

O BLOCO “SENSOR DE LUZ” DO JOGO MINECRAFT E AS SUAS POTENCIALIDADES RELACIONADAS À FÍSICA MODERNA PARA O ESTUDO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E RELÉS FOTOELÉTRICOS.

THE “LIGHT SENSOR” BLOCK IN MINECRAFT GAME AND ITS POTENTIALS RELATED TO MODERN PHYSICS FOR THE STUDY OF PHOTOVOLTAIC PANELS AND PHOTOELECTRIC RELAYS.

Rodrigo Ferreira Marinho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí
rodrigo.marinho@ifg.edu.br

Rodrigo Claudino Diogo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Anápolis
rodrigo.diogo@ifg.edu.br

Resumo

Minecraft, lançado em 2009, é um jogo tipo *sandbox*, que remete à ideia de caixa de areia, onde não há limites para a imaginação e construção, além disso, ele já vem sendo utilizado no ensino há algum tempo (KNITTEL *et al.* 2017). Considerando este potencial e a necessidade de trabalhar conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino de Física, neste trabalho analisamos as potencialidades de um dos blocos do jogo chamado “sensor de luz” para o estudo de painéis fotovoltaicos e relés fotoelétricos e os fenômenos físicos relacionados. Para isso, revisamos brevemente alguns conceitos físicos a respeito do funcionamento destes equipamentos e comparamos o funcionamento do bloco com informações reais. Observamos que o bloco “sensor de luz” apresenta um comportamento com potencial para estudo destes equipamentos e que poderá servir como ponto de partida para despertar o interesse dos alunos a respeito de assuntos relacionados à FMC.

Palavras chave: minecraft, física moderna, sensor de luz, painéis fotovoltaicos.

Abstract

Minecraft, launched in 2009, is a sandbox-type game, which refers to the idea of a sandbox, where there are no limits to imagination and construction, in addition, it has been used in teaching for some time (KNITTEL *et al.* 2017). Considering this potential and the need to work with concepts of Modern and Contemporary Physics (FMC) in Physics teaching, in this work we analyze the potential of one of the blocks of the game called “light sensor” for the

study of photovoltaic panels and photoelectric relays and the related physical phenomena. For this, we briefly review some physical concepts regarding the operation of this equipment and compare the operation of the block with real information. We observed that the “light sensor” block presents a behavior with potential for the study of this equipment and that it could serve as a starting point to arouse the interest of students regarding subjects related to FMC.

Key words: minecraft, modern physics, light sensor, photovoltaic panels.

Introdução

A necessidade de trabalhar os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino é citada por diversos autores, mas muitos também ressaltam as dificuldades de se trabalhar estes tópicos, conforme citam Brockington e Pietrocola (2005):

Diversas pesquisas em Ensino de Física apontam para a necessidade da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio. Os trabalhos decorrentes de quase duas décadas de pesquisas educacionais são suficientes para assegurar a necessidade de atualização dos programas de Física na Educação Média. [...] Certamente, a cautela na abordagem de FMC no Ensino Médio não é difícil de ser entendida. Os desafios são impostos não apenas pela complexidade intrínseca destes tópicos, como também por uma insegurança inerente a qualquer tentativa de mudança no domínio escolar. Acrescente-se a isso, o sistema de ensino que, na maioria das vezes, dificulta, e até impede, qualquer tipo de inovação. Grande parte dos professores está presa a um cenário pedagógico sem muita flexibilidade, seja por prescrições de conteúdo, horários restritos e especificidades de suas próprias disciplinas. Não é incomum o professor sentir-se cerceado pelas condições que lhe são impostas na escola, como a preocupação exacerbada com o cumprimento do programa ou a pressão por resultados no vestibular. Isso sem levar em conta o tamanho das turmas e a extensão dos currículos. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Apesar de termos quase duas décadas da publicação desse trabalho, o tema e as dificuldades de se trabalhar FMC na educação continuam os mesmos. Houve avanços e diversas propostas e estudos para tornar possível alcançar este objetivo. Um deles é o trabalho de Rodrigues Silva (2020), que apresentou uma sequência de ensino investigativa para a abordagem do efeito fotovoltaico. Nesse trabalho o autor usou a temática da energia solar por estar relacionada às questões da matriz energética do país e ser uma demanda da vida contemporânea, além disso, a tecnologia fotovoltaica se fundamenta em conceitos de FMC. O autor definiu de forma bastante didática alguns desses conceitos (efeito fotoelétrico, espalhamento Compton, átomo de Bohr, semicondutores, dopagem, junção pn, efeito fotovoltaico e uma descrição matemática das células solares) em seu trabalho e mostrou o potencial dessa tecnologia para ensinar FMC.

Considerando a necessidade de se ensinar FMC e o crescente uso de novas tecnologias para o ensino, entre elas os jogos eletrônicos, talvez seja possível usar jogos para ensinar FMC e obter bons resultados. Atualmente os jogos eletrônicos são parte da realidade de muitos estudantes, desde os anos iniciais, seja através de *smartphones*, *tablets* ou computadores. Muitos desses jogos simulam realidades que são muito semelhantes ao mundo real. Este é o caso do jogo Minecraft, que é definido pela empresa desenvolvedora como:

[...] é um jogo sobre montar blocos e sair em aventuras. Ele se passa em mundos infinitamente gerados de terreno aberto – montanhas geladas, rios pantanosos, vastas pastagens e muito mais – repleto de segredos, maravilhas e perigos! [...] Não existe uma maneira única de jogar Minecraft. Ele é um jogo aberto onde os jogadores decidem por conta própria o que querem fazer! (MINECRAFT, 2022).

O jogo, que teve sua primeira versão lançada em 2009 e recebe atualizações constantes desde então, também tem sido usado para fins educacionais. Knittel *et al.* (2017) citam que o jogo já alcança mais de 40 milhões de jogadores em todo o mundo.

Além disso, o jogo vem sendo usado para o ensino de Física ao redor do mundo. Por exemplo, Marrara *et al.* (2020), em seu artigo “*Minecraft: A means for the teaching and the disclosure of physics*” criam um mapa no jogo chamado “Parque Físico” onde prepararam um experimento com um carrinho de mina em um trajeto que simula um plano inclinado. Em outro trabalho Nkadimeng e Ankiewicz (2022), “*The Affordances of Minecraft Education as a Game-Based Learning Tool for Atomic Structure in Junior High School Science Education*” utilizam os blocos “mesa de laboratório”, “criador de compostos” e “construtor de elementos” para explorar conceitos de estrutura atômica, isótopos, caracterização de elementos, propriedades de matéria, estrutura e propriedades da matéria. Já no trabalho de Feitosa *et al.* (2021) “*Ensino de Física utilizano o Minecraft Education*” os autores trabalham conceitos de associação de resistores através dos recursos do jogo.

Os três trabalhos acima citados trazem o uso do Minecraft como uma ferramenta para a aprendizagem baseada em jogos ou GBL (Game Based Learning). Feitosa, *et al.* (2021) citam que a GBL “[...] é uma metodologia na qual utiliza-se de jogos para alcançar os objetivos de aprendizagem [...] e a avaliação é feita inteiramente dentro do próprio jogo, o conteúdo na qual o professor irá ministrar aula será adaptado ao jogo utilizado em questão [...]”.

Gee (2009 *apud* KNITTEL *et al.*, 2017, p. 791) criou princípios para classificar jogos em relação à aprendizagem, entre eles estão: a interação, a produção, a customização, a agência (controle), a boa ordenação dos problemas e a exploração que permite o pensamento lateral e repensar o objetivo. Knittel *et al.* (2017, p. 791) citam, a respeito do jogo Minecraft, que:

Tais princípios presentes no jogo são responsáveis pelo grande envolvimento dos estudantes em todas as etapas de criação. Os alunos se sentem agenciadores do game, controlando os elementos ali representados, customizando a experiência e produzindo um mundo. Para tal desafio é necessário ordenar da melhor forma possível os problemas a serem resolvidos de acordo com a proposta sugerida pelos professores e a exploração do ambiente e das ferramentas disponíveis possibilitam repensar os objetivos e a forma como serão cumpridos. (KNITTEL *et al.* 2017, p. 791).

Considerando o potencial do jogo para o ensino de Física, nos propomos, neste artigo, analisar um dos blocos disponíveis, o “sensor de luz” (versão Bedrock¹) ou “detector de luz” (versão Java¹) com foco em suas potencialidades para o estudo dos painéis fotovoltaicos e os

¹ O jogo está disponível em duas plataformas, ou sistemas, Java e Bedrock, a primeira, remonta as primeiras versões do jogo criado pela desenvolvedora Mojang em 2009 e só funciona em computadores, até 2017 era chamada apenas de Minecraft. A segunda é multiplataforma e foi lançada em 2017. A partir deste ano, há sempre duas versões: Minecraft Java e Minecraft Bedrock. Além disso há uma versão chamada Minecraft Education Edition, proposta para fins educacionais, que é baseada na versão Bedrock. Todas as versões contam

fenômenos relacionados: efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico. Apesar da desenvolvedora utilizar o referido nome, vários jogadores também o chamam de “painel solar”. A razão para isso está no fato do bloco ter um funcionamento muito parecido com os painéis fotovoltaicos, como veremos a seguir.

O efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico:

Os painéis fotovoltaicos ou painéis solares têm seu funcionamento explicado pelo chamado efeito fotovoltaico, que precisa de diversos conceitos de FMC para ser compreendido, Portal Solar (2022) define o efeito fotovoltaico como:

O efeito fotovoltaico é a geração de uma corrente elétrica – energia – em um material semicondutor quando exposto à luz, seja ela do sol ou de qualquer outra fonte. Esse processo só é possível graças à movimentação de elétrons no interior da estrutura desse tipo de material, que é utilizado na fabricação do painel solar, por exemplo. A estrutura dos semicondutores é composta por uma banda de valência e uma de condução, separadas por uma lacuna “gap”. A banda de valência é cheia de elétrons livres e a de condução, parcialmente vazia, enquanto o “gap” entre elas é de 1 elétron-volt (eV). O efeito fotovoltaico, então, é quando os elétrons da banda de valência do semicondutor recebem fótons com energia suficiente para que consigam saltar o “gap” até a banda de condução, criando a corrente elétrica. (PORTAL SOLAR, 2022).

Vemos na explicação anterior diversos conceitos de FMC, tais como: semicondutor, bandas, gap etc. Além disso, o início do processo de geração de energia no painel solar está no chamado efeito fotoelétrico que é definido, por Eisberg e Resnick, como:

Hertz em 1886 e 1887 ao se debruçar sobre o estudo que culminou na constatação das ondas eletromagnéticas, verificou que uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorria com maior facilidade quando se fazia incidir luz ultravioleta sobre o eletrodo negativo. A ejeção de elétrons de metais mediante a incidência de luz sobre eles é denominada efeito fotoelétrico. (EISBERG; RESNICK, 1994 *apud* RODRIGUES SILVA, 2020, p. 32).

Então a ejeção de elétrons a partir da incidência de luz é o chamado efeito fotoelétrico e as explicações para esse fenômeno constituem parte das origens da FMC. Além disso, atualmente esse efeito se encontra presente em diversos equipamentos do nosso dia a dia, tais como controles remotos, relés fotoelétricos, sistemas de abertura automática de portas etc.

Os dois fenômenos aqui citados – efeitos fotoelétrico e fotovoltaico, apesar de serem parecidos, possuem algumas diferenças. Rodrigues Silva (2020) faz, inclusive, uma ressalva em seu trabalho:

Cabe a ressalva de que o efeito fotoelétrico se difere do efeito fotovoltaico. O primeiro se refere à ejeção de elétrons de um metal após a absorção de quanta de valores superiores à frequência de corte do material. O segundo se refere à movimentação do par elétron-buraco na célula fotovoltaica após absorção de energia de quanta com valores de energia superiores ao tamanho da banda de energia proibida do semicondutor dopado. (RODRIGUES

com os mesmos recursos. Os recursos da versão educacional podem ser habilitados nas outras versões através do menu de configurações.

SILVA, 2020, p. 48).

O bloco Sensor de Luz

Esse bloco foi inserido no jogo na versão 1.5 (atualização Redstone) lançada em 13 de março de 2013 (MINECRAFT WIKI, 2022a) e está presente no jogo desde então. A versão atual do jogo é a 1.19 (Atualização Selvagem) lançada em 07 de junho de 2022.

O bloco sensor de luz (figura 1) sofreu algumas atualizações ao longo dos anos, que comentaremos na sequência, mas na sua versão inicial ele foi definido com quatro características pelos desenvolvedores (MINECRAFT WIKI, 2022a): 1) A construção é feita com 3 lajes de madeira, 3 quartzos e 3 blocos de vidro (figura 2), 2) Gera um sinal com uma potência correspondente à intensidade do Sol, 3) Funciona somente com a luz do Sol e 4) A chuva afeta a potência do sinal.

Figura 1: Bloco Sensor de luz



Fonte: https://minecraft.fandom.com/wiki/Daylight_Detector

Figura 2: Construção do bloco Sensor de luz



Fonte: https://minecraft.fandom.com/wiki/Daylight_Detector

É interessante notar que o bloco é construído com blocos de quartzo, que é um minério do jogo e faz referência ao quartzo real, que é um semicondutor conhecido (SiO_2) e é nos semicondutores que observamos o efeito fotovoltaico presente nos painéis solares.

Antes do seu lançamento, um dos desenvolvedores (Jens Bergensten) postou uma imagem do bloco funcionando no jogo, em seu perfil do *Twitter* (figura 3), essa imagem nos remete diretamente ao modo de funcionamento de um painel fotovoltaico, gerando carga para acender lâmpadas, na imagem é possível notar que a última lâmpada não acende pelo fato da potência do sinal gerada pela luz solar não ser suficiente naquele momento, o que está de acordo com a segunda característica do bloco.

Figura 3: Imagem do futuro bloco sensor de luz.



Fonte: https://twitter.com/jeb_/status/286493347756011520

Além das quatro características citadas anteriormente, o bloco também recebeu as seguintes atualizações: 5) O sensor agora pode ser alternado entre os modos diurno e noturno, 6) O sensor diurno (modo diurno) não emite mais sinal a noite quando for sombreado e 7) o sensor invertido (modo noturno) agora emite cargas variáveis durante a noite (de acordo com a intensidade de sombra).

Vemos que a atualização 5, altera a característica 3, enquanto a 6 é uma atualização para corrigir o funcionamento do bloco. A atualização 7 faz com que o bloco funcione (no modo noturno) de maneira análoga ao modo diurno. A respeito desse modo noturno, podemos destacar uma importante oportunidade de discussão para o ensino, tais como: seria possível gerar energia através de painéis fotovoltaicos durante a noite? Como o painel do jogo gera carga à noite? Esses e outros questionamentos podem tornar possível ao professor trabalhar a respeito de objetos iluminados e os que têm luz própria, como funcionam os painéis solares e quais os fenômenos físicos envolvidos na geração de energia, entre outros.

Na figura 3 vemos “fios” vermelhos que transmitem a carga gerada pelo sensor. Esses fios são um bloco, que é chamado de redstone, e é usado para construção de circuitos que levam cargas para acionar diversos mecanismos. Por suas características e funções podemos afirmar que são bastante parecidos com fios condutores de energia elétrica.

Tendo em vista essas qualidades do bloco sensor de luz, notamos que existem diversas possibilidades de que ele seja utilizado no ensino e na aprendizagem do funcionamento dos painéis fotovoltaicos e dos fenômenos físicos envolvidos, como o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico. Podendo, assim, contribuir com o ensino e a aprendizagem de princípios da FMC. Faremos na sequência, uma análise do sensor dentro do jogo e compararemos com os dados de geração de um sistema fotovoltaico real, com foco nas potencialidades para o ensino.

A simulação de um painel fotovoltaico em funcionamento no Minecraft:

Para testarmos o bloco, criamos um mapa plano² no jogo na versão 1.18.31 (Edição Bedrock), este mapa está disponível para *download* através do link: <http://bit.ly/3tmzZ24>.

A primeira análise que fizemos foi a respeito da quantidade máxima de carga que o bloco

² Um mapa plano é criado com blocos, sendo todos os blocos alinhados com uma mesma altura, no mundo real seria como um terreno que foi terraplanado.

gera, vemos que com o Sol ao meio-dia, a carga alcança 15 blocos de redstone (figura 4). Observamos também que a carga começa com um bloco no início do dia, aumenta até 15 e depois reduz novamente até o fim do dia. O tempo no jogo é medido através dos chamados ticks, cada tick equivale a 0,05 segundo. Um dia completo, no jogo, ciclo dia-noite dura 24000 ticks, que são equivalentes a 20 minutos.

Figura 4: Carga máxima gerada pelo sensor de Luz.



Fonte: Os Autores

Na sequência construímos nesse mesmo mapa, um sistema para verificar a variação de carga ao longo do dia no jogo (figura 5). Nessa construção, o primeiro sensor foi ligado a um bloco de redstone e conectado a uma lâmpada, o segundo a dois blocos de redstone, e assim por diante. O último sensor, está ligado a 16 blocos de redstone, não acendendo a lâmpada em momento algum do dia. A imagem foi extraída com o sol do meio-dia e tempo com chuva, nessas condições a quantidade de carga máxima que o sensor consegue emitir é de 12 blocos.

Figura 5: Construção para medir a variação da carga gerada pelo sensor de luz ao longo do dia.



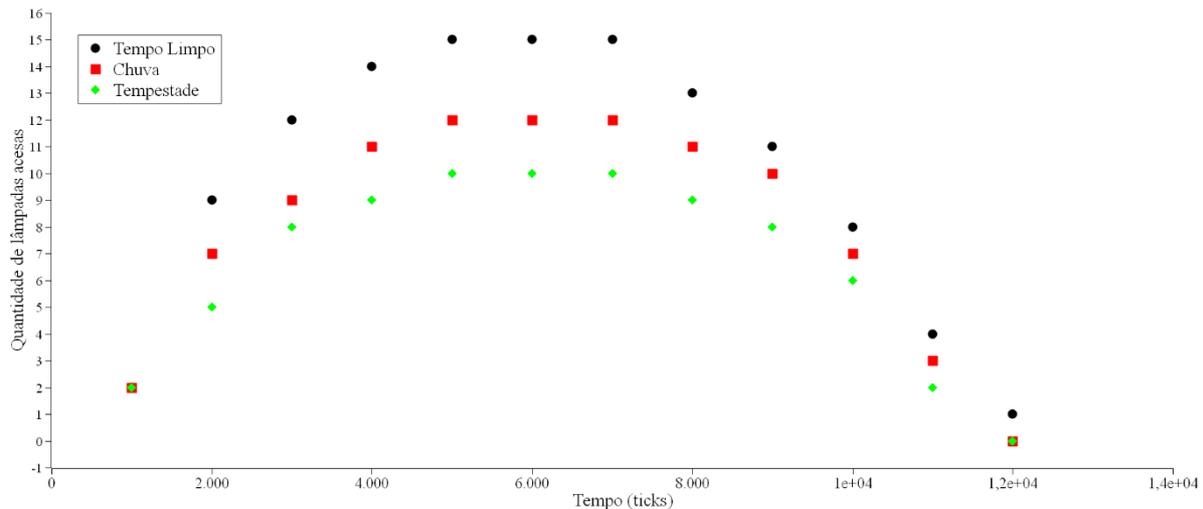
Fonte: Os Autores

É preciso destacar que, no Minecraft, há três tipos de clima possíveis, limpo, chuva e tempestade. O bloco sensor de luz, além de variar a carga ao longo do dia, também emite

cargas diferentes no mesmo horário para cada clima.

Foram realizadas quatro coletas de dados no jogo, sendo sempre anotadas a quantidade de lâmpadas que estavam acesas. Nas três primeiras, variamos o clima e medimos em intervalos de 1000 ticks. A última medida foi feita com o auxílio de um cronômetro e foi registrada a variação da quantidade de lâmpadas acesas em função do tempo (em clima limpo). Os gráficos 1 e 2 mostram os resultados destas medidas:

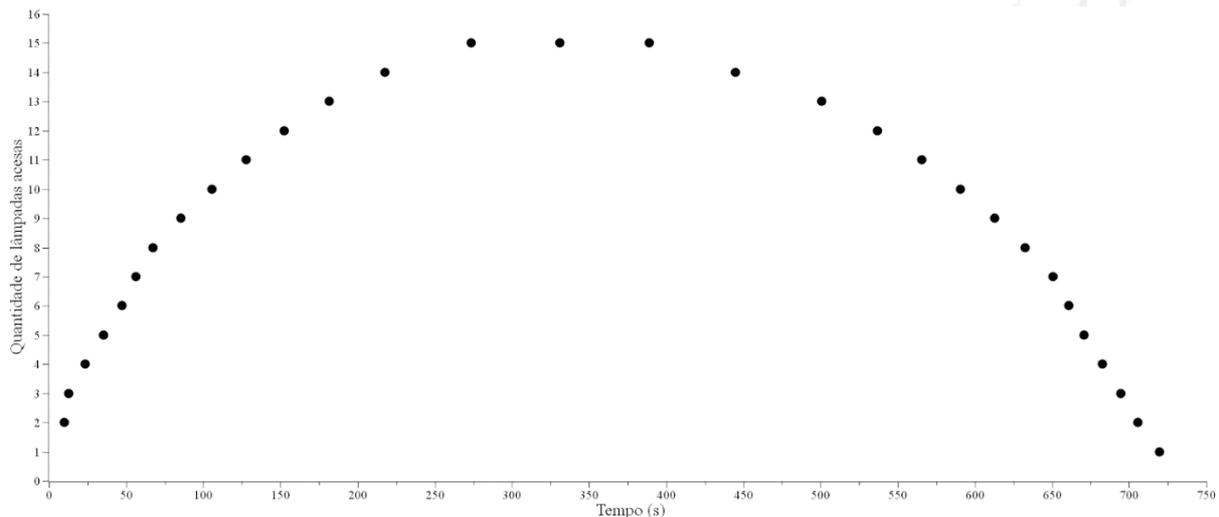
Gráfico 1: Quantidade de lâmpadas acesas em função do tempo no jogo e do clima (Medidas com clima limpo, chuva e tempestade)



Fonte: Os autores

Ao observar o gráfico vemos que o tempo limpo gera mais carga em comparação com os outros climas e que quanto mais fechado o tempo, menos carga será gerada.

Gráfico 2: Quantidade de lâmpadas acesas em função do tempo real

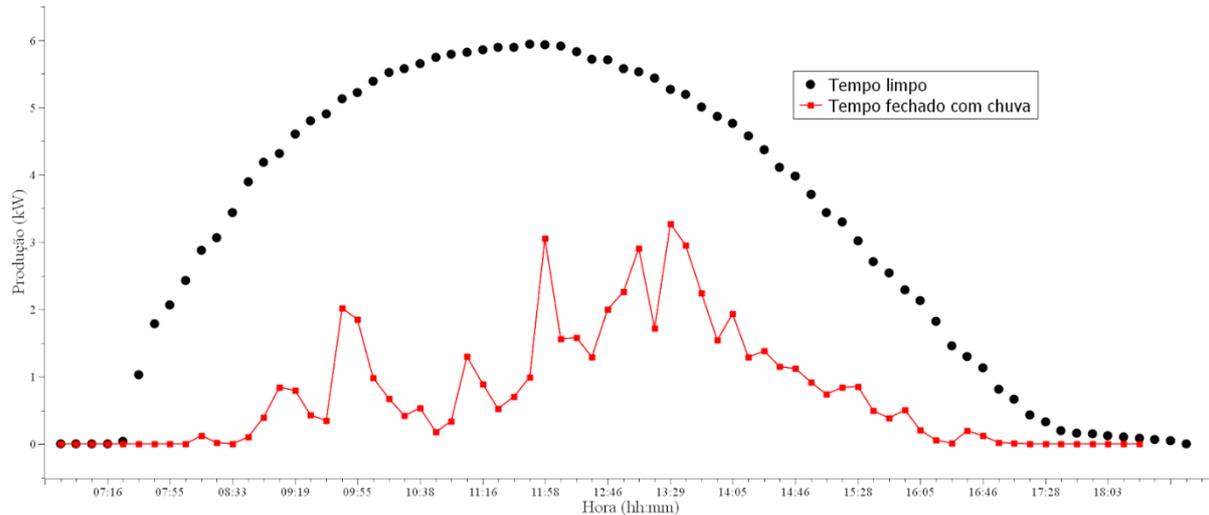


Fonte: Os Autores

Os dados mostrados no gráfico 2 mostram a tendência de geração de carga ao longo do dia, com pico de geração ao meio-dia no jogo. Para podermos comparar com os painéis

fotovoltaicos, foram extraídos dados de produção de dois dias diferentes de um sistema em funcionamento e foi construído o gráfico da produção ao longo do dia (gráfico 3), sendo que os dados se referem a produção em um dia com tempo limpo e outro nublado com chuvas.

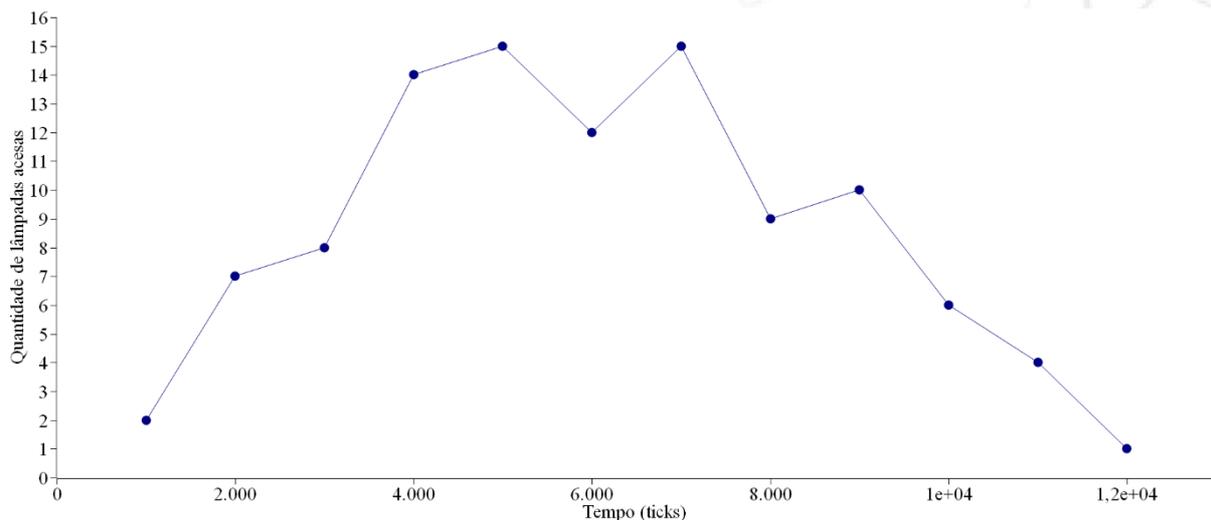
Gráfico 3: Geração de um sistema fotovoltaico real em dois dias (tempo limpo e fechado com chuva).



Fonte: Os Autores

Ao comparar os dados dos gráficos 1 a 3, notamos que o bloco sensor de luz apresenta um comportamento bastante semelhante ao painel real, de forma que pode ser usado para simular um sistema fotovoltaico para fins educacionais. Ao simularmos no Minecraft um dia em que o clima varia ao longo do dia, teremos uma curva parecida com a vermelha do gráfico 3, os dados podem ser vistos no gráfico 4.

Gráfico 4: Simulação com o clima variando ao longo do dia



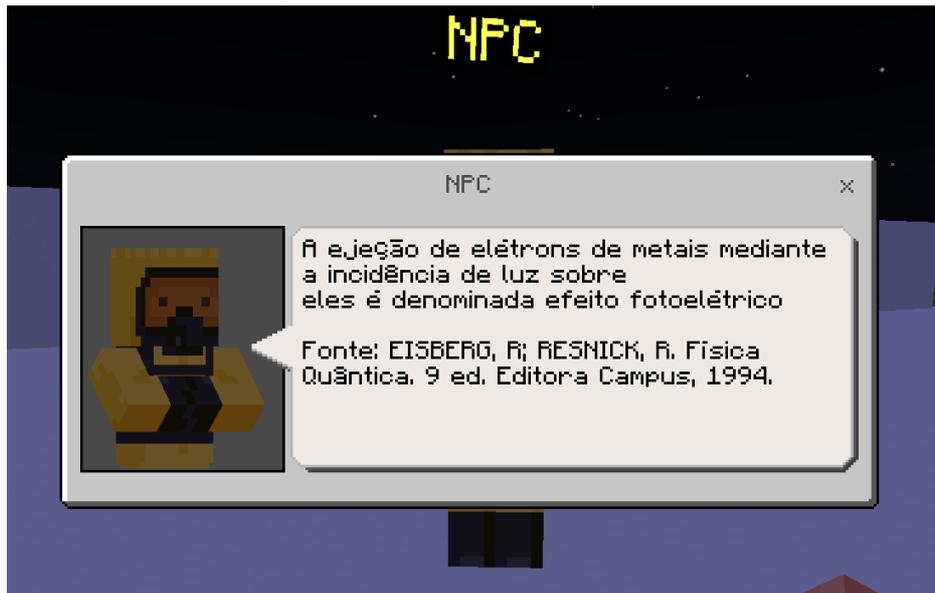
Fonte: Os Autores

Notamos que o comportamento da produção ao longo do dia com o tempo fechado ou chuvoso tem um comportamento caótico, isso se explica pela quantidade de luz que chega aos painéis durante o período, quando a chuva está mais intensa (menos luminosidade) a produção

diminui, já quando o tempo está somente nublado temos um pouco mais de luz chegando aos painéis e com isso aumenta a produção. A simples passagem de nuvens fazendo sombra nos painéis já reduz a produção de energia em relação ao tempo limpo.

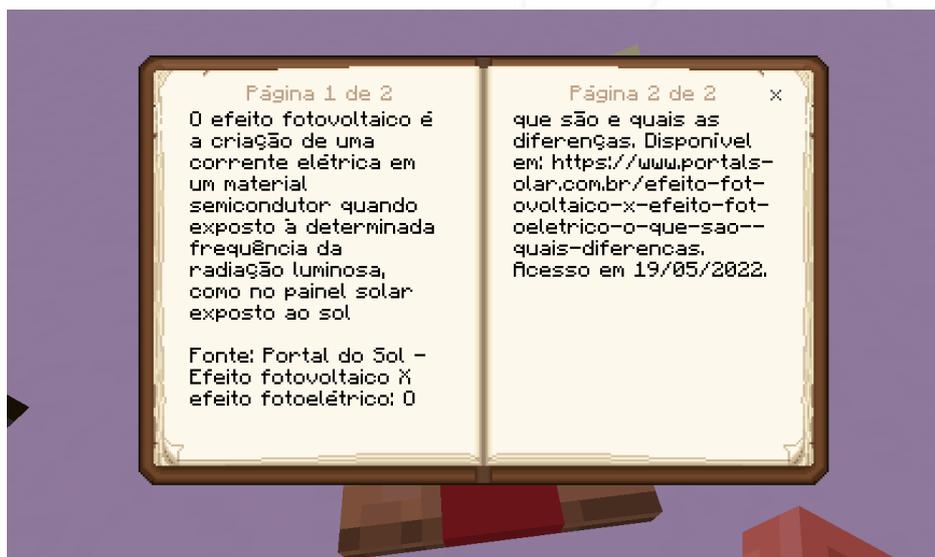
No entanto, as potencialidades do Minecraft vão além do uso dos blocos como um fim em si mesmo. O jogo permite que sejam utilizados livros ou personagens não jogáveis (NPC, do inglês *non-playable character*), para criar situações de ensino e de aprendizagem em mapas do jogo. As figuras 6 e 7 exemplificam o uso de um NPC e de um livro:

Figura 6: NPC no jogo Minecraft configurado com informações sobre o efeito fotoelétrico.



Fonte: Os Autores

Figura 7: Livro criado com informações a respeito do efeito fotovoltaico.



Fonte: Os Autores

A simulação de um relé fotoelétrico em funcionamento no Minecraft:

Uma outra aplicação interessante se refere ao uso do painel no modo lunar, ao ser acoplado a

uma lâmpada nesta configuração, faz com que ela acenda automaticamente durante a noite no jogo (figura 7). Neste caso, o bloco está funcionando como um relé fotoelétrico³, acoplado a um painel fotovoltaico.

Figura 8: Bloco sensor de luz funcionando no modo lunar como relé fotoelétrico.



Fonte: Os Autores

Potenciais aplicações para o ensino de Física

Vimos neste trabalho o potencial do bloco sensor de luz e do jogo Minecraft para o ensino de fenômenos relacionados à FMC, pois o bloco reproduz de maneira bastante semelhante o funcionamento de painéis fotovoltaicos e de relés fotoelétricos, no caso do primeiro, o bloco pode simular tempo limpo, chuvoso ou situações em que ocorram os dois ao longo do dia. Para os relés, o comportamento é exatamente igual ao dispositivo real, mostrando o funcionamento automático de lâmpadas ao anoitecer. Além disso, podemos trazer conceitos relacionados aos fenômenos físicos dentro do jogo através dos NPCs e livros, mostrando o potencial de uso do jogo para o ensino de Física.

Considerações finais

Neste trabalho analisamos o funcionamento do bloco “sensor de luz” e pudemos constatar que esse bloco tem potencialidade como uma ferramenta para o ensino e a aprendizagem dos efeitos fotoelétrico e fotovoltaico. As características desse bloco, aliadas a outros recursos do Minecraft (NPC e livros) sugerem que o jogo tem potencial para aplicação no ensino e na aprendizagem de Física. Esperamos que em trabalhos futuros possamos, por meio do jogo Minecraft, produzir e aplicar para um grupo de alunos, um ambiente de aprendizagem em um mapa no jogo, para que eles possam utilizar o bloco sensor de luz e outros blocos disponíveis para estudar os conceitos físicos relacionados aos fenômenos físicos citados e outros. É possível construir, por exemplo, modelos em larga escala de semicondutores ou utilizar o jogo para construir uma cidade sustentável e discutir a respeito de fontes renováveis e alternativas de produção de energia elétrica. Além disso, esperamos explorar o jogo através de outros blocos disponíveis e as suas relações com diversos fenômenos físicos e que este artigo sirva de inspiração para outros trabalhos usando o Minecraft como uma ferramenta para o ensino de Física.

³ Um relé fotoelétrico é um dispositivo que permite ou não a passagem de corrente de acordo com uma determinada intensidade luminosa, funcionando com um interruptor que liga e desliga a partir da quantidade de luz, esse dispositivo é encontrando nos postes de luz nas cidades.

Agradecimentos e apoios

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Grupo de estudos e pesquisa em Educação em Ciências (Gepec) - <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/776943>.

Referências

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, dez. 2005.

FEITOSA, G. dos S. et al.. Ensino de física utilizando o Minecraft Education. **Anais do VIII ENALIC...** Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/84723>>. Acesso em: 26/09/2022.

KNITTEL, T. *et al.* Minecraft: experiências de uso dentro e fora da sala de aula. Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 16., 2017. Curitiba. **Anais SBC – Proceedings of SBGames 2017** | ISSN: 2179-2259 Culture Track – Full Papers Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2017, p. 789 - 795

MARRARA, S. et al. S. **Minecraft: A means for the teaching and the disclosure of physics**. Il nuovo cimento C, 44 (4-5). pp. 1-4. ISSN 1826-9885. 2021. Disponível em: <https://www.sif.it/riviste/sif/ncc/econtents/2021/044/04-05/article/65> Acesso em: 26/09/2022.

MINECRAFT. **O que é Minecraft?**, 2022 Disponível em: <https://www.minecraft.net/pt-br/what-is-minecraft/>. Acesso em 26/09/2022

MINECRAFT WIKI - **Java Edition 1.5**, 2022a. Disponível em: https://minecraft.fandom.com/wiki/Java_Edition_1.5. Acesso em 26/09/2022

MINECRAFT WIKI - **Daylight Detector**, 2022b. Disponível em: https://minecraft.fandom.com/wiki/Daylight_Detector. Acesso em 26/09/2022

NKADIMENG, M., ANKIEWICZ, P. **The Affordances of Minecraft Education as a Game-Based Learning Tool for Atomic Structure in Junior High School Science Education**. J Sci Educ Technol 31, 605–620 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09981-0>

PORTAL SOLAR - **Efeito fotovoltaico X efeito fotoelétrico: o que são e quais as diferenças**, 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/efeito-fotovoltaico-x-efeito-fotoeletrico-o-que-sao-quais-diferencas>. Acesso em 26/09/2022

SILVA, Jonatas Rodrigues. **Uma sequência de ensino investigativa para a abordagem do efeito fotovoltaico**. 2020. 130 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2020.