

A Newton's cradle with five spheres. One sphere on the left is in motion, having just struck or about to strike the others. The background is a solid orange color.

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

A Newton's cradle with five silver spheres hanging from thin wires against a dark grey background. The spheres are in motion, with some blurred to suggest movement.

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Física: produção de conhecimento relevante e qualificado

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Sabrina Passoni Maravieski

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física: produção de conhecimento relevante e qualificado / Organizadora Sabrina Passoni Maravieski. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-924-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.247222402>

1. Física. I. Maravieski, Sabrina Passoni (Organizadora).
II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O presente livro “Física: Produção de conhecimento relevante e qualificado?” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de trabalhos diversos que compõe seus capítulos. O volume aborda de forma categorizada algumas pesquisas que aplicam conceitos, teorias e equações da física tecnologias atuais e situações do cotidiano a fim de mostrar a importância da física nas diversas áreas.

Ao final da leitura, mesmo que aqui estejam reunidos apenas alguns temas, o leitor poderá concluir que de fato, estudos que envolvam tecnologias, são extremamente importantes para o entendimento de como as “coisas” funcionam. E que, é impossível não nos envolvermos com estudos científicos, caso nosso objetivo seja a compreensão daquilo que nos cerca e usamos diariamente.

O objetivo desta obra é apresentar ao leitor que as aulas de física para a geração atual podem se tornar mais interessantes, ou atrativas para os estudantes, com a introdução de metodologias de aprendizagem baseada em projetos, games e também, a engenharia reversa, a qual consiste em saber como as tecnologias funcionam. Desta forma, além de relevante, é possível contribuir para um ensino-aprendizagem mais fascinante tanto para o estudante, como para o docente; independentemente da idade do aluno e área de conhecimento.

Por outro lado, a qualidade dos artigos aqui publicados depende da maturidade intelecto científica individual do leitor, ou seja, se está habituado a fazer leitura e correções de artigos científicos de forma crítica, mas imparcial. Neste sentido, em 2009, Ulysses Paulino de Albuquerque publicou na revista *botânica.org* um artigo de opinião intitulado: “A qualidade das publicações científicas – considerações de um Editor de Área ao final do mandato”, no qual, o autor, faz uma reflexão em torno dos principais problemas técnicos e éticos observados durante a sua carreira como Editor. Logo, para melhor avaliar-se a qualidade dos artigos publicados, sugiro ao leitor, a leitura deste artigo, pois sabe-se que a ideia em um artigo pode ser boa, porém a forma como esta é colocada no papel, seguindo as normas científicas, é bem diferente.

No primeiro capítulo são apresentados dois artigos que abordam conceitos da física aplicados em áreas técnicas distintas como a de Radiodiagnóstico via Tomografia Computadorizada (TC) Transferência de Calor em fluidos. O primeiro tem como objetivo encontrar uma metodologia unificada para o controle de qualidade semanal em TC utilizando fantoma independente. Já o segundo artigo, trata-se de implementação e aperfeiçoamento do padrão nacional de condutividade térmica para fluidos simples. Como pode-se observar são artigos que tem a física como base na resolução ou melhoria de problemas reais tecnológicos e de engenharia.

No segundo capítulo são apresentados três artigos voltados para a área de ensino, nos quais trazem abordagens diferentes para se trabalhar com diferentes conteúdos da






base curricular nacional. No primeiro artigo trata do conteúdo de astronomia para o ensino fundamental em um estudo de caso, cujo objetivo foi identificar juntos aos discentes as suas análises e dificuldade quanto a esse conhecimento. No segundo artigo, os autores apresentam conceitos básicos de física nuclear, trabalhando-os de forma integrada através de um jogo de tabuleiro no estilo Super Ludo, em que o jogo tem como objetivo simular um acidente nuclear em uma usina onde um dos reatores entrou em colapso.

E finalmente, no terceiro artigo, os autores propõem que os estudantes de engenharia devem conhecer e gerenciar a trajetória das informações do produto que são produzidos por diversas ferramentas e métodos. Para isso, colocam em prática a metodologia Baseada em Projetos (ABP), pois acreditam que essa, é uma metodologia ativa que pode ser utilizada para que o aprendizado de engenharia, principalmente para conhecer e aplicar o conhecimento de Engenharia Reversa dentro da área de Metrologia Dimensional promove o trabalho em equipamentos e resolução de problemas reais.

Deste modo, esta obra visa contribuir para o docente de Física e demais áreas tecnológicas e de engenharia para o enriquecimento da sua prática, pois sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Sabrina Passoni Maravieski

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
APLICABILIDADE DE UMA METODOLOGIA PARA TESTES SEMANAIS DE CONTROLE DE QUALIDADE EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	
Laura Larré Godolfim	
Maurício Anés	
Janine Hastenteufel Dias	
Mirko Salomón Alva Sánchez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224021	
CAPÍTULO 2	14
PATRÓN NACIONAL DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PARA FLUIDOS SIMPLES CNM-PNE-20-2015	
Leonel Lira Cortés	
Saúl García Duarte	
Jesús Arce Landa	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224022	
CAPÍTULO 3	29
ASTRONOMIA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UM ESTUDO DE CASO NO INTERIOR DO PARÁ	
Bruno Medeiros Quaresma	
Rafael Costa Araújo	
Fernanda Carla Lima Ferreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224023	
CAPÍTULO 4	38
GAME DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE FÍSICA NUCLEAR	
Eduardo Toniolo Campos	
Marcelo Augusto Leigui de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224024	
CAPÍTULO 5	47
LA INGENIERÍA INVERSA Y EL ABP COMO MEDIOS AUXILIARES PARA EL ESTUDIO Y EL APRENDIZAJE DE LA METROLOGÍA Y LA GENERACIÓN DE DUPLICADOS DE PARTES Y COMPONENTES	
Eusebio Jiménez López	
Gabriel Luna-Sandoval	
Mario Acosta Flores	
Juan José Delfín Vázquez	
Lilia Zulema Gaytán Martínez	
Baldomero Lucero Velázquez	
Luis Andrés García Velásquez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2472224025	
SOBRE A ORGANIZADORA	58
ÍNDICE REMISSIVO	59

CAPÍTULO 4

GAME DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE FÍSICA NUCLEAR

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 07/11/2021

Eduardo Toniolo Campos

São Caetano do Sul/SP
<http://lattes.cnpq.br/7527877505343038>

Marcelo Augusto Leigui de Oliveira

UFABC – Universidade Federal do ABC
Santo André/SP
<http://lattes.cnpq.br/0794170311040612>

RESUMO: Nesse trabalho os autores apresentam conceitos básicos de física nuclear, trabalhando-os de forma integrada através de um jogo de tabuleiro no estilo Super Ludo. O jogo é parte de um programa de mestrado, o MNPEF, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, e também integra uma sequência didática onde conceitos mais básicos de física nuclear são inseridos. O jogo tem como objetivo simular um acidente nuclear em uma usina onde um dos reatores entrou em colapso. Os alunos devem resolver o colapso alcançando o reator defeituoso. Para isso precisam enfrentar os infinitos elementos radioativos ao longo do tabuleiro.

PALAVRAS CHAVE: Física nuclear, aprendizagem baseada em jogos, ensino de física.

BOARD GAME TO TEACH NUCLEAR PHYSICS

ABSTRACT: The authors present basic concepts

of nuclear physics in this work. The concepts are worked in an integrated way through a board game in the Super Ludo style. The game is part of a master's program, the MNPEF, a National Professional Master's Degree in Physics Teach, and also integrates a didactic sequence where more basic concepts of nuclear physics are inserted. The game simulates a nuclear accident at a power plant where one of the reactors has collapsed. Students must resolve the breakdown by reaching the faulty reactor. They need to face the infinite radioactive elements along the board.

KEYWORDS: Nuclear physics, game-based learning, physics teaching.

INTRODUÇÃO

A modernização da educação contemporânea indica uma necessidade de adequação dos conteúdos. É necessário que haja uma escolha por assuntos que provoquem engajamento e interesse por parte dos alunos, além de promover uma aproximação entre os conceitos ensinados e o cotidiano do jovem estudante, tão inserido em um mundo tecnológico com demandas específicas. O ensino de física não foge a essa realidade.

Tendo isso em vista, esse trabalho tem como proposta inserir tópicos de física nuclear no ensino médio, alinhado com a nova BNCC que estipula a introdução de assuntos de física moderna na educação básica, onde podemos usar como exemplo a habilidade (EM13CNT103):

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica. Brasil, BNCC (2018)

Temas como lei do decaimento radioativo, dose absorvida e dose equivalente são trabalhados de forma integrada no decorrer do game. A física nuclear é um tema de extrema importância. Sua relevância se dá em face de sua utilização, ou de seus conceitos, em diversas tecnologias da vida moderna. A física nuclear está presente nos diagnósticos de imagens, em controle de pragas, em técnicas de conservação de alimentos e na obtenção de fontes de energia mais eficientes. Alguns elementos radioativos podem ser encontrados em alimentos comuns do dia a dia, como bananas e leite. Os alunos do ensino médio precisam conhecer com maior profundidade os conceitos da física nuclear, com o fim de quebrar paradigmas e preconceitos que a relacionam somente com perigo, acidentes e bombas atômicas.

O JOGO

O game batizado por Chernothrill pode ser aplicado de forma presencial, ou então por meio de plataformas de sala de aula virtual. O professor deverá dividir a turma em grupos de três a quatro alunos para que as tarefas sejam divididas e a dinâmica do game possa fluir facilmente. O professor deverá preparar os kits de games de acordo com o tamanho de sua turma e sua necessidade. Serão necessários para o jogo a impressão de um tabuleiro, peças que representem os jogadores (facilmente encontrados em casas especializadas em games ou pela internet), um dado de 6 lados e a impressão do diário de bordo dos jogadores.

U-235
Urânio Z=92
 $T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$ anos
 $\alpha \rightarrow$ alpha
 $E_\alpha = 4,6$ MeV

Th-231
Tório Z=90
 $T_{1/2} = 25,5$ h
 $\beta \rightarrow$ beta menos
 $E_\beta = 0,4$ MeV

Ac-227
Actínio Z=89
 $T_{1/2} = 21,7$ a
 $\alpha \rightarrow$ alpha
 $E_\alpha = 5$ MeV

Pa-231
Protactínio Z=91
 $T_{1/2} = 3,3 \cdot 10^4$ a
 $\alpha \rightarrow$ alpha
 $E_\alpha = 5,1$ MeV

Fr-223
Frâncio Z=87
 $T_{1/2} = 22$ min.
 $\beta \rightarrow$ beta menos
 $E_\beta = 1,1$ MeV

Th-227
Tório Z=90
 $T_{1/2} = 19$ dias
 $\alpha \rightarrow$ alpha
 $E_\alpha = 6,1$ MeV

Rn-219
Radônio Z=86
 $T_{1/2} = 3,96$ s
 $\alpha \rightarrow$ alpha
 $E_\alpha = 7$ MeV

Ra-223
Rádio Z=88
 $T_{1/2} = 11,4$ dias
 $\alpha \rightarrow$ alpha
 $E_\alpha = 6$ MeV

Po-215
Polônio Z=84
 $T_{1/2} = 1,8$ ms
 $\alpha \rightarrow$ alpha
 $E_\alpha = 7,5$ MeV

Pb-207
Chumbo Estável

Fator de Qualidade
 $Q_\alpha = 20$
 $Q_\beta = 1$

U-238 $\rightarrow N = 2,5 \cdot 10^{16}$ núcleos
Th-231 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{16}$ núcleos
Pa-231 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{13}$ núcleos
Ac-227 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{16}$ núcleos
Fr-223 $\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{16}$ núcleos
Th-227 $\rightarrow N = 2,6 \cdot 10^{16}$ núcleos
Ra-223 $\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{13}$ núcleos
Rn-219 $\rightarrow N = 2,7 \cdot 10^{13}$ núcleos
Po-215 $\rightarrow N = 2,8 \cdot 10^{13}$ núcleos

- 1 – Cálculo do coeficiente $\lambda = \frac{1}{T_{1/2}}$ (em segundos) 0,693
- 2 – Cálculo da atividade $A = N \cdot \lambda$
- 3- Decaimentos em 10 min $A \cdot 600s$
- 4- Cálculo da dose absorvida $D_A = A \cdot E_{\alpha,\beta} \cdot t / 80$
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$
- 5- Cálculo da dose equivalente $De = D_A \cdot Q_{\alpha,\beta}$

Multiplica por mil para mSv

Figura 1 – Tabuleiro do game Chernothrill – Figura do autor.

Os jogadores farão o papel de um operário de uma usina nuclear que acabou de sofrer um acidente em um de seus reatores, espalhando uma série de radionuclídeos pela usina. O tabuleiro do Chernothrill foi baseado no tabuleiro do jogo Mega Ludo, porém, em cada uma de suas casas encontramos representado um elemento radioativo, oriundo da cadeia sequencial de decaimentos radioativos da série do isótopo U-235, utilizado em usinas nucleares. Ao passarem pelas casas, os jogadores devem calcular a dose equivalente sofrida, resultado da exposição de 10 minutos ao elemento encontrado, podendo ou não absorver aquela radiação. O objetivo do jogo é chegar o mais rápido possível ao reator sofrendo a menor dose equivalente possível igualmente.

Uma vez divididos os grupos, cada turma deverá escolher sua cor e sua peça correspondente, assim como ter em mãos o diário de bordo e uma calculadora. Todos os grupos devem se posicionar na casa inicial. A ordem de jogada deve ser feita também por meio de sorteio. O grupo que inicia o game deve jogar o dado e percorrer as casas correspondentes. A peça cairá em uma determinada casa que conterà um elemento radioativo. Se o número obtido no lançamento do dado for menor do que o número probabilístico, posicionado logo abaixo do elemento, significa então que aquele elemento não decaiu enquanto os jogadores estavam em contato com ele, e, portanto, nessa rodada esse grupo não sofre nenhuma dose.

	4			
	Fr223	Th227	Ra223	Rn219
	2	3	3	1
	Po213	Pb213	Bi213	Th213
	1	1	3	3
	Th227	Fr223	Ac227	Po231
	3	2	4	4
1	Ra223			
	3			

Figura 2 – Indicação do número probabilístico baseado no tempo de meia vida do elemento. Figura do autor.

Mas se porventura o número obtido no lançamento do dado for maior do que o número probabilístico do elemento representado na casa do tabuleiro em questão, então nesse caso, o grupo deve calcular a dose equivalente sofrida na exposição de 10 minutos à radiação do referido elemento. Para simular a característica probabilística dos decaimentos, os elementos com tempo de meia vida mais altos possuem números probabilísticos mais altos, assim como os elementos com tempo de meia vida mais baixos possuem os números probabilísticos mais baixos sucessivamente.

OS CÁLCULOS

O primeiro cálculo é o do coeficiente de desintegração radioativa (λ), onde os alunos devem encontrar o tempo de meia vida do elemento correspondente à casa do tabuleiro em que caíram no canto esquerdo do tabuleiro conforme mostra a figura 3, convertendo sua unidade para segundos, e aplicando-o à fórmula:

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

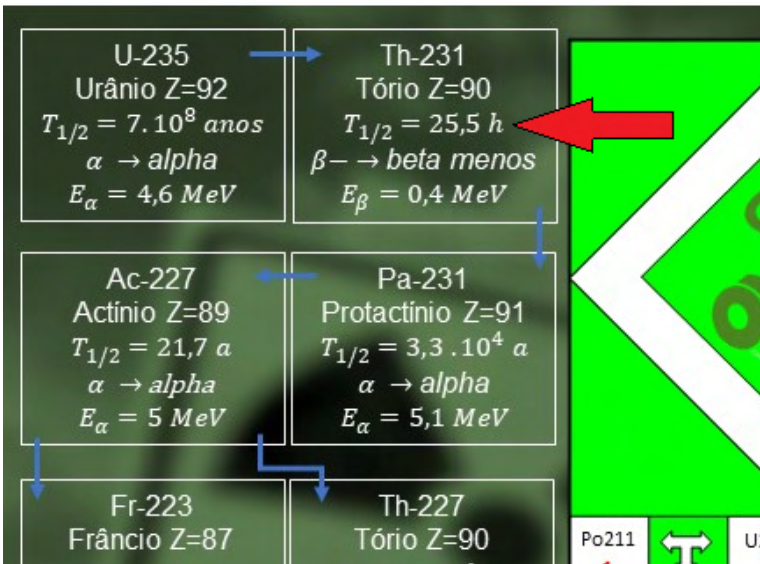


Fig. 3 – Tempo de meia vida dos elementos encontrados no tabuleiro. Figura do autor.

O segundo cálculo é o da atividade radioativa, que vamos considerar constante nos 10 minutos de exposição para não aumentar demasiadamente a complexidade dos cálculos, tornando o game pouco dinâmico. Os alunos devem buscar a quantidade de partículas encontradas na amostra na tabela encontrada no canto direito superior do tabuleiro conforme mostra a figura 4, multiplicando-o pelo valor do coeficiente previamente calculado, por meio da expressão:

$$R = N \cdot \lambda.$$

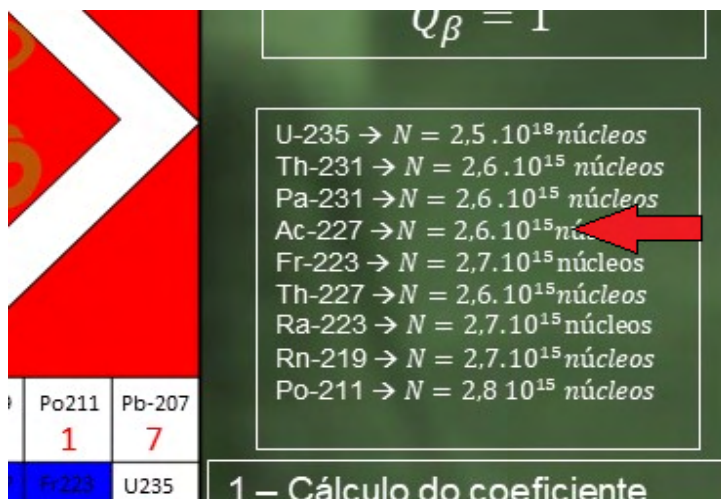
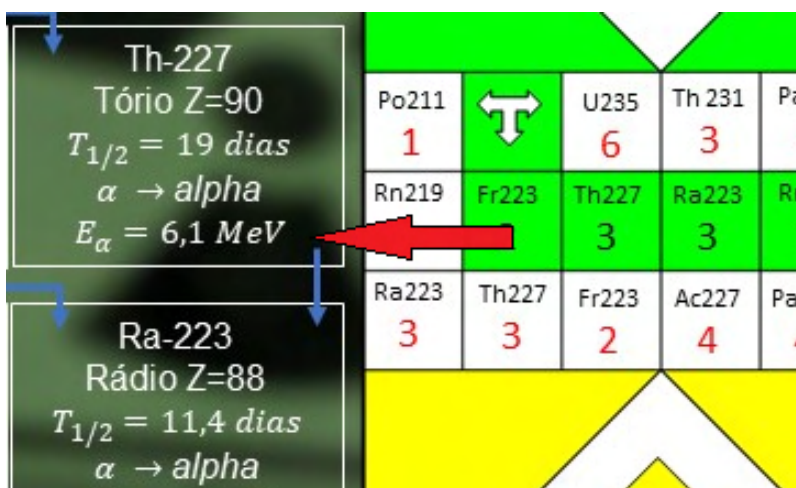


Fig. 4 – Tabela com a quantidade de núcleos de cada elemento encontrado no tabuleiro. Figura do autor.

No terceiro cálculo, o valor de atividade instantânea encontrado deve ser multiplicado por 600, representando os 10 minutos de exposição, equivalentes a 600 segundos.

No quarto cálculo, os alunos devem calcular a dose absorvida, multiplicando o último valor encontrado pela energia de decaimento do elemento, encontrada também no canto esquerdo do tabuleiro conforme mostra a figura 5, assim como pelo valor de carga fundamental do elétron ($1,6 \cdot 10^{-19}$ C), para que a unidade de medida do valor final possa ser em joules por quilograma, finalmente dividindo por 80 kg, número esse que representa a massa média dos operários da usina. O valor final pode ser obtido pela expressão:

$$D_{TR} = \frac{N \cdot E_{\alpha,\beta} \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{80}$$



Jogada 1	Jogada 2	Jogada 3	Jogada 4	Jogada 5	Jogada 6
mSv	mSv	mSv	mSv	mSv	mSv
Jogada 7	Jogada 8	Jogada 9	Jogada 10	Total	
mSv	mSv	mSv	mSv	mSv	

Fig. 8 – Representação dos cálculos finais no diário de bordo dos grupos. Figura do autor.

FIM DO GAME

Ao término do tempo estipulado no início do game devem ser consideradas as seguintes condições:

1 – Caso algum grupo atinja o reator antes do término não tendo errado nenhum cálculo, esse é considerado vencedor e o jogo se encerra.

2 – Caso o tempo tenha efetivamente acabado e alguns grupos tenham chegado ao reator, porém, tendo errado alguns cálculos pelo caminho, ganha o que tiver sofrido menor dose.

3 – Caso o tempo tenha efetivamente acabado e nenhum grupo tenha chegado ao reator, ganha aquele que tiver sofrido a menor dose.

4 – Caso o tempo tenha efetivamente acabado, nenhum grupo tenha chegado ao reator, e nenhum grupo tenha errado algum cálculo, ou seja, todos estão sem dose equivalente, nesse caso ganha o que estiver mais próximo ao reator.

METODOLOGIA

O game Chernothrill foi aplicado pelos próprios autores para uma turma do terceiro ano do ensino médio, com 8 alunos regularmente matriculados, em uma escola privada denominada “Colégio Primo Tapia”, situado na região sudeste da cidade de São Paulo. O produto foi aplicado de forma remota, em virtude da pandemia do COVID-19, por meio da plataforma de vídeo web conferência “Zoom Meetings”, adotado oficialmente pela escola para a realização das aulas virtuais, no decorrer do afastamento social imposto pela pandemia do COVID-19. Os alunos foram divididos em 4 duplas tendo jogado de forma remota com o auxílio de plataformas de dado digital e lousas digitais interativas. Foi estipulado um tempo de 40 minutos para a duração total do game onde cada grupo conseguiu efetuar de 3 a 4 rodadas cada. Como cada rodada demanda 4 cálculos diferentes, cada turma efetuou entre 13 e 16 cálculos. Nos instantes iniciais do encontro o professor aplicador retomou de forma expositiva as principais regras do game, assim como realizou uma jogada teste, com o fim de explicar a dinâmica do jogo e exemplificar os cálculos pretendidos. Posteriormente o professor orientou os alunos e conferiu os cálculos finais utilizando um gabarito previamente preparado.

RESULTADOS

O grupo 1 realizou 4 jogadas com 4 cálculos parciais corretos, porém nenhum cálculo final correto. O grupo 2 realizou 3 jogadas com 3 cálculos parciais corretos e 1 cálculo final igualmente correto. O grupo 3 realizou 3 jogadas com 6 cálculos parciais corretos e 1 cálculo final igualmente correto. O grupo 4 realizou 3 jogadas com 7 cálculos parciais corretos e 1 cálculo final igualmente correto, conforme mostra a figura 53. O game foi encerrado pelo tempo de 40 minutos e o grupo 4 foi o vencedor por ter acertado mais cálculos, além de ter se aproximado mais do reator.

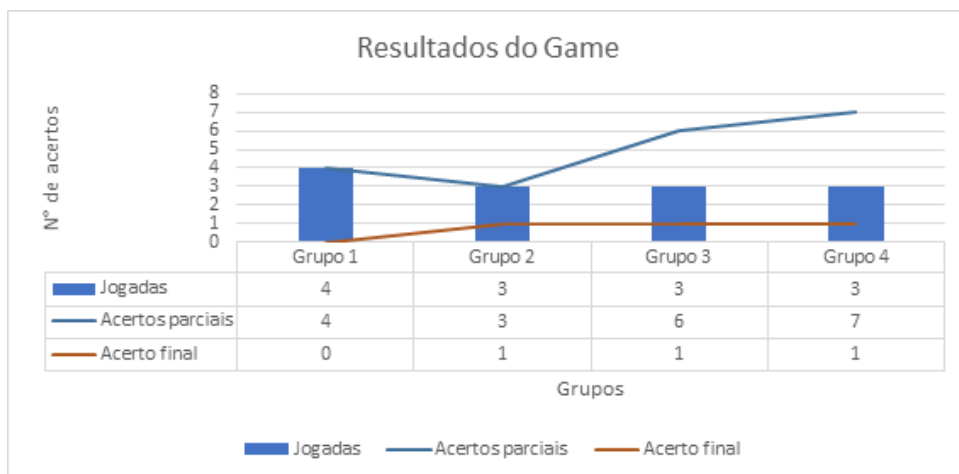


Fig. 9 – Gráfico jogadas x acertos da aplicação do game. Figura do autor.

Os principais motivos dos erros nos cálculos foram:

- Falta de domínio com notação científica
- Cálculo incompleto ou erro de cálculo final
- Não perceber que a amostra decaiu por completo, em virtude de a atividade radioativa da amostra ser muito grande (os alunos acabaram lançando no cálculo uma quantidade de partículas maior que a amostra)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do game defendido em uma dissertação de mestrado (Campos, 2021) nos mostrou que a inserção de conteúdos da física contemporânea na educação básica é possível e viável. Ainda que tivéssemos que contar com a indisposição emocional dos alunos, visto o momento crítico em que aplicação desse produto estava inserido, em virtude da pandemia do Covid-19, mesmo assim houve um considerável engajamento por parte dos participantes. O interesse dos alunos por algo que desperta curiosidade, como é o caso da física nuclear, foi nitidamente percebido durante a atividade, ainda que

permeada por cálculos matemáticos. A mecanização da aprendizagem baseada por game também foi responsável pelo alto nível de engajamento e participação, visto que os alunos movidos pela simples recompensa da vitória buscaram as estratégias para a resolução dos problemas, tanto no tocante aos dados dos cálculos, quanto à organização do grupo de forma colaborativa. É possível obter maiores informações sobre o game assim como fazer download dos formulários e do tabuleiro no site do produto educacional através do link <https://sites.google.com/view/uepsfisicanuclear>.

REFERÊNCIAS

- Brasil, *BNCC - Base nacional comum curricular: ensino médio*, Brasília: MEC/Secretaria de educação básica, 2018.
- Campos, E.T. - *UEPS para o ensino de física nuclear no ensino médio*, Santo André: UFABC, 2021.
- R. A. Serway e J. Jonh W. Jewett, *Princípios de Física - volume 4*, São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- K. Chung, *Introdução à física nuclear*, Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001.
- E. Okuno e E. Yoshimura, *Física das radiações*, São Paulo: Oficina de textos, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aprendizagem 2, 31, 35, 36, 38, 46, 56

Astronomia 3, 4, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

C

Ciências 1, 29, 30, 31, 37, 58

Conductividad térmica 4, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Controle de qualidade 2, 4, 1, 13

E

Ensino 2, 3, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 44, 46, 56, 58

ENSINO 4, 38

Ensino de física 4, 38, 46

F

Física nuclear 3, 4, 38, 39, 45, 46

Fluidos simples 2, 4, 14, 17, 28

J

Jogos 38

P

Puente de Wheatstone 14, 16, 17, 18, 19, 22, 26

R

Radiologia diagnóstica 1

T

Técnica del hilo caliente 14

Tomografía computadorizada 2, 4, 1, 13

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Física:

Produção de conhecimento
relevante e qualificado

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br