliador deste jogo digital constituído de cinco perguntas fechadas, com o intuito de verificar qual era opinião dos alunos em relação a este jogo digital. Os alunos foram divididos em equipes de quatro alunos para que pudessem conhecer e brincar com este jogo digital, as equipes de alunos foram chamadas de equipe 1, equipe 2, equipe 3 e equipe 4. No dia da aplicação deste jogo compareceram dezesseis alunos a escola, neste dia a maioria dos alunos dessa turma faltaram. A seguir será realizada uma análise das respostas obtidas com este questionário avaliador deste jogo digital.

No que diz respeito às repostas da questão um do questionário avaliador:

O que você achou do Jogo Show do Milhão dos QDs?

Ruim () Razoável () Bom () Ótimo ()

As equipes 1 e 2 responderam para esta pergunta que acharam este jogo “bom”, a equipe 3 respondeu para esta pergunta que achou o jogo “Razoável” e a equipe 4 respondeu para esta pergunta que achou o jogo “Ótimo”, as respostas para esta pergunta podem ser visualizadas melhor no gráfico a seguir:

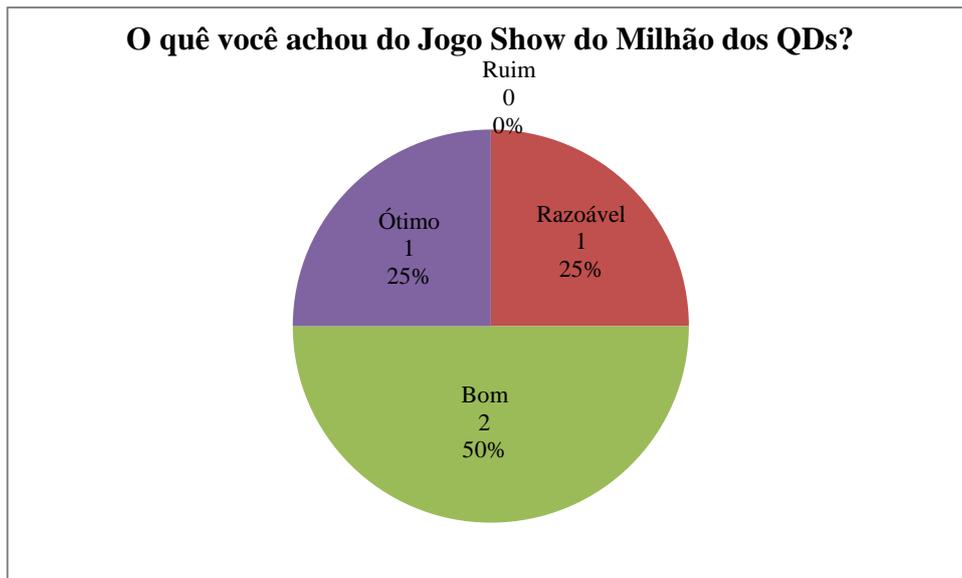


Figura 14: Resultado da Avaliação das equipes de alunos em relação à questão 1 do Questionário Avaliador sobre o Jogo. Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme as respostas dadas pelas equipes de alunos para esta pergunta observou-se que os mesmos gostaram do jogo digital Show do Milhão dos QDs, três equipes responderam que acharam o jogo “bom” ou “ótimo” e só uma equipe respondeu que achou o jogo “razoável”.

Para a questão 2.

Este jogo auxiliou você no processo de compreensão do tema os pontos quânticos? Sim () Não () Não sei responder ()

Para esta pergunta a equipe 1 respondeu que “sim”, a equipe 2 marcou a opção “não sei responder”, a equipe 3 marcou a opção “sim” e equipe 4 também marcou a opção “sim”. Podemos observar melhor as respostas dadas pelos alunos observando ao gráfico de respostas dessa pergunta mostrado abaixo:

Este jogo auxiliou você no processo de compreensão do tema os pontos quânticos?

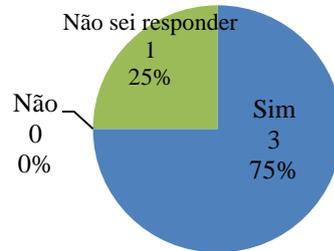


Figura 15: Resultado da Avaliação das equipes de alunos em relação à questão 2 do Questionário Avaliador sobre o jogo. Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação às respostas das equipes de alunos para a questão 2 desse questionário avaliador do jogo observou-se que três equipes de alunos dessa turma responderam “sim”, que este afirmando que este jogo ajudou no processo de compreensão do tema os pontos quânticos e uma equipe de alunos marcou a opção “não sei responder”.

Analisando as respostas da questão 3.

Como você avalia o jogo Show do milhão dos QDs para o ensino de Física?
Ruim () Razoável () Bom () Ótimo ().

A equipe 1 respondeu para esta pergunta que achou o jogo “ótimo”, já as equipes 2, 3 e 4 responderam para esta pergunta que acharam o jogo “bom”, as respostas das equipes de alunos para esta pergunta podem ser observadas melhor no gráfico a seguir:

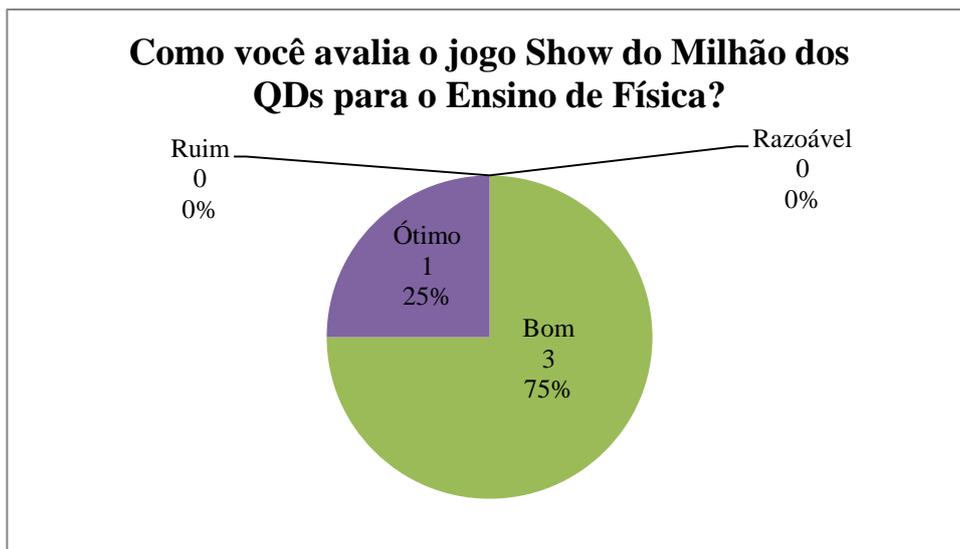


Figura 16: Resultado da Avaliação das equipes de alunos da questão 3 do Questionário Avaliador do Jogo.
 Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando as respostas das equipes de alunos para esta pergunta observou-se que a equipe 1 respondeu que este jogo é “ótimo” e que as equipes 2, 3 e 4 acharam este jogo “bom”. Portanto, concluiu-se que todas as equipes avaliaram este jogo digital de forma positiva.

Analisando as respostas das equipes de alunos para a questão 4:

Classifique de 1 a 5 o quanto você achou interessante este jogo?

Das quatro equipes de alunos que participaram desta quinta aula, apresentaram respostas variadas para esta questão, a equipe 1 deu a nota 4,5 para o jogo apresentado, a equipe 2 deu a nota 4,9 para o jogo, a equipe 3 deu a nota 5 para o jogo e a equipe 4 também deu a nota 5 para o jogo digital Show do Milhão dos QDs. Podemos observar melhor as respostas dos alunos para esta questão no gráfico a seguir:

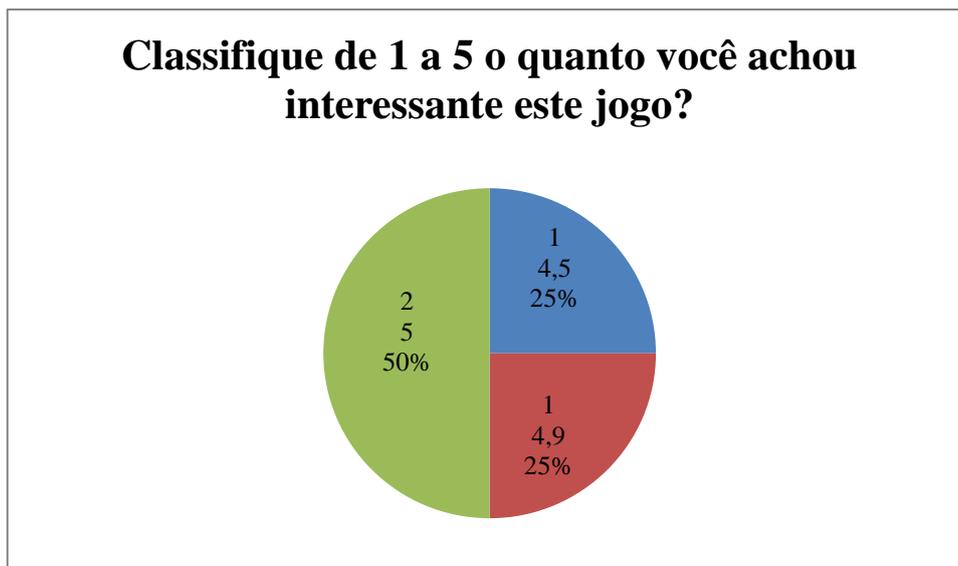


Figura 17: Resultado da Avaliação das equipes de alunos em relação à questão 4 do Questionário Avaliador sobre o Jogo Show do Milhão dos QDs. Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com as respostas dadas pelos alunos podemos observar que todas as equipes de alunos que participaram da avaliação deste jogo digital deram uma nota maior que quatro para este jogo, demonstrando assim que este jogo atraiu a atenção dos alunos e ajudou no processo de compreensão deste tema.

Analisando as respostas dos alunos para a questão 5:

Você gostaria que o seu professor de Física utilizasse mais jogos ou atividades diferenciadas como desta sequência didática para complementar as aulas tradicionais?
 Sim () Não () Não sei responder ().

Observamos que todas as quatro equipes de alunos que participaram desta abordagem responderam que “sim” para esta pergunta, conforme é observado no gráfico de respostas para esta questão.



Figura 18: Resultado da Avaliação das equipes de alunos para a questão 5 do Questionário Avaliador do Jogo. Fonte: Dados da pesquisa.

Para esta pergunta todas as quatro equipes de alunos responderam que “sim”, que gostariam que o seu professor de Física utilizasse mais recursos tecnológicos e jogos para ensinar os conteúdos de Física. Desta forma observou-se que os alunos desta turma acreditam ser importante o uso dos jogos ou outros recursos tecnológicos para facilitar o processo de aprendizagem e para aumentar o interesse pelas aulas. Conforme Moita (2007) não é preciso que os games sejam inseridos nas aulas, nem as aulas nos games, mas existem algumas características deles que podem ser inseridos nas aulas como a interatividade, desafios, recompensas, competitividade, entre outros, que podem resultar numa aprendizagem significativa, prazerosa e que estimula os alunos a investigar e dedicar-se aos estudos.

Além de o uso de games como ferramentas no processo de ensino ajuda a promover o desenvolvimento de novas habilidades nos alunos e faz com que o professor atue mais como “diretor de pesquisa e treinador do que um palestrante e disciplinador” (MATTAR, 2010, p.20). Portanto, este recurso didático pode ser inserido nas aulas de Física para auxiliar no processo de aprendizagem dos alunos, para aumentar o nível de interesse desses alunos pelas aulas, pois os jogos atraem a atenção dos alunos e aumentam a sua participação durante as aulas, conforme foi observado durante as aulas desta sequência didática.

Capítulo 6 - Considerações Finais

Neste trabalho procurou-se elaborar uma sequência didática acerca deste tema os pontos quânticos, que é um tema bastante atual, por se tratar de uma tecnologia que pode contribuir através do seu estudo em várias áreas, como foi mostrado nesta sequência didática.

Esta sequência didática teve o objetivo de mostrar o conceito dos pontos quânticos, como estes são produzidos, em que áreas estes QDs são aplicados, quais são as vantagens de se utilizar esta tecnologia e quais as suas desvantagens, além de propor o jogo digital “Show do milhão dos QDs”, estes materiais sobre este tema podem auxiliar os professores de Física e Química, que tenham interesse em trabalhar com este tema com os seus alunos e facilitar o processo de aprendizagem dos alunos durante este processo.

Analisando as respostas das equipes de alunos da turma que participou desta sequência didática, observou-se que alguns sabiam pouco sobre este tema e outros nunca tinham ouvido falar sobre este tema, os mesmos apresentaram uma evolução em sua aprendizagem em relação a este tema, alguns alunos não tinham tido nenhum contato com este tema antes, percebeu-se uma evolução nas suas respostas do questionário inicial para as respostas do questionário final, que foi aplicado na quarta aula. Outros alunos já tinham ouvido falar superficialmente ou visto sobre esse tema em filmes, ao final desta abordagem observou-se que os mesmos alunos já conseguiam explicar sobre esse tema para os demais colegas e já apresentavam um conhecimento mais aprofundado sobre este tema.

Analisando as respostas dos questionários e Atividades propostas durante esta sequência didática observou-se que a maioria dos discentes que participaram desta pesquisa não haviam tido contato anteriormente com este tema, poucos alunos dessa turma já tinham ouvido falar sobre este tema anteriormente ou tinham visto sobre este tema em filmes. Desta forma percebeu-se a importância de abordar temas mais atuais da Física que estão descritos nos PCNs, que podem ajudar o aluno a conhecer uma Física mais atual e que podem ajudar este aluno a compreender e propor soluções para os problemas atuais enfrentados pela sociedade.

Os alunos do século XXI devem apresentar um olhar ampliado e dinâmico sobre a questão ambiental e devem se alinhar com as medidas apresentadas por Vilches *et*

al. (2008) como sendo necessário para alcançar um futuro sustentável. Assim, as propostas por um futuro sustentável devem seguir os seguintes parâmetros: o desenvolvimento científico-tecnológico, como um meio para produzir energias limpas, melhorar processos, reutilizar matéria prima, etc.; promover ações educacionais que têm como objetivo de mudar atitudes e comportamentos com relação à conscientização cidadã, consumo responsável, ativismo, etc.; políticas adequadas à preservação ambiental, como os acordos locais e internacionais para a regulação da ação humana e erradicação da pobreza extrema.

O resultado deste trabalho foi satisfatório, pois observou-se a evolução no processo de aprendizagem dos discentes que participaram desta sequência didática, que antes da aplicação desta sequência didática sabiam pouco sobre este tema ou quase nada, observou-se também que houve uma evolução nas respostas desses discentes durante esta abordagem, quando comparamos as suas respostas da primeira aula em relação as respostas da quarta aula.

Dessa forma, concluiu-se com a aplicação deste trabalho que é importante trabalhar em sala de aula com temas mais atuais da Física, como os pontos quânticos, estes possuem uma grande aplicação em várias áreas como foi mostrado neste trabalho. A ciência gera tecnologia que, nas mãos certas, produz benefícios na educação, na saúde e conservação do planeta Terra.

Referências Bibliográficas

- ¹ ABDALA, E.; **Pontos Quânticos: entenda como funciona essa tecnologia.** Disponível em: <https://www.showmetech.com.br/pontos-quanticos-entenda-como-funciona-essa-tecnologia/>>. Acesso em: 08 ago. 2022.
- ² AMABIS, J. M. et. al; **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias.** 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- ³ BERNARDES, L. M. C.; **Células Solares Sensibilizadas por Pontos Quânticos;** Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Química; Universidade Federal de São João Del-Rei; 2015.
- ⁴ CARVALHO, M.S.; **Semicondutores Nanocristalinos Coloidais de CdTe e CdTe/CdS: Síntese Química Promovida pela Hidrazina à Temperatura Ambiente,**
- ⁵ Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei/MG, 2015.
- ⁶ CHIQUITO, J. A.; **Pontos Quânticos: átomos artificiais e Transistores Atômicos.** Revisita Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, nº 2, junho, 2001.
- ⁷ CORTEZ, J.; DEL PINO, J. C.; Abordagem CTS e as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – Implicações para uma Nova Educação Básica. Disponível em: A abordagem CTS e as diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio: implicações para uma nova educação básica | Cortez | Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (utfpr.edu.br)>. Acesso em: 06 abr. 2024.
- ⁸ COSTA, T. M.; VERDEAUX, M. F. S.; **Gamificação de Materiais Didáticos: Uma Proposta Para a Aprendizagem Significativa da Modelagem de Problemas Físicos.** Disponível em: <Vista do GAMIFICAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS: UMA PROPOSTA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA MODELAGEM DE PROBLEMAS FÍSICOS (ufmt.br)>. Acesso em: 26 set. 2023.
- ⁹ CUNHA, W. P.; JÚNIOR, P. A.; SILVA, W. C.; JICE2017. **O Uso de Vídeos Como Ferramentas Auxiliares no Ensino de Física.** Jornada de Iniciação Científica e Extensão; Instituto Federal de Tocantins; ISSN 2179-5649.
- ¹⁰ DANCK. M.; JENSEN, K.F.; MURRAY, C.B.; BAWENDI, M.G.; **Synthesis of EISBERG; RESNICK; Física Quântica;** Ed. Campus, volume 10.
- ¹¹ EKIMOV, A.I.; ONUSCHENKO, A.A.; **Quantum Size Effect in the Optical Spectra of semiconductor microcrystals.** Soviet Physics of Semiconductors, 16, 1215 – 1219, 1982.
- ¹² GAMA, C. F.; **Uma Proposta Para o Ensino da Nanociência e da Nanotecnologia, nas Aulas de Física do Ensino Médio.** Disponível em: < https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25112014-152017/publico/Catia_Fernandes_Gomes.pdf>. Acesso em 11 jan. 2023.
- ¹³ GARETT, F.; **Pontos quânticos: conheça a tecnologia das TVs top.** Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/11/pontos-quanticos-conheca-tecnologia-das-telas-das-tvs-top.html>>. Acesso em: 07 jan. 2021.
- ¹⁴ HARDMAN, R.; **Uma revisão toxicológica dos pontos quânticos: a toxicidade depende de fatores físico-químicos e ambientais.** Pesquisa de Saúde da Environ. Fevereiro de 2006; 114 (2): 165-72. doi: 10.1289 / ehp.8284.

¹⁵ JESUS, J. P. A.; **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS NÚCLEO/CASCA DE CdSe/CdS**. Disponível em: <LD_COLIQ_2018_2_03.pdf (utfpr.edu.br)>. Acesso em: 27 dez. 2023.

¹⁶ JÚNIOR, J. de M.; **Pontos Quânticos**; Monografia do Curso de Licenciatura Plena em Física apresentada ao Instituto de Física de Uberlândia; Uberlândia – MG; 2007.

¹⁷ KRAUSE, J. C.; FELBER, D.; VENQUIERUTO, L. D.; **O uso de jogos digitais como ferramenta de auxílio para o ensino de Física**. Disponível em: <Vista do O uso de jogos digitais como ferramenta de auxílio para o ensino de Física (uffs.edu.br)>. Acesso em: 28 dez. 2023.

¹⁸ Laboratório de Óptoeletrônica e Orgânica e Sistemas Anisotrópicos. **Quantum Dots**. Disponível em: <<https://loosa.paginas.ufsc.br/quantum-dots/>>. Acesso 08 jan. 2021.

¹⁹ LAN, X.; MASALA, S.; SARGENT, E.H.; **Charge Extraction strategies for colloidal quantum dot photovoltaics**. *Nature*, 13, 233, 240, 2014.
Luminescent Thin – Film CdSe/ZnSe Quantum Dot Composites using CdSe Quantum Dots Passivated with an overlayer of ZnSe. *Chemistry of Materials*, 8, 173, 180, 1996.

²⁰ MURRAY, C. B.; NORRIS, D. J.; BAWENDI, M. G. **Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE (E= sulfur, selenium, tellurium) semiconductor nanocrystallites**. *J. Am. Chem. Soc.*, 115, 8706-8715, 1993.

²¹ OLIVEIRA, D. J.; CHAVES, T. V.; **Um estudo sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) a partir dos pressupostos teóricos da Abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)**. Disponível em: Um estudo sobre a base nacional comum curricular (BNCC) a partir dos pressupostos teóricos da abordagem ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA) | Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática (unioeste.br). Acesso em: 05 nov. 2023.

²² PCN+ - Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Física. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2021.

²³ Quantum Dots. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cXNzFR1qaHU&t=69s>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

²³ RAMANERY, F. P.; **Síntese Coloidal Aquosa de Pontos Quânticos Luminescentes Estabilizados por Quitosana e derivados: ZnS, Bi₂S₃**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

ROGACH, A. L.; KATSIKAS, L.; KORNOWSKI, A.; Su, D.; EYCHMULLER, A.; Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos. Disponível em: <

²⁴<https://www.youtube.com/watch?v=0tYrg9tq110>>. Acesso em: 06 jan. 2021.

²⁵ SANDRI, C. et. al.; **Pontos Quânticos Ambientalmente Amigáveis: Destaque para o Óxido de Zinco**. *Quim. Nova*, Vol. 40, Nº 10, 1215-1227, 2017.

²⁶ SANTOS et. al.; **Síntese e Caracterização de Pontos Quânticos Ambientalmente Amigáveis, um Meio Simples de Exemplificar e Explorar Aspectos da Nanociência e da Nanotecnologia em Cursos de Graduação**; *Quim. Nova*, Vol. 43, Nº 6, 813-822, 2020.

- ²⁷ SAÚDE DIGITAL. **Medicina no futuro: física quântica e inovação em saúde.** Disponível em: <https://saudedigital.tech/medicina-no-futuro-fisica-quantica-e-inovacao-em-saude/>. Acesso em: 22 jul. 2022.
- ²⁸ SILVA, F. R.; NEVES, M. C. D.; SILVA, J. A. P.; **Dimensões ambientais em uma sequência de ensino de Física CTSA.** Disponível em: Dimensões ambientais em uma sequência de ensino de Física CTSA | Indagatio Didactica (ua.pt). Acesso em: 26 set. 2023.
- ²⁹ Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais. **Tag: pontos quânticos.** Disponível em: <pontos quânticos – SBPMat – Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais>. Acesso em: 06 abr. 2024.
- ³⁰ VIANA, Lucas Henrique *et al.*; **Tecendo novos métodos de ensino e avaliação: utilizando o game angry birds rio no ensino de física.** Anais V ENID & III ENFOPROF / UEPB... Campina Grande: Realize Editora, 2015. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/11864>>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- ³¹ VITORETI, A. B. F. et al.; **Células Solares Sensibilizadas por Pontos Quânticos.** Quim. Nova, Vol. 40, Nº 4, 436-446, 2017.
- ³² **Weller, H. Synthesis and Characterization of Thiol-Stabilized CdTe Nanocrystals. Ber Bunsenges Physical Chemistry, 100, 1772-1778, 1996.** What are Quantum Dots?. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LIPDyl53rZA>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

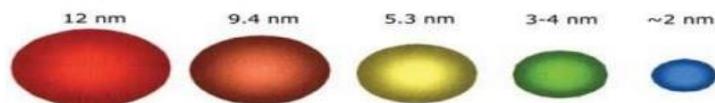
APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO INICIAL

1) Você já tinha ouvido falar antes sobre os pontos quânticos?

2) De acordo com as informações iniciais que foram passadas sobre os pontos quânticos, você consegue explicar o que são os pontos quânticos?

3) De acordo com as informações iniciais que foram passadas, você saberia dizer onde os pontos quânticos podem ser aplicados?

4) De acordo com os seus conhecimentos, você saberia dizer quais são as vantagens e as desvantagens de utilizar os pontos quânticos?



APÊNDICE 2 – ATIVIDADE SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS

CAÇA-PALAVRAS – A FÍSICA DOS PONTOS QUÂNTICOS



Quando os **elétrons** estão confinados em uma pequena região do espaço, eles só podem existir em determinados estados de energia, fenômeno conhecido como quantização da energia. Esse fenômeno foi observado primeiramente em **átomos**, por volta do século XIX, e, posteriormente em outros sistemas.

Existe uma tendência natural de os elétrons de uma amostra de matéria ocuparem os níveis mais baixos de energia possíveis. Se um elétron absorve quantidade adequada de energia, seu estado energético se altera para um nível quântico de maior energia, processo denominado excitação eletrônica. Um elétron excitado pode emitir energia – como **luz visível**, **ultravioleta** ou **infravermelho** – e retornar ao estado inicial de energia mais baixa. Caso a energia seja emitida como luz visível, a amostra apresentará luminosidade colorida observável.

A dependência dos níveis eletrônicos de energia com o tamanho da **nanopartícula** é observável em uma faixa de poucos nanômetros com algumas substâncias semicondutoras. As nanopartículas desses materiais que emitem luz visível no retorno dos elétrons excitados são conhecidos como **pontos quânticos**, também denominados de **quantum dots**. Exemplos de substâncias que formam pontos quânticos são sulfeto de cádmio (CdS), seleneto de cádmio (CdSe), sulfeto de zinco (ZnS), sulfeto de chumbo (PbS), fosfeto de índio (InP) e arseneto de índio (InAs).

A partir do texto acima, responda o caça-palavras abaixo utilizando as palavras grifadas no texto.

N L U Z V I S I V E L O V G G O A A
 U D P S O C I T N A U Q S O T N O P
 V A O O P S U T O C S C H N E C I E
 I D N U H T S M G D O N D C A S E I
 P W A V W E H I O S M M O X T E I W
 O O E N E S A R O S O U S R N T P A
 C T R H S U E D A T T E T D T P M B
 H C O H L E M R E V A R F N I E O W
 I R T X A S A O U R O R V D A H L L
 N A P H I N R N M U N O E K O U A E
 I E A L U C I T R A P O N A N A Q A
 R L A B N N U L T R A V I O L E T A

Fonte: AMABIS, J. M. *et al.*; **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias**. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020.

APÊNDICE 3 – ATIVIDADE DE FIXAÇÃO SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS

1) Os pontos quânticos variam de acordo com o seu tamanho e luminescência. De acordo com as informações que foram mostradas nesta sequência didática, marque com um (X) qual seria a ordem correta das cores dos pontos quânticos de acordo com o espectro eletromagnético?

- a) Azul, vermelho, verde, amarelo;
- b) Azul, verde, amarelo, vermelho;
- c) Azul, verde, vermelho, amarelo;

2) Marque com um (X) a alternativa correta que apresenta as tecnologias que podem ser produzidas através da utilização dos pontos quânticos:

- a) Biotecnologia, raio X, transistores;
- b) Tv de QDs, LEDs, biosensores;
- c) Tv OLED, lasers, computação quântica;

3) Assim como os pontos quânticos podem trazer vantagens, eles também podem desvantagens, como a toxicidade de alguns tipos de QDs. De acordo com as informações que foram passadas nesta sequência didática, alguns tipos de pontos quânticos são considerados eco-amigáveis, marque com um (X) na alternativa que apresenta os tipos de pontos quânticos eco-amigáveis:

- a) PbS, CdTe, GaP;
- b) ZnO; ZnS; CdZnS;
- c) SiO₂; ZnS; ZnO;

4) Conforme as leituras dos artigos científicos, das matérias sobre as aplicações dos pontos quânticos e das informações que foram compartilhadas com os demais colegas na roda de conversa da aula 03, relate as informações mais interessantes sobre este tema que você observou durante esta sequência didática:

APÊNCICE 4 - QUESTIONÁRIO FINAL

1) De acordo com as informações que foram passadas sobre os pontos quânticos, nesta sequência didática, você consegue explicar o que são os pontos quânticos?

2) De acordo com os conceitos que foram explicados nesta sequência didática, você saberia dizer em quais áreas os pontos quânticos podem ser aplicados?

3) De acordo com os conceitos que foram explicados nesta sequência didática, você saberia dizer quais são as vantagens e as desvantagens em se utilizar os pontos quânticos?

4) Os pontos quânticos são um dos temas não convencionais da Física que estão relacionados com a produção de novas tecnologias, você considera importante estudar sobre temas atuais da Física que são poucos abordados na sala de aula?

Sim () Não () Talvez () Não sei ()

5) Os pontos quânticos são uma das aplicações da nanotecnologia que apresentam várias pesquisas em andamento em diversas áreas como foi mostrado nesta sequência didática. Sendo assim, você considera importante que o professor explique assuntos que estejam relacionados com a produção de novas tecnologias, a influência delas na vida do ser humano e sobre o meio ambiente?

Sim () Não () Talvez () Não Sei ()

APÊNDICE 5 - Questionário Avaliador – Jogo Show do Milhão dos QDs

1. O que você achou do Jogo Show do Milhão dos QDs?

Ruim () Razoável () Bom () Ótimo ()

2. Este jogo auxiliou você no processo de compreensão do tema os pontos quânticos?

Sim () Não () Não sei responder ()

3. Como você avalia o jogo Show do milhão dos QDs para o ensino de Física?

Ruim () Razoável () Bom () Ótimo ()

4. Classifique de 1 a 5 o quanto você achou interessante este jogo?

5. Você gostaria que o professor de Física utilizasse mais jogos ou atividades diferenciadas como desta sequência didática para complementar as aulas tradicionais?

Sim () Não () Não sei responder ()

APÊNDICE 6 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Esta pesquisa é sobre a aplicação de uma proposta de sequência didática sobre os Pontos Quânticos no Ensino Médio. O estudo é desenvolvido por Carla Caroline Melgueira da Silva, mestranda do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 04, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM-CMC) e pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), sob a orientação da Professora Dr. Rita de Cássia Mota Teixeira de Oliveira (Departamento de Física - UFAM).

Os objetivos de pesquisa giram em torno de sugerir uma proposta de sequência didática sobre os Pontos Quânticos no Ensino Médio. Espera-se com a pesquisa, agregar contribuições às aulas de Física no Ensino Médio e também contribuir com um produto educacional em forma de uma sequência didática sobre este tema, para auxiliar os professores de Física do Ensino Médio que queiram trabalhar com um tema não convencional da Física Quântica.

Sua contribuição é voluntária, mas é considerada de extrema importância para que a pesquisa possa ter um êxito. Nesse sentido, aceitamos sua colaboração participando através da resposta a um questionário entregue pelo aluno que desenvolve a pesquisa. Da mesma forma, solicitamos sua autorização para apresentar os resultados desse estudo em eventos da área das ciências e publicá-los em revistas científicas da referida área. Salienta-se que em todas as circunstâncias, seu nome será mantido em sigilo, dado que a resposta ao questionário não necessita de identificação.

Sendo assim, para finalizar, solicitamos que expresse através da seguinte declaração: “declaro que fui devidamente esclarecido e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente”.

Assinatura: _____

Local/data: _____

Agradecemos sua colaboração.

**APÊNDICE 7 – PRODUTO EDUCACIONAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DOS
QDs**

CARLA CAROLINE MELGUEIRA DA SILVA

**PRODUTO EDUCACIONAL DA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA OS PONTOS QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO**

MANAUS-AM

2024

CARLA CAROLINE MELGUEIRA DA SILVA

**PRODUTO EDUCACIONAL DA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA
PARA OS PONTOS QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO**

Este Produto Educacional compõem o trabalho de Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) - Polo 04 da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Orientadora: Prof. Dr.(a) Rita de Cássia Teixeira Mota de Oliveira.

MANAUS-AM

2024

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	71
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	72
3. APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	73
3.1 Procedimentos metodológicos da intervenção	73
3.2 Caracterização das turmas	74
APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO INICIAL	85
APÊNDICE 2 – ATIVIDADE SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS.....	86
APÊNDICE 3 – ATIVIDADE DE FIXAÇÃO SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS.....	87
APÊNDICE 4 - QUESTIONÁRIO FINAL.....	88
APÊNDICE 5 - Questionário Avaliador – Jogo Show do Milhão dos QDs	89
4. JOGO DO SHOW DO MILHÃO SOBRE OS QDS	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

1. APRESENTAÇÃO

Estimado professor de Física, construí este produto educacional objetivando contribuir para o ensino da Física, em especial para o Ensino de Física Quântica. Alguns temas da Física Quântica que não são explanados na 3ª série do Ensino Médio como a dualidade onda-partícula, o efeito fotoelétrico, a nanotecnologia, os pontos quânticos, entre outros. Vários desses temas poderiam ser explanados de uma forma mais interessante pelo professor de Física utilizando as suas aplicações tecnológicas desses temas no cotidiano do aluno. Diante disso, sentiu-se a necessidade de elaborar um produto educacional para auxiliar os professores de Física que gostariam de trabalhar o tema os pontos quânticos com os seus alunos, neste produto educacional será apresentado uma sequência didática simples que poderá ser aplicada por qualquer professor, desde que ele aborde a parte conceitual primeiramente com estes discentes, pois a maioria deles não chegou a estudar sobre os assuntos da Física Quântica no Ensino Médio. Também será apresentado o jogo Show do Milhão dos QDs, que é um jogo digital sobre o tema os pontos quânticos e suas aplicações, este jogo foi confeccionado no software Microsoft Power Point, com várias animações e sons, onde foram aproveitados alguns recursos deste software para que esse jogo digital ficasse parecido com um jogo comercial. Este jogo digital foi confeccionado com o intuito de fixar as informações que foram passadas na sequência didática sobre os pontos quânticos e suas aplicações.

Espero que este produto educacional seja bastante útil aos meus colegas professores de Física, para o desenvolvimento de suas atividades docentes, principalmente para aqueles professores que sentem vontade de trabalhar com temas mais atuais da Física, como os pontos quânticos e queiram mostrar também as suas aplicações no cotidiano de seus alunos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os pontos quânticos são nanocristais semicondutores, com tamanho geralmente da ordem entre 1 nm e 15 nm, dependendo do material. Devido à essa dimensão de tamanho, as propriedades dos pontos quânticos se diferem de um sólido com a mesma composição. Essa alteração nas propriedades se deve ao fenômeno do confinamento quântico (Mansur, 2010).

A primeira utilização do termo ponto quântico aconteceu em 1986 no trabalho de Reed, *et al.*, 1986. Nanopartículas de semicondutores já vinham sendo estudadas anteriormente na forma de poços quânticos e fios quânticos. Desde então, a seleção de materiais e processos dessa tecnologia tem se desenvolvido.

Os pontos quânticos são nanocristais de um material semicondutor que existe em um regime de tamanho entre moléculas únicas e sólidos cristalinos em massa. Eles apresentam características interessantes porque o seu tamanho minúsculo produz uma nuvem de elétrons fisicamente confinada, um efeito conhecido como confinamento quântico. Como resultado de suas propriedades espaciais, eles estão sujeitos a uma diversidade de características ópticas, únicas e interessantes, fenômenos eletrônicos e químicos semelhantes a estes não são encontrados em outros materiais.

A dependência do tamanho desses fenômenos significa que eles podem ser controlados com facilidade ajustando a distribuição de tamanho de uma coleção de pontos quânticos. À medida que mais métodos são criados para sintetizar de forma confiável os tamanhos variáveis de nanocristais são desenvolvidos, os pontos quânticos têm resíduos cada vez mais econômicos para óptica materiais. Essas qualidades únicas tornaram os pontos quânticos um material atraente para uma variedade de aplicações científicas e comerciais.

Existem muitas pesquisas em andamento sobre os pontos quânticos, e essas nanopartículas já existem em produtos comercializados. Um exemplo é o dos televisores e monitores de computador com tela de nanocristais (também designada pela expressão em inglês *quantum dots display*), em que os pixels (pontinhos de luz existentes na tela) são produzidos com nanopartículas de CdSe em três tamanhos diferentes, especialmente escolhidos para que sejam pontos quânticos emissores de luz vermelha, verde e azul, com as quais todas demais cores vistas na tela podem ser compostas, segundo (AMABIS *et al.*, 2020).

Outro exemplo de aplicação dessas nanopartículas é em sensores de luz ambiente para sistemas que acendem lâmpada automaticamente ao anoitecer e as apagam ao amanhecer. Essas partículas apresentam condutividade elétrica que varia em função da luz nelas incidente. Nos sensores, existe um circuito elétrico que, em parte, é constituído de cristais de CdS. Quando amanhece o ambiente está bem iluminado, a condutividade elétrica da substância aumenta e isso é detectado pelo equipamento, que desliga as lâmpadas. O inverso ocorre ao anoitecer, conforme (AMABIS *et al.*, 2020).

3. APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esta sequência didática será realizada em 5 aulas de 50 minutos cada. Em cada aula os alunos terão que participar de uma atividade proposta que contemple um conteúdo que esteja relacionado aos pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias. Ao término desta sequência didática pretende-se que os alunos tenham adquirido conhecimento sobre o tema os pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias, que é um tema atual da Física e pode ser aplicado em várias áreas, além da Física, como na Química, na Medicina, na Informática, etc. A escolha desse tema deveu-se ao fato deste ser um tema relativamente novo, que está relacionado com a produção de tecnologia, a tecnologia é uma área que desperta o interesse e a curiosidade dos alunos, esta área pode ajudar o professor a mostrar mais onde a Física pode ser aplicada no cotidiano do seu aluno, já que este tema pode ser aplicado não somente na Física, como em várias áreas, como na Química, na biotecnologia, na Medicina, na Informática, entre outros.

3.1 Procedimentos metodológicos da intervenção

Esta sequência didática se constituiu de quatro etapas que são: 1ª etapa – nesta etapa será feita a apresentação do conteúdo que será abordado nas próximas aulas para os alunos, 2ª etapa – nessa etapa será aplicada uma avaliação diagnóstica para verificar se existe algum conhecimento prévio sobre este conteúdo, 3ª etapa – nessa etapa será feito o planejamento das atividades e sua execução com base nos resultados da avaliação diagnóstica, 4ª etapa – nessa etapa será feita uma exposição do conteúdo, de vídeos de curta duração sobre o tema, a leitura de textos formais e informais sobre o

tema, 5ª etapa – nessa etapa serão propostas atividades para cada aula, além de se levar em consideração as dificuldades que foram encontradas através das respostas do questionário inicial, 6ª etapa – nesta etapa será feita uma avaliação do aprendizado dos alunos, por meio de um questionário final sobre o tema. 7ª etapa – nesta etapa será aplicado o jogo digital “Show do Milhão dos QDs” com a turma de alunos que participaram das aulas anteriores desta sequência didática. 8ª etapa – será aplicado o questionário avaliador do jogo digital “Show do Milhão dos QDs” com os alunos que participaram das aulas anteriores desta sequência didática.

3.2 Caracterização das turmas

Os alunos que participaram desta sequência didática foram uma turma da 2ª série, composta por 44 alunos e com uma turma da 3ª série, composta por 44 alunos, ambas do turno matutino, da Escola Estadual Francisco das Chagas Souza de Albuquerque, dentre esses alunos observou-se que alguns apresentavam dificuldades de compreensão, abstração das formulações matemáticas, além de apresentarem dificuldades de enxergar onde estes conceitos e fenômenos físicos eram aplicados no cotidiano. Alguns alunos apresentavam mais habilidades para a área de ciências exatas, estes conseguiram se sobressair durante as atividades que foram propostas durante esta sequência didática e auxiliaram os demais colegas durante as atividades que foram desenvolvidas em dois grupos.

O primeiro encontro – Aula 1

Na aula inicial, no primeiro momento desta sequência didática o professor levará ao conhecimento dos discentes o conteúdo os pontos quânticos, explicará de forma breve o conceito destes e suas aplicações em diversas áreas de forma expositiva e dialogada com o auxílio de um notebook, slides sobre o tema e um Datashow, para que os discentes possam ter uma noção do conteúdo que será abordado nesta sequência didática, já que provavelmente a maioria ou todos os discentes que participarão desta sequência não apresentam um conhecimento prévio sobre este conteúdo, pois este tema está incluído dentro da Física Quântica e esse tópico é um dos últimos a ser vistos na 3ª série do Ensino Médio, alguns alunos não tem a oportunidade de conhecer sobre os tópicos da Física Quântica no Ensino Médio.

Em seguida o professor pode fazer uma breve revisão sobre o tema “átomos”, depois ele pode fazer uma breve explicação sobre o tema os pontos quânticos de maneira expositiva dialogada com o auxílio de slides sobre o tema e um Datashow, para os alunos terem uma noção do tema que será abordado nesta sequência didática, em seguida será passado um vídeo educativo denominado “*What are Quantum Dots?*” que traduzindo para o português significa “O que são os Pontos Quânticos” com a duração de um minuto, esse vídeo do *YouTube* possui curta duração, nele será explicado brevemente o conceito dos pontos quânticos, como eles são produzidos e em quais áreas eles estão sendo aplicados atualmente, desta forma estes alunos terão uma noção do tema que será tratado nas próximas aulas, mesmo aqueles que nunca ouviram falar sobre este tema antes e poderão desenvolver as atividades que serão solicitadas pelo professor nas aulas seguintes.

No segundo momento desta primeira aula será passado um questionário inicial (diagnóstico) para os alunos sobre o tema os pontos quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias conforme o apêndice 1 na página 81 deste trabalho, para que respondam as perguntas abertas de acordo com os seus conhecimentos prévios ou que respondam de acordo com as informações iniciais sobre o tema que foi disponibilizado pela professora no primeiro momento da aula 1, durante o tempo de 30 minutos, os alunos que terminarem de responder ao questionário antes poderão entregar para a professor se desejarem.

O segundo encontro – Aula 2

Na segunda aula, no primeiro momento será explicado com mais aprofundamento o conceito dos pontos quânticos e será feita uma breve explicação sobre as suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias, com o auxílio de slides sobre este tema e um Datashow. No segundo momento desta aula será passado um vídeo do *YouTube* denominado “*Quantum Dots*”, com duração de dois minutos, que explica sobre o conceito dos pontos quânticos, como ocorre o processo de fabricação dos pontos quânticos, onde estes podem ser aplicados, sobre o perigo de toxidades de alguns tipos de pontos quânticos e sobre algumas pesquisas que foram desenvolvidas falando sobre o perigo do nível de toxidade que alguns tipos de pontos quânticos podem trazer para alguns animais, como em camundongos e chimpanzés.

No segundo momento desta aula será passada uma atividade de caça-palavras sobre o conceito dos pontos quânticos, esse assunto foi abordado na aula 1, nesta atividade será abordado o conceito dos pontos quânticos e sobre as suas características, oito palavras importantes deste assunto foram grifadas em negrito para que os alunos pudessem encontrar estas palavras no caça-palavras, conforme é mostrado no apêndice 2, que se encontra na página 82 deste trabalho.

O terceiro encontro – Aula 3

Na terceira aula, no primeiro momento será mostrado como os pontos quânticos podem ser aplicados em diversas áreas como na biotecnologia, no desenvolvimento de computadores quânticos, na criptografia, na medicina, na produção de dispositivos lasers, na iluminação de estado sólido, no transistor quântico e em outras áreas, segundo JÚNIOR, J. (2007). No segundo momento desta aula será passado um vídeo do *YouTube* denominado “*Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos*” com a duração de um minuto e cinquenta e oito segundos, que é um exemplo da aplicação dos pontos quânticos que os alunos podem encontrar no seu cotidiano.

No terceiro momento serão formadas várias equipes com no máximo cinco alunos, em seguida serão distribuídos três artigos científicos e matérias de sites sobre tecnologia, que abordam as aplicações dos pontos quânticos em diferentes áreas, esses materiais foram distribuídos impressos para os alunos fazerem a sua leitura, será dado o tempo de 30 minutos para que os mesmos realizem a leitura destes artigos, façam as suas anotações e formem uma opinião baseada nas leituras desses artigos e dessas notícias, com base nas informações que foram passadas nas aulas anteriores. No terceiro momento desta aula, após os discentes terem feito a leitura desses artigos, será realizada uma roda de conversa, onde os discentes poderão expor o que aprenderam com a leitura desses artigos, o que acharam interessante neste tema, quais as aplicações deste tema chamou a atenção deles, enfim o que aprenderam estudando sobre este tema e os mesmos responderam uma atividade de fixação sobre os pontos quânticos, que se encontra no apêndice 3 na página 83 deste trabalho.

Quarto encontro – Aula 4

Na quarta aula, no primeiro momento os alunos que participaram desta sequência responderam um questionário final com cinco perguntas abertas e fechadas acerca dos assuntos abordados nesta sequência didática, sobre os vídeos que foram passados sobre este tema, sobre o que foi comentado na roda de conversa e sobre as informações que foram aprendidas no debate sobre as vantagens e desvantagens da utilização da TV de pontos quânticos em relação à TV OLED, o questionário final se encontra em anexo no apêndice 4, que se encontra na página 84 deste trabalho. O objetivo deste questionário é verificar o conhecimento que foi adquirido nas aulas expositivas dialogadas sobre os temas abordados nesta sequência didática, sobre os conhecimentos que foram adquiridos com os vídeos educativos e com as dinâmicas da roda de conversa e do debate que foram propostas na terceira e na quarta aula. No segundo momento desta aula, será feita uma análise das respostas dos alunos obtidas com o questionário final, para verificar quais foram os conhecimentos adquiridos sobre este tema e se houve uma evolução no processo de aprendizagem destes alunos após a aplicação desta sequência didática. A seguir será mostrado um quadro de distribuição das aulas, descrição geral e os recursos didáticos que foram utilizados durante a aplicação desta sequência didática e também serão mostradas algumas imagens da aplicação desta sequência didática nessa turma em diferentes momentos, na primeira parte da aplicação desta sequência didática os alunos estavam uniformizados com uma farda azul marinho conforme pode ser observado nas figuras 19, 20, 21 e 22 na página 78 deste trabalho e na segunda parte da aplicação os mesmos alunos dessa turma estavam uniformizados com uma farda amarela.

Quinto encontro – Aula 5

Na quinta aula, no primeiro momento o professor poderá perguntar se os alunos ainda lembram o conceito dos pontos quânticos e onde eles podem ser aplicados. Em seguida se o professor quiser poderá explicar de forma breve o conceito dos pontos quânticos e as suas principais aplicações no cotidiano atualmente. No segundo momento, o professor pode apresentar em seu próprio notebook ou pode levar os seus alunos para o laboratório de informática da Escola, para apresentar o jogo digital “Show do Milhão dos QDs”, este jogo digital foi criado para ser aplicado nesta sequência

didática e possui um intuito de auxiliar na fixação dos conteúdos que foram apresentados nesta abordagem, por meio deste jogo digital o professor pode observar quais informações sobre os pontos quânticos os alunos conseguiram assimilar. E no terceiro momento desta aula foi passado para os alunos desta turma um questionário avaliador do jogo digital “Show do milhão dos QDs” que se encontra no apêndice 5 na página 85 deste trabalho, para que os mesmos pudessem avaliar este jogo digital sobre os pontos quânticos, que foi criado para esta abordagem.

A seguir será mostrada uma tabela com a descrição das atividades que foram desenvolvidas desta sequência didática, com a descrição das atividades que foram desenvolvidas durante as cinco aulas e os recursos didáticos que foram utilizados durante a aplicação desta sequência didática e os recursos didáticos que foram utilizados durante a aplicação desta sequência didática e também serão mostradas algumas imagens da aplicação desta sequência didática nesta turma em diferentes momentos, as primeiras fotos são de quando essa turma estava na 2ª série no ano de 2022, nessas fotos os alunos estão uniformizados com uma farda azul marinho conforme pode ser observado nas figuras 19, 20, 21 e 22 na página 82 deste trabalho e as últimas fotos apresentam essa mesma turma já na 3ª série no ano de 2023, nessas fotos os alunos estão uniformizados com uma farda amarela, conforme pode ser observado nas figuras 23, 24, 25, 26, 27 e 28 na página 83 deste trabalho.

Tabela 1 - Descrição das atividades desenvolvidas nesta sequência didática

Título:	UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS PONTOS QUÂNTICOS NO ENSINO MÉDIO	
Público Alvo		
Caracterização dos Alunos	Caracterização da Escola	Caracterização da Comunidade Escolar
Alunos da 2ª e 3ª Série do Ensino Médio.	-	-
Problematização:	Como fazer uma transposição didática do tema os Pontos Quânticos com poucos recursos didáticos disponíveis para uma turma de Ensino Médio de uma escola pública de Manaus?	
Objetivo Geral:	Propor o desenvolvimento de uma sequência didática sobre os Pontos Quânticos e suas aplicações no desenvolvimento de novas tecnologias para alunos de diferentes séries do Ensino Médio de uma escola pública de Manaus.	

Metodologia de Ensino			
Aulas	Objetivos Específicos	Conteúdo	Dinâmica das Atividades
1	Apresentar o conceito dos Pontos Quânticos	Conceito sobre os Pontos Quânticos	<ul style="list-style-type: none"> • Breve apresentação do conceito sobre os pontos quânticos; • Em seguida foi passado o vídeo do <i>YouTube</i> denominado “<i>What are Quantum Dots?</i>”; • Depois foi distribuído para os alunos um questionário diagnóstico com quatro perguntas abertas para verificar a existência ou não dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os pontos quânticos e suas aplicações nas tecnologias atuais.
2	Apresentar o conceito dos Pontos Quânticos de forma mais aprofundada e algumas de suas aplicações	Conceito dos pontos e suas aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do conceito sobre os pontos quânticos e suas aplicações de forma expositiva e dialogada com o auxílio de slides sobre o tema, um notebook e um Datashow; • Em seguida foi passado um vídeo do <i>YouTube</i> sobre o tema denominado “<i>Quantum Dots?</i>”; • Depois foi passada uma Atividade de caça-palavras sobre os pontos quânticos.
3	Apresentar algumas das aplicações dos Pontos Quânticos em diferentes	Aplicações dos Pontos Quânticos em diferentes áreas	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de algumas aplicações dos pontos quânticos de forma expositiva e

	<p>áreas, como na biotecnologia, no desenvolvimento do computador quântico, na criptografia, na medicina, nos dispositivos lasers, entre outros.</p>		<p>dialogada com o auxílio de slides sobre o tema, um notebook e um Datashow;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em seguida foi passado um vídeo do <i>YouTube</i> denominado “<i>Samsung QLED TV com tela de Pontos Quânticos</i>”; • Depois o professor pediu para os alunos se dividirem em equipes de 4 ou 5 alunos, após isso serão distribuídos três artigos científicos, um texto sobre este tema de um livro didático do Ensino Médio e uma matéria sobre as TVs com telas de QDs para os alunos será disponibilizado um tempo de 20 minutos para que os mesmos possam fazer a leitura desses materiais; • Por último foi realizada uma roda de conversa sobre os pontos quânticos e suas aplicações em diferentes áreas, os alunos puderam dividir com os colegas o que aprenderam nas aulas anteriores, com os vídeos que foram passados e com a leitura desses artigos, do texto do livro didático e da matéria do site de tecnologia sobre este tema.
4	<p>Verificar os conhecimentos que foram aprendidos sobre os Pontos Quânticos pelos alunos</p>	<p>Aplicação do Questionário Final referentes às atividades que foram</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário final com cinco perguntas abertas e fechadas sobre os pontos quânticos e suas

		desenvolvidas durante as aulas anteriores	<p>aplicações em várias áreas, o tempo de duração desta atividade foi de 30 minutos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em seguida, foi feita a análise das respostas obtidas com o questionário final, será observado o que os discentes aprenderam sobre este tema e se houve uma evolução no processo de aprendizagem destes alunos.
5	Apresentar o jogo digital Show do Milhão dos QDs	Apresentação do Jogo digital do Show do Milhão dos QDs	<ul style="list-style-type: none"> • O docente fez várias perguntas sobre os pontos quânticos, com o intuito de verificar se os mesmos absorveram algumas informações sobre o tema desta sequência didática. • Em seguida, o professor apresentou o jogo digital “<i>Show do Milhão dos QDs</i>”, depois os alunos jogaram o jogo digital sobre os QDs, os alunos podem ser divididos em duplas ou trios para utilizarem o jogo, cada aluno jogará uma vez, quem acertar as 4 perguntas do jogo primeiro será o ganhador; • Depois os alunos responderam um questionário avaliador sobre o jogo digital

			“ <i>Show do Milhão dos QDs</i> ”, para saber qual a opinião dos alunos sobre este jogo.
Avaliação:	Avaliar os questionários e atividades avaliativas que foram propostas nas aulas desta sequência didática e a interação dos estudantes com o jogo digital “ <i>Show do Milhão dos QDs</i> ”.		
Bibliografia:	Referencial Teórico:	Guimarães e Giordan (2013); Delizoicov e Angotti (1990);	
	Material Utilizado:	Computador; Datashow; Slides sobre o tema os Pontos Quânticos, questionários e atividades impressas, artigos científicos, textos e matérias sobre o tema impressos e o Jogo digital Show do Milhão dos QDs.	

Fonte: Adaptada de Guimarães e Giordan (2013)

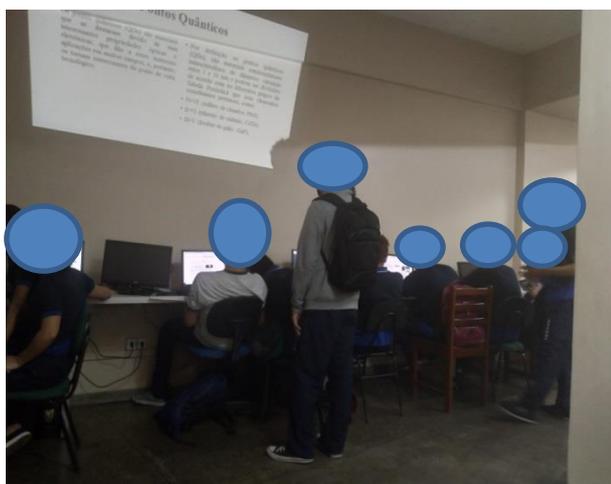


Figura 19: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 01. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 20: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 02. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 21: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 03. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 22: Aplicação da Sequência Didática na turma da 2ª Série do Ensino Médio – Aula 04. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 23: Orientações sobre o Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 24: Aplicação do Jogo digital Show do Milhão dos QDs na aula 05. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 25: Alunos conhecendo o jogo digital Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 26: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo Pessoal.

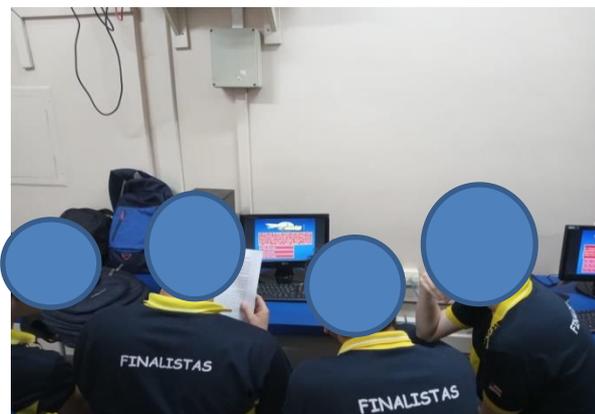


Figura 27: Alunos jogando o jogo digital Show do Milhão dos QDs e respondendo ao questionário avaliador do jogo. Fonte: Acervo Pessoal.



Figura 28: Alunos interagindo durante a aplicação do jogo digital Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo Pessoal.

Nesta sequência didática foram produzidas várias atividades sobre o tema abordado, além da elaboração de um jogo do Show do Milhão sobre os QDs, que teve o intuito de fixar as informações sobre este tema. As atividades e os questionários propostos sobre este tema serão apresentados a seguir neste produto educacional:

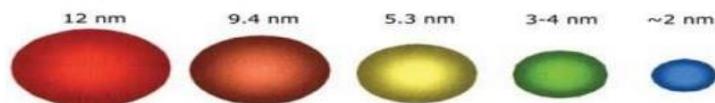
APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO INICIAL

1) Você já tinha ouvido falar antes sobre os pontos quânticos?

2) De acordo com as informações iniciais que foram passadas sobre os pontos quânticos, você consegue explicar o que são os pontos quânticos?

3) De acordo com as informações iniciais que foram passadas, você saberia dizer onde os pontos quânticos podem ser aplicados?

4) De acordo com os seus conhecimentos, você saberia dizer quais são as vantagens e as desvantagens de utilizar os pontos quânticos?



APÊNDICE 2 – ATIVIDADE SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS

CAÇA-PALAVRAS – A FÍSICA DOS PONTOS QUÂNTICOS



Quando os **elétrons** estão confinados em uma pequena região do espaço, eles só podem existir em determinados estados de energia, fenômeno conhecido como quantização da energia. Esse fenômeno foi observado primeiramente em **átomos**, por volta do século XIX, e, posteriormente em outros sistemas.

Existe uma tendência natural de os elétrons de uma amostra de matéria ocuparem os níveis mais baixos de energia possíveis. Se um elétron absorve quantidade adequada de energia, seu estado energético se altera para um nível quântico de maior energia, processo denominado excitação eletrônica. Um elétron excitado pode emitir energia – como **luz visível**, **ultravioleta** ou **infravermelho** – e retornar ao estado inicial de energia mais baixa. Caso a energia seja emitida como luz visível, a amostra apresentará luminosidade colorida observável.

A dependência dos níveis eletrônicos de energia com o tamanho da **nanopartícula** é observável em uma faixa de poucos nanômetros com algumas substâncias semicondutoras. As nanopartículas desses materiais que emitem luz visível no retorno dos elétrons excitados são conhecidos como **pontos quânticos**, também denominados de **quantum dots**. Exemplos de substâncias que formam pontos quânticos são sulfeto de cádmio (CdS), seleneto de cádmio (CdSe), sulfeto de zinco (ZnS), sulfeto de chumbo (PbS), fosfeto de índio (InP) e arseneto de índio (InAs).

A partir do texto acima, responda o caça-palavras abaixo utilizando as palavras grifadas no texto.

N L U Z V I S I V E L O V G G O A A
 U D P S O C I T N A U Q S O T N O P
 V A O O P S U T O C S C H N E C I E
 I D N U H T S M G D O N D C A S E I
 P W A V W E H I O S M M O X T E I W
 O O E N E S A R O S O U S R N T P A
 C T R H S U E D A T T E T D T P M B
 H C O H L E M R E V A R F N I E O W
 I R T X A S A O U R O R V D A H L L
 N A P H I N R N M U N O E K O U A E
 I E A L U C I T R A P O N A N A Q A
 R L A B N N U L T R A V I O L E T A

Fonte: AMABIS, J. M. et. al; **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias**. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020.

APÊNDICE 3 – ATIVIDADE DE FIXAÇÃO SOBRE OS PONTOS QUÂNTICOS

1) Os pontos quânticos variam de acordo com o seu tamanho e luminescência. De acordo com as informações que foram mostradas nesta sequência didática, marque com um (X) qual seria a ordem correta das cores dos pontos quânticos de acordo com o espectro eletromagnético?

- a) Azul, vermelho, verde, amarelo;
- b) Azul, verde, amarelo, vermelho;
- c) Azul, verde, vermelho, amarelo;

2) Marque com um (X) a alternativa correta que apresenta as tecnologias que podem ser produzidas através da utilização dos pontos quânticos:

- a) Biotecnologia, raio X, transistores;
- b) Tv de QDs, LEDs, biosensores;
- c) Tv OLED, lasers, computação quântica;

3) Assim como os pontos quânticos podem trazer vantagens, eles também podem desvantagens, como a toxicidade de alguns tipos de QDs. De acordo com as informações que foram passadas nesta sequência didática, alguns tipos de pontos quânticos são considerados eco-amigáveis, marque com um (X) na alternativa que apresenta os tipos de pontos quânticos eco-amigáveis:

- a) PbS, CdTe, GaP;
- b) ZnO; ZnS; CdZnS;
- c) SiO₂; ZnS; ZnO;

4) Conforme as leituras dos artigos científicos, das matérias sobre as aplicações dos pontos quânticos e das informações que foram compartilhadas com os demais colegas na roda de conversa da aula 03, relate as informações mais interessantes sobre este tema que você observou durante esta sequência didática:

APÊNCICE 4 - QUESTIONÁRIO FINAL

1) De acordo com as informações que foram passadas sobre os pontos quânticos, nesta sequência didática, você consegue explicar o que são os pontos quânticos?

2) De acordo com os conceitos que foram explicados nesta sequência didática, você saberia dizer em quais áreas os pontos quânticos podem ser aplicados?

3) De acordo com os conceitos que foram explicados nesta sequência didática, você saberia dizer quais são as vantagens e as desvantagens em se utilizar os pontos quânticos?

4) Os pontos quânticos são um dos temas não convencionais da Física que estão relacionados com a produção de novas tecnologias, você considera importante estudar sobre temas atuais da Física que são poucos abordados na sala de aula?

Sim () Não () Talvez () Não sei ()

5) Os pontos quânticos são uma das aplicações da nanotecnologia que apresentam várias pesquisas em andamento em diversas áreas como foi mostrado nesta sequência didática. Sendo assim, você considera importante que o professor explique assuntos que estejam relacionados com a produção de novas tecnologias, a influência delas na vida do ser humano e sobre o meio ambiente?

Sim () Não () Talvez () Não Sei ()

APÊNDICE 5 - Questionário Avaliador – Jogo Show do Milhão dos QDs

1. O que você achou do Jogo Show do Milhão dos QDs?

Ruim () Razoável () Bom () Ótimo ()

2. Este jogo auxiliou você no processo de compreensão do tema os pontos quânticos?

Sim () Não () Não sei responder ()

3. Como você avalia o jogo Show do milhão dos QDs para o ensino de Física?

Ruim () Razoável () Bom () Ótimo ()

4. Classifique de 1 a 5 o quanto você achou interessante este jogo?

5. Você gostaria que o seu professor de Física utilizasse mais jogos ou atividades diferenciadas como desta sequência didática para complementar as aulas tradicionais?

Sim () Não () Não sei responder ()

4. JOGO DO SHOW DO MILHÃO SOBRE OS QDS

Como produto educacional desta sequência didática sobre os pontos quânticos, criou-se o jogo Show do Milhão dos QDs, este jogo foi criado baseado no modelo do jogo o Show do Milhão, que é um jogo de perguntas e respostas de múltiplas escolhas, aonde o candidato deve responder as perguntas conforme as alternativas sugeridas e ao final deste jogo se o candidato conseguir acertar a todas as perguntas do jogo ganha o prêmio de um milhão de reais.

As perguntas deste jogo foram baseadas nas quatro aulas da sequência didática sobre os pontos quânticos e suas aplicações, que foi desenvolvida com duas turmas do Ensino Médio, sendo uma turma da 2ª série e outra turma da 3ª série.

Este jogo foi desenvolvido no software Microsoft Power Point, com várias animações e sons, aproveitando os recursos deste software para criar um ambiente parecido com um jogo comercial, este jogo tem o intuito de aumentar a interatividade e o interesse dos alunos por este tema, foram criadas quatro perguntas sobre os pontos quânticos para esse jogo, cada pergunta vale R\$ 250.000. As perguntas desse jogo foram baseadas na sequência didática sobre os pontos quânticos e suas aplicações, assim seria interesse que o professor que fosse utilizar este jogo didático durante as suas aulas, primeiro trabalhasse esse conteúdo com os seus alunos, pois os alunos podem não apresentar um conhecimento prévio sobre este assunto e assim apresentar alguma dificuldade para brincar com este jogo.

A tela inicial apresenta o jogo digital sobre os pontos quânticos e suas aplicações, conforme mostra a Figura 29. A tela inicial permite que o aluno inicie o jogo. Para começar o jogo é necessário clicar no botão vermelho “Clique aqui para Iniciar”. A tela seguinte é a tela inicial do jogo, conforme mostra a Figura 29.



Figura 29: Tela inicial do Jogo Digital Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo pessoal.

A tela seguinte é a tela da questão 1 que aborda uma questão sobre o tamanho e a luminescência dos pontos quânticos, que vale R\$ 250.000, conforme mostra a Figura 30.

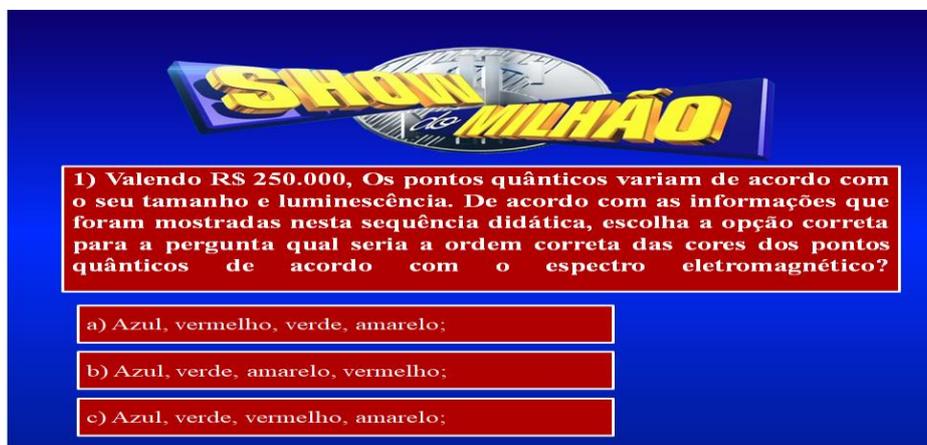


Figura 30: Questão 1 do Jogo QDs. Fonte: Acervo Pessoal.

A tela seguinte é a tela da questão 2 que aborda uma questão sobre as tecnologias que podem ser produzidas através da utilização dos pontos quânticos, que vale R\$ 250.000, conforme mostra a Figura 31.

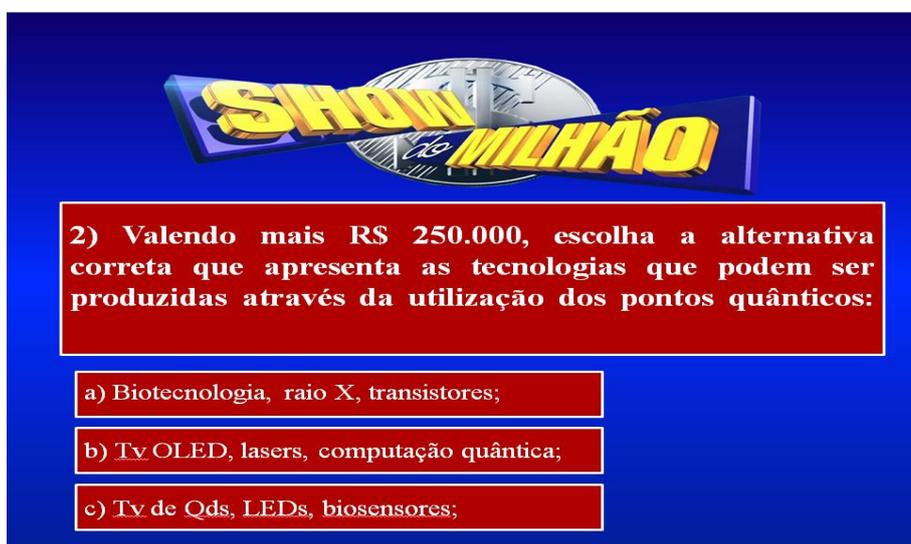


Figura 31: Questão 2 do Jogo dos QDs e suas aplicações. Fonte: Acervo pessoal.

A tela seguinte é a tela da questão 3 que aborda uma questão sobre os pontos quânticos que são considerados eco-amigáveis, ou seja, que não apresentam toxicidade e não agredem o meio ambiente, nesta questão o estudante deverá escolher uma das alternativas que apresenta somente os tipos de pontos quânticos que são considerados eco-amigáveis, que vale R\$ 250.000, conforme mostra a Figura 32.

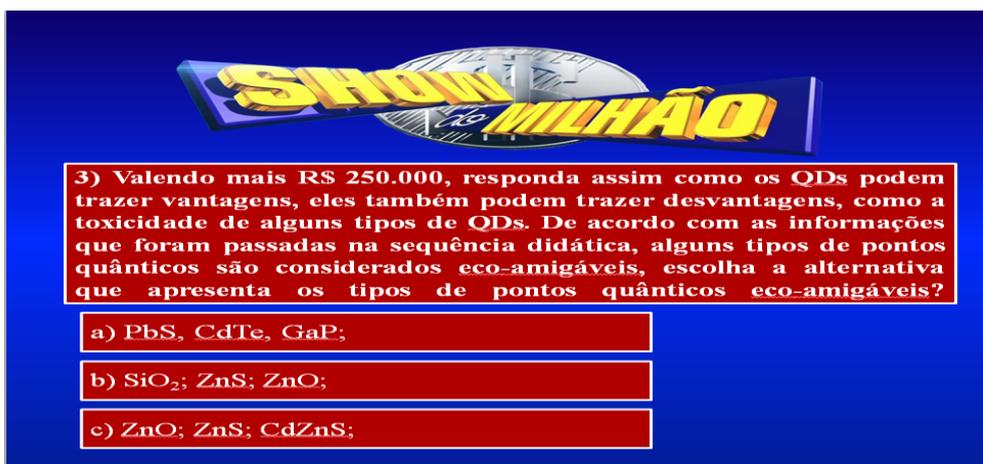


Figura 32: Questão 3 do Jogo dos QDs e suas aplicações. Fonte: Acervo pessoal.

A tela seguinte é a tela da questão 4 que aborda uma questão sobre o elevado nível de toxicidade que alguns pontos quânticos apresentam, este elevado nível de toxicidade pode trazer riscos para a vida das pessoas, dos animais e do meio ambiente, nesta questão o estudante deverá escolher uma das alternativas que apresenta somente os tipos de pontos quânticos que apresentam um elevado nível de toxicidade, essa pergunta já tinha sido feita na Atividade 2 proposta na aula 3 desta sequência didática e também foi explicada nas aulas desta sequência didática sobre os pontos quânticos e suas aplicações, ela também vale R\$ 250.000, conforme mostra a Figura 33.

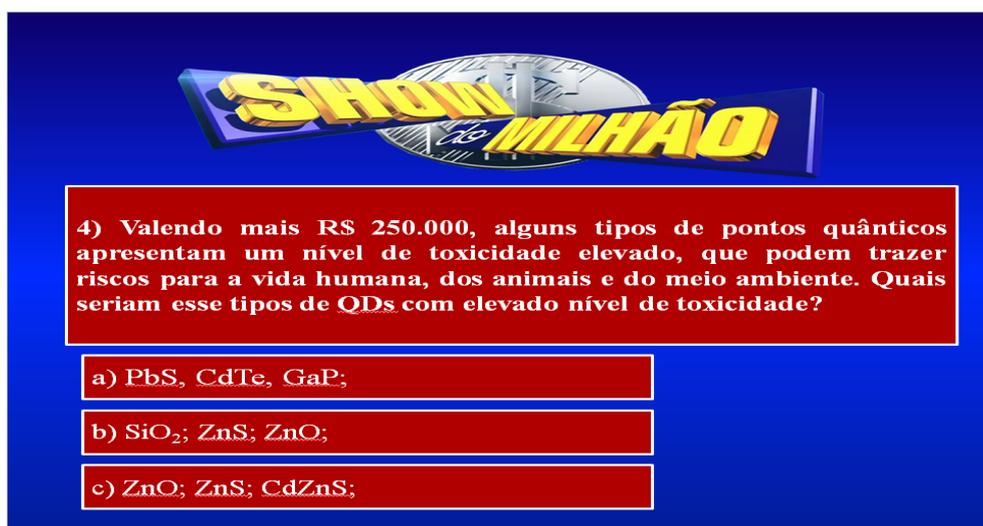


Figura 33: Questão 4 do Jogo dos QDs. Fonte: Acervo pessoal.

A tela seguinte é a tela que representa o acerto das questões, quando aparece esta tela durante o jogo, o usuário saberá que acertou a questão e será encaminhado para a tela da próxima pergunta, conforme é mostrado na figura 34 a seguir:



Figura 34: Tela que representa o acerto das questões do Jogo Show do Milhão dos QDs. Fonte: Acervo pessoal.

A tela seguinte é a tela que representa o erro das questões, quando aparece esta tela durante o jogo, o usuário saberá que errou a questão e será encaminhado para a tela da questão 1, que representa o início do jogo, conforme é mostrado na figura 35 a seguir:

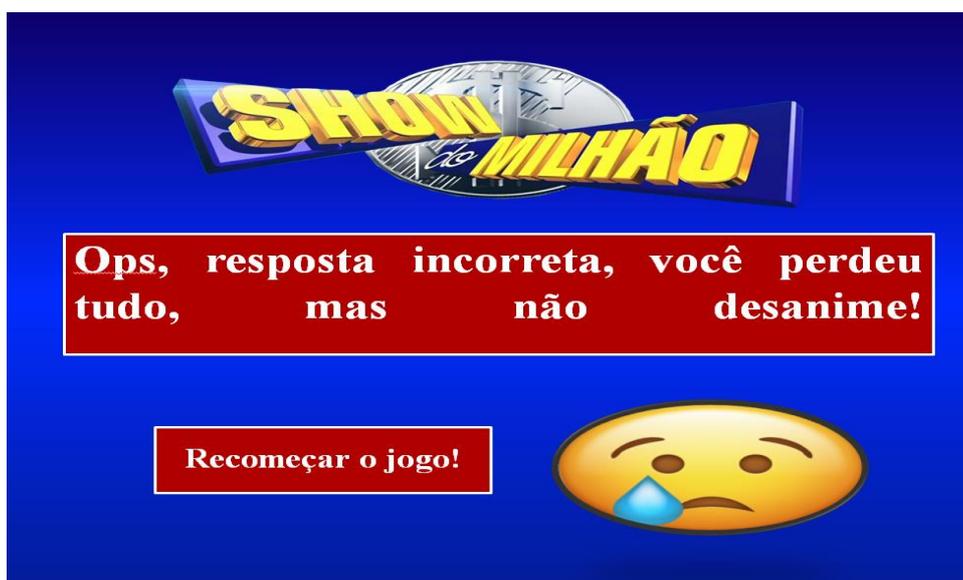


Figura 35: Tela do erro do Jogo dos QDs. Fonte: Acervo pessoal.

Se o jogador acertar as quatro perguntas desse jogo, ele será direcionado para a tela que representa o acerto do prêmio de R\$ 1.000.000, esta é uma tela alusiva que representa a vitória do jogador, conforme pode ser visto na figura 36 a seguir:

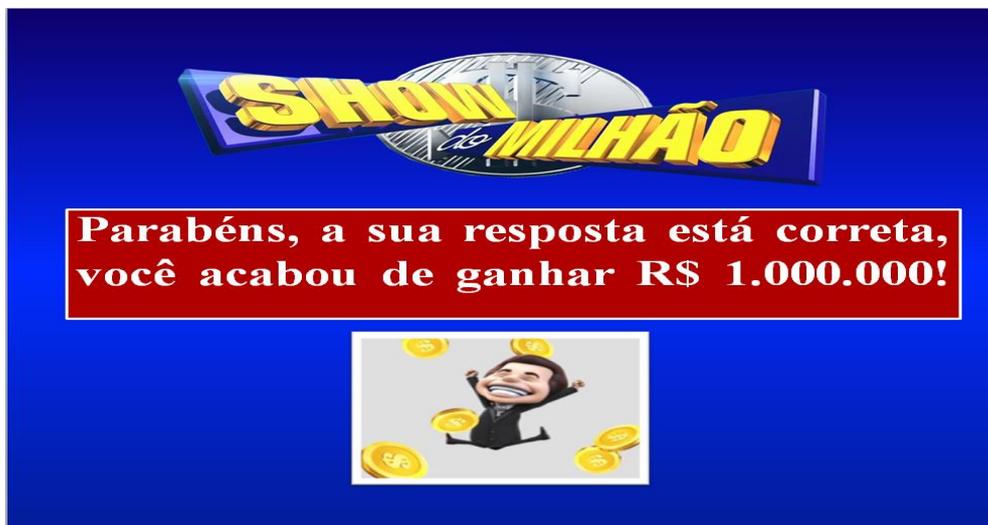


Figura 36: Tela de acerto do R\$ 1.000.000 do Jogo dos QDs e suas aplicações. Fonte: Acervo pessoal.

Este jogo foi baseado nas informações que foram disponibilizadas na sequência didática sobre os Pontos Quânticos e suas aplicações, este apresenta um intuito educativo, ele serviu como uma estratégia de fixação para este assunto, pois o mesmo só foi aplicado após os alunos terem assistido as aulas desta sequência didática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste produto educacional foi apresentada uma sequência didática sobre os pontos quânticos e suas aplicações na produção de novas tecnologias e um jogo digital denominado “Show do Milhão dos QDs”, o mesmo seguiu a premissa básica da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e meio ambiente (CTSA), pois o tema escolhido para a construção desta sequência didática os Pontos Quânticos podem ser aplicados em várias áreas do conhecimento, além da Física, da Química, da Medicina, entre outros.

Este produto educacional foi elaborado para auxiliar os professores de Física ou Química do Ensino Médio, que tenham interesse em abordar este tema da Física Quântica com suas turmas do Ensino Médio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jonathan MELVILLE; **Optical Properties of Quantum Dots**; Disponível em: quantumDots.pdf (berkeley.edu). Acesso em 26 set. 2023.

JÚNIOR, J. de M.; **Pontos Quânticos**; Monografia do Curso de Licenciatura Plena em Física apresentada ao Instituto de Física de Uberlândia; Uberlândia – MG; 2007.

SANDRI, C. et. al.; **Pontos Quânticos Ambientalmente Amigáveis: Destaque para o Óxido de Zinco**. Quim. Nova, Vol. 40, N° 10, 1215-1227, 2017.

SANTOS et. al.; **Síntese e Caracterização de Pontos Quânticos Ambientalmente Amigáveis, um Meio Simples de Exemplificar e Explorar Aspectos da Nanociência e da Nanotecnologia em Cursos de Graduação**; Quim. Nova, Vol. 43, N° 6, 813-822, 2020.

SOUZA, E. A. F.; **O USO DE JOGOS DIGITAIS EM POWER POINT NO APRENDIZADO DE GEOGRAFIA**. Disponível em: CT_INTEDUC_I_2019_21.pdf (utfpr.edu.br). Acesso em: 26 set. 2023.

VITORETI, A. B. F. et al.; **Células Solares Sensibilizadas por Pontos Quânticos**. Quim. Nova, Vol. 40, N° 4, 436-446, 2017.