

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: O CASO DO MUSEU VIRTUAL DE MINERALOGIA (MUSP)

DEVELOPMENT OF DIGITAL TOOLS FOR TEACHING CHEMISTRY: THE CASE OF THE VIRTUAL MUSEUM OF MINERALOGY (MUSP)

Luis Fernando Zitei Baptista 1
Thalles Raphael Guimarães 2
João Pedro Mardegan Ribeiro 3
Rogéria Rocha Gonçalves 4

Resumo: Com o aumento do acesso da população brasileira à internet e novas tecnologias digitais, foi proporcionado à educação o trabalho com novas estratégias de ensino via o uso das denominadas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). Uma dessas TDICs são os jogos digitais. Com isso em mente, este trabalho teve como objetivo descrever o desenvolvimento, a arquitetura e uma aplicação preliminar de um jogo digital intitulado Museu de Mineralogia da USP de Ribeirão Preto (MUSP) com alunos de um curso de licenciatura em Química. Os principais resultados destacaram que o jogo possui potencial de fazer com que os alunos compreendam diversos conceitos inerentes à área de Química, especificamente relacionados à mineralogia, representando uma excelente estratégia de ensino ligada à nova demanda do mundo contemporâneo.

Palavras-chave: Mineralogia. Jogo. Museu Virtual. Ensino de Química.

Abstract: With the increase in access of the Brazilian population to internet, as well as to new technologies, education was provided to work with new teaching strategies through the use of these new technologies, called Digital Information and Communication Technologies (DICTs). One of these DICTs is digital games. With that in mind, this work aimed to describe the development, architecture and a preliminary application of a digital game entitled Museu de Mineralogia da USP de Ribeirão Preto (MUSP) with students from a degree course in Chemistry. The main results, even preliminary, highlighted that the game has the potential to make students understand several concepts inherent to the Chemistry area. Therefore, it is understood that the game on mineralogy has high potential as a teaching strategy linked to the new demand of the contemporary world.

Keywords: Mineralogy. Game. Virtual Museum. Chemistry teaching.

- 1 Mestrando e Licenciando em Química pela USP. Graduado em Bacharelado em Química pela Universidade de São Paulo (USP). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1209948378466607>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7665-5335>. E-mail: email:nandozitei@usp.br
- 2 Graduando em Bacharelado em Ciências da Computação pela Universidade de São Paulo (USP). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5182189663918902>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4260-6222>. E-mail: thalles.guimaraes@usp.br
- 3 Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Licenciado em Ciências Exatas com habilitação em Física e em Química pela Universidade de São Paulo (USP) e habilitação em Matemática pela USP. Professor na Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC-SP). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2573967776080047>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0012-042X>. E-mail: jpedromardegan@gmail.com
- 4 Pós-Doutorado em Química (Espectroscopia/Fotônica) pela Università Degli Studi Di Trento (Itália), Pós-Doutorado em Química (Físico-Química Inorgânica) pela UNESP e Pós-Doutorado em Química pela École Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP, França). Doutora e Mestre em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Bacharela em Química e Licenciada em Ciências pela UNESP. Professora Associada (Livre-Docente) na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP). Responsável pelo Laboratório de Materiais Luminescentes Micro e Nanoestruturados - Mater Lumen. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5054973037817063>. ORCID: 0000-0001-5540-7690. E-mail: rrogoncalves@ffclrp.usp.br

Introdução

Atualmente, os novos meios de comunicação, como aparelhos celulares, computadores e televisores, vêm sendo inseridos no campo da educação, tornando possível a construção de uma maior integração entre o ensino e as novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs).

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017, a internet, que é um meio de comunicação virtual, cresceu exponencialmente em relação aos anos anteriores, estando presente em três de cada quatro domicílios do país, sendo acessada principalmente pelos celulares (98,7%). Outros meios de acesso também contabilizados foram os microcomputadores e tablets. Foi constatado a existência de microcomputadores em cerca de 43,4% dos domicílios brasileiros, enquanto a existência de tablets foi constatada em apenas 13,7% dos domicílios (PNAD, 2017).

Segundo Da Silva (2020), existem três perspectivas quanto ao uso de TDICs na educação: A primeira refere-se ao processo de ensino e aprendizagem, em que a vertente tecnológica é tratada como um objeto de estudo, investigando sua complexidade, e adaptação de seu uso no dia a dia nas escolas. Ainda segundo o autor, investigar essas TDICs para fins educacionais possibilitará um melhor aproveitamento dessas para fins pedagógicos:

O domínio das características das TDICs e do panorama em que elas estão inseridas pode abrir um leque de oportunidades para os professores. Tanto no sentido de reconhecer nesses aparatos características e possibilidades que poderão auxiliar seus estudantes, ao longo de suas vidas pessoais e profissionais, como identificar elementos que sustentem as próximas duas perspectivas abordadas nesse trabalho, como ferramenta ou como suporte básico. (DA SILVA, 2020, p.148).

A segunda perspectiva colocada por Da Silva (2020), refere-se a tecnologia como uma ferramenta no processo didático, focalizando não no estudo sobre a tecnologia, mas no que ela proporcionará aos estudantes, principalmente pela diversificação multimidiática e aproximação entre os estudantes e os saberes através da influência dessas tecnologias.

Nota-se, portanto, que o emprego das TDICs na perspectiva de ferramentas no processo didático evidencia, além da compreensão da própria tecnologia (primeira perspectiva apresentada nesse artigo), como o professor tem repensado (ou não) suas práticas a partir do surgimento destes aparatos e destes serviços. (DA SILVA, 2020, p.150).

Por fim, a terceira e última perspectiva apontada por Da Silva (2020), explica o poder da tecnologia como suporte para o processo de ensino e aprendizagem. O autor expõe as mudanças nas características de ensino em suas diversas formas: presenciais, síncronas, virtuais, Ensino a Distância (EaD), assíncronas e etc., avaliando o impacto no processo educacional do ponto de vista tecnológico, em que se utilizam das TDICs para suportar esses novos aspectos educacionais, introduzindo novas vias para educação adentrar ao espaço cibernético e sua cibercultura já consolidada.

Assim, vale o esforço para que o planejamento de aulas que aconteçam com a separação física e ou temporal de professores e estudantes contemple: o conhecimento das possibilidades e limitações dos Ambientes Virtuais de

Aprendizagem; as características que a cibercultura sugere para o maior proveito no ciberespaço; e, principalmente, priorize os objetivos pedagógicos e as estratégias de ensino considerando as peculiaridades desta modalidade de ensino. (DA SILVA, 2020, p.157).

Em paralelo as perspectivas tecno-educacionais, também há uma massificação do acesso a internet, chegando a 75% dos domicílios brasileiros na zona urbana e 58% na zona rural como mostra a Pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros de 2019 (TIC DOMICÍLIOS, 2019). Logo, se a tecnologia está presente em mais da metade dos domicílios brasileiros, a escola, como espaço de socialização dos saberes, deve também utilizar as tecnologias para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem.

Assim sendo, é perceptível a necessidade do uso de metodologias de ensino que acompanhem tais tendências que influenciam e estão presentes na vida cotidiana desta nova geração. Nesse contexto, entram os jogos digitais que podem atuar como ferramenta pedagógica de extrema proeminência, em que é possível trabalhar com o lúdico na perspectiva de explorar sensações, conexões e aprendizados que de outra maneira não seriam facilmente atingidos.

Herzog *et al.* (2009) complementa afirmando que tais atividades permitem ao aluno explorar questões atuais das ciências e contextualizar o conhecimento científico, além de atuarem como uma forma de divulgação científica. Ressalta-se que muitos alunos apresentam antipatia aos conteúdos inerentes às ciências da natureza devido à grande dificuldade de assimilação. Desta forma, trabalhar com conceitos científicos de forma mais lúdica representa uma forma de aproximar os alunos dos conteúdos da área, estimulando-os e despertando um maior interesse pelas temáticas abordadas.

Com isso em mente, o principal objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma ferramenta pedagógica digital à base da gamificação sobre mineralogia e relatar uma primeira aplicação deste jogo com alunos do ensino superior. Além disso, em um país de grande extensão, a presença rara de uma coletânea de minerais e rochas nas escolas ou mesmo Museus de história natural e mineralogia em muitas cidades e regiões, torna este jogo uma espécie de Museu itinerante, podendo ser levado nas mais remotas escolas e regiões do Brasil.

A tecnologia e os jogos na educação

Considerando as inovações nas estratégias de ensino, há vários estudos acerca da inserção das tecnologias na educação. Um exemplo disso é o trabalho de Santana e Rezende (2008) que a partir de um estudo com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, mostraram ser possível haver essa integração, uma vez que concluíram que a introdução de jogos no cotidiano escolar é muito importante devido à influência que os mesmos exercem frente aos alunos, pois quando eles estão envolvidos emocionalmente na ação, torna-se mais fácil e dinâmico o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, como observou Kishimoto (1985), pode ser uma maneira de promover a inclusão social.

Atualmente, cresce o interesse pela utilização de brinquedos (e jogos) para educar e reeducar crianças portadoras de deficiências. Multiplicam-se as pesquisas e a produção de brinquedos especializa-se, para atender às diferentes formas de deficiências da criança Surgem revistas especializadas, organizações nacionais e internacionais que se preocupam com a questão, bem como ludotecas destinadas a crianças deficientes (KISHIMOTO, 1985, p.43).

Por outro lado, a motivação talvez seja uma das maiores responsáveis pelo interesse crescente pelo uso dos jogos na educação, visto que nos tempos atuais da Era Digital essa mudança será necessária para a nova geração de alunos. É notório os casos de pessoas que simplesmente não

conseguem parar de jogar e são, muitas vezes, consideradas até viciadas. Existe um questionamento grande sobre o porquê dos jogos serem tão atrativos e a resposta está intimamente ligada à satisfação e ao prazer que o jogador sente. As pessoas jogam, envolvem-se e dedicam seu tempo a esta atividade em busca de emoções, estímulos positivos e diversão. Desta forma, a motivação é um ponto de extrema importância quando o assunto é gamificação e aprendizagem.

Ademais, no ensino remoto a motivação interna (intrínseca) e externa (extrínseca) dos alunos demonstrou ser baixa em relação às aulas virtuais. Com a mudança abrupta devido ao panorama gerado pela pandemia do novo coronavírus, houve o rompimento entre o vínculo criado com a escola (espaço físico) que servia de certa forma como uma motivação extrínseca à presença dos alunos.

Dessa forma, os avanços tecnológicos unidos à necessidade de adaptação dos meios tradicionais de ensino criaram um ambiente fértil para o surgimento de jogos digitais como ferramentas de ensino que desafiam os alunos, ao mesmo tempo que conseguem prender sua atenção, diminuindo cada vez mais a barreira existente entre a tecnologia e o aprendizado.

O Ensino de Química e a mineralogia

Os conteúdos inerentes às ciências da natureza e, neste caso, da química, se configuram como conceitos complexos, de alto grau de dificuldade e por consequência pouco atrativos por parte dos alunos da educação básica. Essas dificuldades e pré-conceitos são estendidos ao ensino superior. Para Rocha e Vasconcelos (2016) devido a forma tradicional que tais conteúdos são ensinados, os alunos sentem sensação de desconforto devido a dificuldades na aprendizagem dos conteúdos resultando em desinteresse.

De fato, assim como destaca Fumagalli (1995), o conhecimento das áreas das ciências da natureza, e em especial a química, é de suma importância, uma vez que todos, sejam as crianças, os jovens e os adultos, estão rodeados por fenômenos e eventos compreendidos por meio dos conhecimentos inerentes às ciências da natureza. Logo, ao aprender de forma significativa os conteúdos dessas áreas, os alunos podem responder a questionamentos sobre sua própria existência e a realidade o que o circunda.

Dentro do campo de ensino de química há a mineralogia, que é um ramo da geologia que estuda estrutura, formação, ocorrência e a estabilidade dos minerais, sua composição química e propriedades físico-químicas. E, dentro desta seção, pode-se trabalhar com inúmeros conteúdos inerentes à área de química, tais como os ciclos biogeoquímicos, a formação da Terra, rochas e minerais, as ligações químicas, os elementos e substâncias químicas, conceitos sobre as propriedades como dureza, clivagem, fratura, cor, brilho, além de compreensão da estrutura da matéria, estado sólido e princípio de vários métodos como difração de raio x, entre outros. Logo, há um campo conceitual extremamente amplo relacionado diretamente à Mineralogia.

A mineralogia é uma disciplina fundamental presente na estrutura curricular de vários cursos de ensino superior, como: Geociências, Química, Biologia, entre outros. Essa disciplina objetiva mostrar os fundamentos da formação da Terra, das rochas e minerais, suas diferentes propriedades, sua ocorrência e suas aplicações no cotidiano. Do ponto de vista químico, a disciplina oferece uma perspectiva entre o mundo macroscópico e microscópico onde as propriedades das rochas e minerais são guiadas por suas composições químicas, tipos de ligações, geometria e simetria, sendo essencial a compreensão da estrutura da matéria para relacioná-la às propriedades.

Nesse sentido, é notória sua importância para esses cursos tal qual seu conteúdo, para bacharéis e licenciandos. Já na educação básica, ela está presente dentro da matriz das disciplinas Química e Geografia, e para Carneiro *et al.* (2005) segundo as pesquisas realizadas pelos autores, quando há o trabalho com os conteúdos inerentes a mineralogia, na educação básica, estes são trabalhados de forma conceitual, numérica e formalista, não apresentando laços com perspectivas mais próximas ao cotidiano. Logo, faz-se necessário adotar novos recursos e estratégias para potencializar seu ensino.

Percurso Metodológico

O desenvolvimento deste trabalho consistiu na descrição passo a passo do desenvolvimento de um jogo que poderá ser utilizado como ferramenta pedagógica para o ensino de química e ciências de forma multidisciplinar. Primeiramente, foi descrito o processo criativo por trás da elaboração do projeto que deu origem ao jogo, seguido pelo processo de desenvolvimento do jogo, articulando já com os conteúdos pedagógicos que estão presentes dentro dessa ferramenta.

A última etapa foi a aplicação do jogo com estudantes regularmente matriculados na disciplina Mineralogia do curso de Licenciatura em Química da Universidade de São Paulo (USP). Após estes jogarem, foi aplicado um questionário contendo um conjunto de questões de alternativas, sendo algumas com escalas de frequência, visando oferecer subsídios para o aprimoramento do jogo.

O jogo foi aplicado aos alunos da licenciatura e devido a pandemia não foi possível aplicar com alunos da educação básica (sendo este o próximo passo). A principal motivação da aplicação aos alunos da licenciatura foi essencialmente por serem professores em formação, e portanto poderiam levantar pontos importantes ao que concerne a abordagem pedagógica do MUSP. Os resultados referente a todos os dados coletados no questionário aplicado encontram-se na última seção deste artigo. O jogo está disponível com acesso gratuito em: <https://uspgames.itch.io/musp>.

Resultados e Discussão

Os resultados deste trabalho foram divididos em quatro seções:

- 1) Planejamento, construção e funcionamento do jogo, em que é discutido as bases conceituais para a elaboração do Museu Virtual;
- 2) Arquitetura do jogo, onde se expõe os elementos e mecânicas do jogo através de captura de telas;
- 3) A articulação entre o MUSP e a BNCC (2018), destacando quais habilidades podem ser trabalhadas quando há aplicação deste jogo;
- 4) Aplicação do jogo, onde se apresenta os resultados de uma aplicação do jogo, com alunos do ensino superior, licenciandos em química, visando levantar os pontos fortes e fracos do jogo para uma eventual aplicação na educação básica.

Planejamento, construção e funcionamento do jogo

O planejamento foi iniciado logo após ser ministrado o curso de Mineralogia no primeiro semestre de 2019. Inspirado pelas metodologias ativas aplicadas durante a ministração da disciplina, e o encantamento com o contato direto com as rochas e minerais, foi pensado, em um primeiro momento, na produção de um catálogo de rochas e minerais (da coleção usada na disciplina) como material complementar às aulas de Mineralogia. Esse catálogo visava abordar conteúdos teóricos (como definição e alguns conceitos de rochas, minerais, ciclo das rochas e etc) somado a amostras visuais (fotos macroscópicas e microscópicas das rochas e minerais), podendo ser aplicado nas próximas turmas de Mineralogia.

A partir dessa primeira concepção de catalogar as rochas e minerais, foi então pensado em trazer esse catálogo de forma virtual, pensando na otimização de acessibilidade tanto para os alunos quanto para os professores. Dessa forma, com o catálogo já pronto, a ideia de torná-lo virtual resultou em um projeto com apoio da Pró-reitoria de Graduação da USP para o seu desenvolvimento.

De forma geral, a gamificação foi um ponto importante no desenvolvimento do jogo, uma vez que para gerar a motivação necessária nos alunos sob um ponto de vista pedagógico, refletimos que um simples catálogo virtual não seria eficiente, surgindo então a ideia da construção de um museu virtual de mineralogia contendo a coleção de rochas e minerais (apresentada pela professora orientadora do projeto) somado a desafios de caráter investigativo dentro de um aplicativo.

Ao final do planejamento inicial, foi feito um levantamento de dados sobre a parte teórica

do jogo no qual foi dividida em algumas partes, tais quais: 1) O que são rochas; 2) Tipos de rochas; 3) Ciclo das rochas; 4) Minerais; 5) Análise de estrutura cristalina - DRX; 6) Análise espectroscópica de absorção no infravermelho.

O desenvolvimento e escrita da parte teórica prosseguiu por uma revisão bibliográfica a respeito dos tópicos acima, principalmente em livros referentes à mineralogia e artigos disponíveis em periódicos indexados. Após essa etapa, foi dado início a captura de novas fotos das rochas e minerais da coleção particular da professora. Essas fotografias foram obtidas através de uma câmera semiprofissional da marca *Canon Poweshot SX510 HS* © e através da câmera de celulares utilizando um microscópio portátil acoplado ao celular de ampliação de 60 vezes.

Foram tiradas duas fotos em tamanho macroscópico utilizando a câmera semiprofissional e quatro fotos da estrutura ampliada (denominadas aqui por imagens microscópicas). Posteriormente as melhores fotos foram selecionadas, totalizando quatro fotos para cada mineral, e para as rochas, uma quantidade variada entre 3 e 5.

Após seleção do material, fotos e a parte teórica, foi dado início ao processo de desenvolvimento da interface gráfica do jogo. Para a modelagem dos cenários em três dimensões (3D) foi utilizado o software *Paint 3D*, aplicativo gratuito fabricado pela *Microsoft* ©. Os cenários foram divididos entre parte externa e parte interna. Na parte externa foram criados 02 ambientes: o modelo 3D do MUSP (MUSP Externo) e o “Departamento de Química da USP de Ribeirão Preto” (USP externo). Na parte interna foram criadas salas virtuais personalizadas para as exposições das rochas e minerais dentro do MUSP, e os laboratórios para as análises dos minerais dentro do Departamento de Química da USP de Ribeirão Preto.

Muitos cenários foram reaproveitados com pequenas modificações entre eles. Para os personagens e elementos dentro do jogo foi utilizado uma perspectiva em duas dimensões (2D), sendo desenhados no software *Paint.net* e animados no *Stickman & Elemento*. Outras imagens foram retiradas do site de imagens gratuitos *Pixabay*, como as molduras e desenhos de minerais. As figuras contendo os espectros e difratogramas presentes nas salas de Infravermelho e DRX foram elaborados pelos próprios autores utilizando o software *Origin* e base de dados disponíveis gratuitamente.

A programação do jogo foi planejada seguindo um cronograma de entregas previamente proposto. A ferramenta utilizada foi o *construct 3*, uma engine gráfica de desenvolvimento de jogos em duas dimensões (2D), sendo possível a exportação de seus jogos para os meios digitais (websites, celulares e computadores) e até mesmo para mídias físicas como consoles. A ferramenta utiliza um estilo de programação conhecida como “programação baseada em blocos” que é muito utilizada na área da computação por se tratar de um procedimento sólido, estável e extremamente adaptável. Primeiramente, foi necessário reunir diversos elementos gráficos obtidos previamente, como as imagens e textos e unir ao código planejado. Como exemplo disso, a movimentação do personagem principal é feita utilizando diversas imagens em sequência em diferentes posições que dão a ilusão de movimento. Em seguida, faz-se necessário juntar as imagens e alterná-las em certos intervalos de tempo, nesse caso 45 imagens por segundo. Para finalizar, basta unir as imagens ao código que determinará o que deve acontecer quando alguma ação for feita pelo jogador.

Arquitetura do jogo

As informações a seguir são referentes a arquitetura do jogo, sua montagem e estruturação.

Na figura 1 podemos ver a tela inicial do jogo, em que o jogador poderá dar início ao gameplay ou acessar a parte teórica, classificada como extra nesse menu. O aluno-jogador também terá acesso a algumas informações sobre a USP e as diferentes formas de ingresso nesta universidade. Por fim, há uma breve explicação sobre o projeto e principais comandos para a visita virtual ao Museu e o desafio proposto no final desta visita.

Figura 1. Tela inicial do jogo.

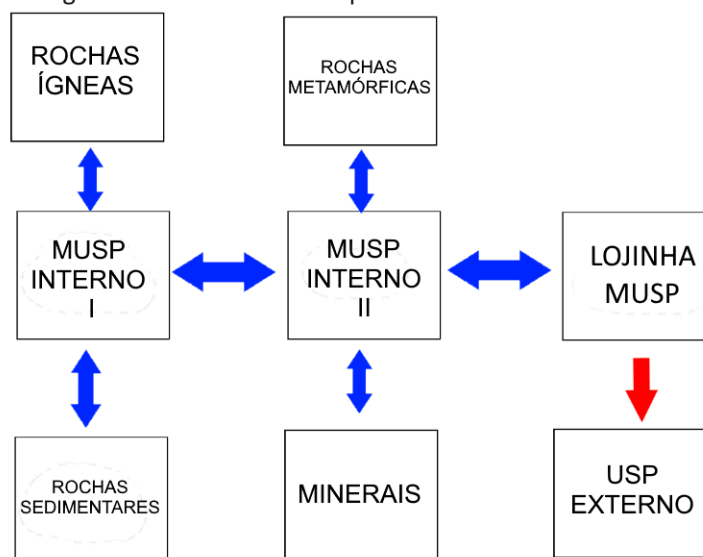


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Ao clicar em jogar, a primeira tela que aparecerá é um pequeno tutorial dos comandos que serão utilizados no decorrer do gameplay do jogo, além de breves explicações dos objetivos de cada parte do jogo. O jogo inicia-se em uma sala em que o jogador poderá ir para o cenário do MUSP externo, onde terá acesso ao MUSP interno; ou para USP externo.

As setas azuis duplas, no jogo, representam que o jogador poderá entrar e sair da sala, enquanto que a seta vermelha de única ponta representa que não poderão voltar à sala anterior. Na figura 2 podemos ver um fluxograma das salas dentro do Museu.

Figura 2. Fluxograma das salas dentro da parte do Museu .



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

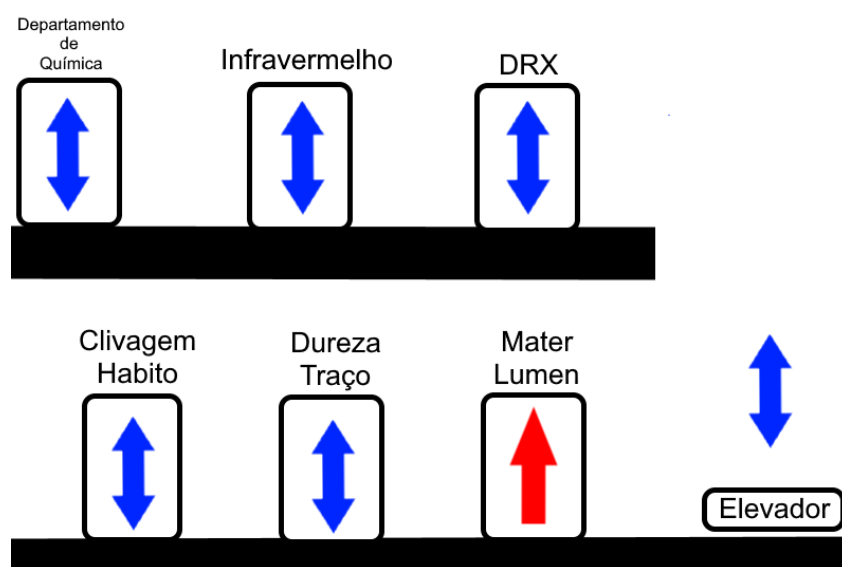
Dentro do MUSP, o jogador se deparará com sete salas de movimentação livre entre elas, permitindo-lhes ir e vir livremente, representando um passeio ao museu para a visualização de rochas e minerais. A distribuição (em quantidade) das rochas e minerais dentro do MUSP por cada categoria de rocha ou mineral são: Ígneas (10), Sedimentares (14), Metamórficas (5) e Minerais (67). Os minerais encontram-se classificados em grupos.

No final da visita, o aluno-jogador irá encontrar uma lojinha de minerais com um vendedor que lhe oferecerá quatro minerais distintos sem identificação. Nesta etapa, o aluno-jogador deverá escolher um entre os quatro minerais para passar para a segunda fase do jogo onde terá o desafio de identificá-lo. Os minerais desconhecidos são: Calcita, Pirita, Quartzo ou Fluorita.

Os testes para identificação do mineral misterioso serão realizados dentro dos laboratórios presentes na parte interna do outro ambiente virtual USP Externo. Neste segundo ambiente virtual, além dos laboratórios, há uma sala extra (denominada Departamento de Química) onde são encontradas algumas informações sobre os cursos de química do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP.

Ao escolher o mineral, o aluno-jogador será levado, portanto, ao ambiente virtual USP externo. Dentro da USP o jogador se deparará com um espaço interno composto de dois andares contendo seis salas e um elevador como mostra a representação da figura 3.

Figura 3. Fluxograma das salas da USP.

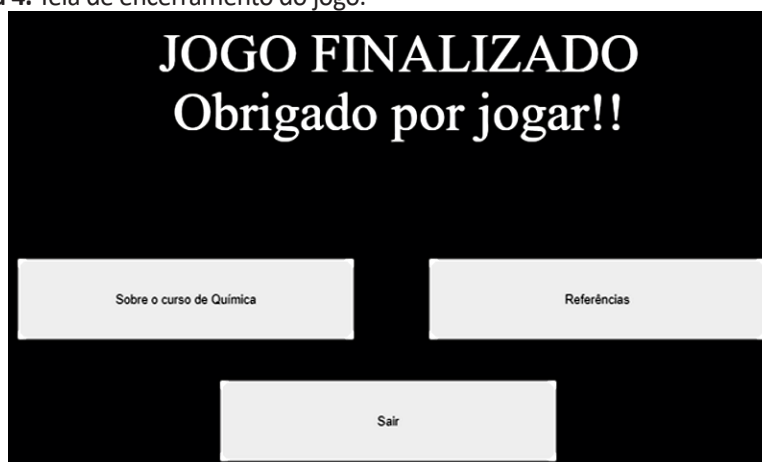


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O objetivo principal é proporcionar ao aluno-jogador o desafio para identificar o mineral escolhido na loja de acordo com suas propriedades físicas e químicas utilizando os testes propostos nas salas (clivagem/hábito, dureza/traço, DRX, Infravermelho). Além disso, de forma simplificada, interativa e lúdica, o jogador simulará o processo real de identificação de um mineral, construindo conceitos relacionados às propriedades de estado sólido e minerais. Como supracitado, uma das salas contém informações a respeito do Departamento de Química localizado na USP de Ribeirão Preto, servindo de meio de divulgação e propondo-se a estimular o conhecimento de cursos das ciências da natureza, especificamente neste caso de química. A partir das propriedades observadas após realização de todos os testes e visitas em todos os laboratórios, o jogador deverá entrar no Mater Lumen para concluir o jogo revelando o nome do mineral entregue na loja do museu.

Na figura 4 vemos a tela de encerramento do jogo.

Figura 4. Tela de encerramento do jogo.



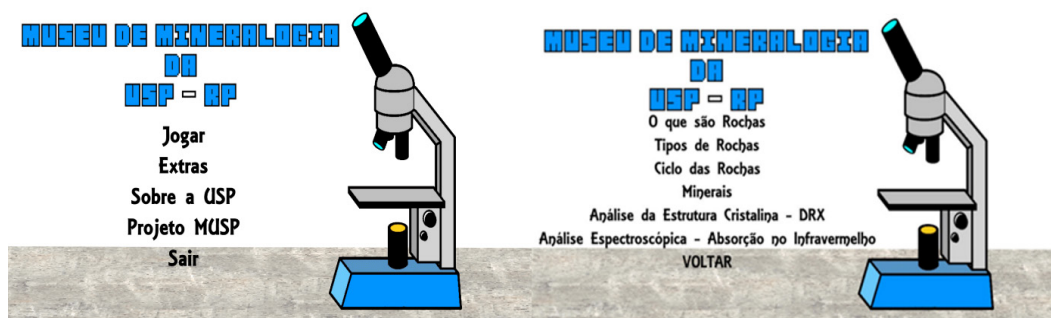
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Ao concluir o desafio ou missão, os créditos contendo o nome da professora orientadora do projeto, os nomes dos autores e participantes da criação do jogo aparecerão na tela final; e em seguida estarão disponibilizadas opções para obter mais informações dos cursos de química, bem como as referências utilizadas no material.

Na tela inicial do jogo, além do item jogar, foram elaborados outros tópicos extras para complementação deste material didático. Do lado esquerdo da figura 5 podemos ver a tela de início do jogo que permite ao aluno acessar os “extras”, que contém informações teóricas acerca de rochas, minerais, ciclo das rochas e métodos de caracterização (princípio dos métodos de DRX e Espectroscopia de absorção na região do Infravermelho), como evidenciado ao lado direito na figura 5. Há ainda uma seção sobre a USP que visa informar o aluno a respeito da universidade e as formas de ingresso e outra denominada “Projeto MUSP” que permite ao jogador ler sobre o projeto de construção do MUSP.

Em “Jogar” ele poderá iniciar o jogo.

Figura 5. Tela de início do jogo e extras.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A articulação entre o MUSP e a BNCC (2018)

A construção do MUSP seguindo a arquitetura descrita anteriormente visou abordar de forma leve e lúdica aspectos químicos relacionados principalmente com a química inorgânica, além de articular com aspectos físicos e biológicos. Seguindo as habilidades descritas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), pode-se articular os elementos e mecânicas do MUSP com as seguintes habilidades:

- EM13CNT105: Ciclos biogeoquímicos, presente na parte dos Extras, com textos explicitando o ciclo das rochas e suas mudanças ao longo do tempo.
- EM13CNT209: Tabela Periódica, presente nos diferentes tipos de rochas e minerais,

apresentados dentro do museu, podendo articular com os diferentes tipos de elementos e suas formas naturais (como são encontrados na natureza) articulando ainda com processo de extração desses elementos (EM13CNT307).

Em especial, destaca-se a habilidade de ligações químicas (EM13CNT202) em que é possível abordar a química mais objetivamente através da dureza dos diferentes tipos de rochas e minerais, articulando com os tipos de elementos químicos e a forma como esses materiais foram formados na natureza pelos seus ciclos.

Por fim, durante a caracterização do mineral, as habilidades EM13CNT301, EM13CNT302 e EMCNT303 são também trabalhadas através da investigação científica pelos minigames, comunicação de resultados através do laboratório final onde estão dispostas as propriedades do mineral. Além disso, por se tratar de um jogo científico, todos os dados coletados foram de fontes confiáveis apontadas ao final do jogo na aba de “Referências”.

Aplicação do jogo

Muito se discute sobre o uso da tecnologia e suas novas aplicações nos tempos atuais: Internet das coisas, Realidade virtual, automação e casas inteligentes. De fato, a tecnologia tomou conta da vida moderna com seus aparelhos acessíveis, como o celular, o notebook, o computador de mesa, o tablet, o kindle e etc. Na educação não pode ser diferente, a tecnologia pode ser um fator importante para o aprendizado de conceitos pelos alunos, principalmente pelo fato de muitos crescerem dentro do contexto tecnológico que os cercam.

Nas escolas os professores precisam lidar com alunos que pertencem a chamada geração de “nativos digitais” no qual a tecnologia está presente no dia a dia, portanto, consideramos que a inserção da gamificação como estratégia de ensino, e com as adequações necessárias, será uma ferramenta crucial para a contemplação dos alunos, o que pode proporcionar momentos dinâmicos e interativos nas aulas.

O questionário aplicado contou, ao todo, com 9 questões. Cada questão tinha como objetivo compreender a opinião dos alunos acerca de cada vertente dentro do jogo aplicado. As questões e os dados coletados estão nas imagens abaixo e na tabela 1. Responderam ao questionário 11 alunos.

A tabela 1 mostra os resultados obtidos em sete perguntas feitas pelos licenciandos, sendo as outras duas perguntas, analisadas no decorrer do artigo. Na tabela, 5 significava o maior nível e 1 o menor, dentre os qualificadores de cada questão.

Tabela 1. Respostas obtidas com o questionário.

PERGUNTAS	NÍVEL 1 (%)	NÍVEL 2 (%)	NÍVEL 3 (%)	NÍVEL 4 (%)	NÍVEL 5 (%)	TOTAL DE RESPOSTAS
1. Esse jogo despertou interesse em você em querer estudar mineralogia?	0	0	0	9,1	90,9	11
2. Sobre o design (parte gráfica e musical), quão agradável está?	0	0	9,1	36,4	54,5	11
3. Quanto a estruturação do jogo, quão organizado ele está?	0	0	0	9,1	90,9	11
4. Sobre a parte teórica, quanto você considera que pode ter agregado em sua formação?	0	0	0	0	100	11

5. Sobre a questão da imersão no jogo, quão imerso você se sentiu ao jogar?	0	0	0	36,4	63,6	11
6. Sobre a questão da diversão, quanto você se divertiu ao jogar?	0	0	0	9,1	90,9	11
7. Você acha que os mini testes facilitaram na compreensão das características dos minerais?	0	0	0	0	100	11

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Para a pergunta 1, nota-se que dos 11 licenciandos que responderam, 90,9% colocaram 5, ou seja, nível máximo, e 1 colocou nível 4, demonstrando que para eles, o jogo despertou bastante o interesse em querer estudar mineralogia. Quando perguntado sobre o design do jogo (parte gráfica), mais de 50% apontaram que gostaram totalmente do design, enquanto somente uma pessoa respondeu ser neutra.

Já em relação à estruturação, mais de aproximadamente 91% dos que jogaram aprovaram o design, mostrando eficiência em relação à liberdade e autonomia, mesmo com a linearização necessária no jogo. Segundo os aspectos culturais da Teoria das Cores (Silveira, 2015), no museu, foi escolhido cores mais claras próximas do branco pois traz um aspecto de harmonia e paz, mimetizando também sensações que são esperadas para um museu. Essa cor também foi utilizada nos laboratórios de química para demonstrar a sensação de ordem, equilíbrio e disciplina que há nos laboratórios. As cores mais amarronzadas representam a mistura entre o amarelo, azul e vermelho. Essas três cores trazem sensações diferentes que podem ser dosadas para tonalidades mais fortes ou mais próximas do branco. Essas cores remetem a sensações de atenção (vermelho), energia (amarelo) e conforto (azul), misturando entre si para despertar isso no aluno-jogador.

Além disso, foi perguntado aos entrevistados qual a parte que eles mais tinham gostado, e os resultados mostraram que 54,5% dos entrevistados disseram que a parte que mais chamou a atenção foi a USP, 36,4% disseram que foi o próprio MUSP e 9,1% dos entrevistados disseram que foi a parte “Extra”. Havia também um outro item denominado “nenhuma”, mas nenhum dos entrevistados respondeu esse item.

Sobre a parte teórica do MUSP, este se mostrou interessante e contribuiu para fazer articulação com as aulas, uma vez que 100% dos participantes acharam relevantes para a construção de seus próprios conhecimentos. Com base nessas respostas, ressaltamos a potencialidade do jogo de ser aplicado no ensino médio, e como a maioria dos jogadores eram licenciandos, e as respostas foram positivas, o jogo demonstra ter essa potencialidade na Educação Básica, tornando uma ferramenta para o ensino e articulação no ensino e aprendizagem envolvendo química.

Além disso, foi feita mais uma pergunta importante referente a quantas vezes eles chegaram a finalizar o jogo. Quanto às respostas, nota-se que houve um equilíbrio quanto à quantidade. Havia a possibilidade de identificar 04 minerais, então, os jogadores, visando estudar todos os quatro, poderiam finalizar o jogo 4 vezes. Os resultados mostram que 27,3% dos licenciandos analisaram os 4 minerais disponíveis.

A partir da perspectiva da gamificação, nota-se que os jogadores se sentiram imersos ao jogarem, no contexto de ensino remoto, onde as aulas não foram presenciais. O MUSP apresentou-se como um importante substituto da parte prática (normalmente realizada no ensino presencial), onde foi possível, mesmo que de forma simplificada e com simulação, ter uma breve exemplificação de identificação de um mineral com suas principais análises, contribuindo com a construção de conceitos e significativa aprendizagem do aluno. Porém, é evidente que faltam mais elementos que tornem o jogo mais imersivo, como uma sonoplastia mais trabalhada, visuais 3D ou até mesmo o uso de realidade virtual ou aumentada.

A imersão é um importante fator para jogos, visto que é a partir dela que se consegue manter o jogador focado somente naquela atividade. Esse estado de total imersão e foco é chamado de Estado de Flow (Nakamura e Csikszentmihalyi, 2009). O Estado de Flow pode se aprofundar

conforme os desafios e habilidades do jogo vão aumentando ao longo do tempo. Por se tratar de um museu virtual, não há esse aumento gradual nos desafios, porém a forma como o Museu está organizado desperta a curiosidade do jogador através dos diversos exemplares apresentados com imagens macro e microscópica com detalhes das estruturas, formas e cores.

No entanto, na segunda parte do jogo referente à caracterização do mineral, nota-se um aumento entre os desafios e habilidades uma vez que os minigames foram construídos com esse intuito, principalmente os de interpretação de gráficos (neste caso específico, os gráficos são Difractogramas e espectros) onde pode se trabalhar também com habilidades matemáticas e físicas, tornando o MUSP um jogo focado na química, mas com caráter multidisciplinar entre química, geografia, matemática, biologia e física. Mesmo com o Estado de Flow prevalecendo e aumentando somente no final, os alunos ainda se divertiram ao jogar, demonstrando ser uma atividade motivadora e estimulante para o aprendizado dos alunos no ensino médio sobre mineralogia.

Por fim, os licenciandos demonstraram alcançar o objetivo do jogo de aprender como se identifica e caracteriza um mineral, comprovando o Estado de Flow e uma aprendizagem a respeito desses aspectos de mineralogia. Um problema encontrado após a aplicação do jogo foi a respeito do jogo ser ou não inclusivo. Por ser um jogo feito somente por dois autores e com um orçamento e tempo limitado, a questão da inclusão não foi devidamente pensada. Houve preocupação para que houvesse textos e descrições claras para que uma grande maioria pudesse jogar, incluindo pessoas com surdez e dificuldades motoras abaixo da cintura. Entretanto, pessoas com dificuldades óticas não conseguirão jogar seguindo somente os sons, podendo haver expansão desse jogo futuramente com atualizações que possam tornar esse jogo mais inclusivo para esses estudantes.

Considerações Finais

Desenvolver novos recursos à base de gamificação, ou a construção de novos jogos digitais, como o MUSP, não é uma tarefa simples, e envolve um complexo conjunto de parâmetros que precisam ser cuidadosamente planejados e criticamente construídos, sendo necessária uma avaliação do jogo para análise de suas potencialidades e aplicações no ensino.

A partir do jogo criado é possível trazer uma perspectiva gamificada e tecnológica no ensino, possibilitando a aproximação entre a educação e os nativos tecnológicos. A partir dessa ótica, o MUSP foi criado. A avaliação de aplicação do jogo como material didático para o ensino de Mineralogia revelou resultados animadores com relação ao interesse nos alunos em estudar mineralogia, trazendo uma forma divertida e interativa, o quão interessante foi o design e a estruturação do jogo, a relevância da parte teórica complementar ao estudo, além de trazer conclusões significativas quanto à facilitação na construção do conhecimento a partir dos mini testes para levantar características e identificação dos minerais.

Neste artigo buscou-se colocar em evidência a comprovação da hipótese de que o jogo MUSP pode trazer (e trouxe) um impacto significativo aos estudantes de química, especialmente para a disciplina de mineralogia, mostrando-se ser uma ferramenta poderosa, estimulante e complementar de ensino, impacto este estimado a partir dos resultados do formulário aplicado aos alunos de licenciatura em química. O jogo foi aplicado em um momento de realização de ensino remoto emergencial decorrente da pandemia do coronavírus, com articulação dos conteúdos teóricos com a parte prática. A proposta de demonstração da parte prática de forma interativa usando simulação e ambiente virtual pode ser usada de forma complementar à parte prática realizada de forma presencial dessa disciplina, ou mesmo ser aplicada de forma digital em cursos com escassos recursos da parte experimental de mineralogia.

A partir do questionário entregue aos alunos no final do semestre, foi relatado que o jogo auxiliou na compreensão de conceitos fundamentais sobre aspectos da mineralogia, bem como mostrou o quão interessante pode ser a aplicação deste tipo de jogo na educação para construção do conhecimento. O jogo fez com que os alunos atingissem o estado de Flow, trazendo um caráter imersivo, aproximando o aluno dos conteúdos, motivando-o a construir seu próprio conhecimento e demonstrando forte potencial para o uso de jogos na educação.

Infelizmente com a instalação da pandemia e sua duração por um período extenso, não foi possível aplicar o jogo no ensino médio. Deste modo, este trabalho deixa como principal perspectiva

a aplicação do jogo no ensino médio, especialmente em escolas com escassos materiais didáticos para aulas práticas envolvendo rochas e minerais. Ressalta-se ainda que em um país de grande extensão territorial como o nosso, a presença rara de uma coletânea de minerais e rochas nas escolas ou mesmo Museus de história natural e mineralogia em muitas cidades e regiões, torna este jogo uma espécie de Museu itinerante, podendo ser levado nas mais remotas escolas e regiões do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Pró-Reitoria de Graduação da USP para o desenvolvimento do projeto “Gamificação e a Inclusão de Jogos na Educação: Uma Nova Forma de Ensinar Voltada ao Campo das Ciências Da Natureza”, bem como às agências de fomento Capes, CNPq, Fapesp e INCT-INFO.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Secretária de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base. Terceira Versão.** Brasília: Ministério da Educação, 2018.

CARNEIRO, Celso Dal Ré; BARBOSA, Ronaldo; PIRANHA, Joseli Maria. Bases teóricas do projeto Geo-Escola: uso de computador para ensino de Geociências. **Brazilian Journal of Geology**, v. 37, n. 1, p. 90-100, 2007.

CGI.BR – COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil – TIC Domicílios e Empresas 2019.** Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20201123121817/tic_dom_2019_livro_eletronico.pdf. Acesso em: 24 jan. 2022.

SILVA, Leo Victorino da. Tecnologias digitais de informação e comunicação na educação: três perspectivas possíveis. **Revista de Estudos Universitários-REU**, v. 46, n. 1, p. 143-159, 2020.

FUMAGALLI, Laura. O ensino de ciências naturais no nível fundamental de educação formal: argumentos a seu favor. *In*: WEISSMANN, Hilda (Org.). **Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões.** Porto Alegre: ArtMed, 1995.

HERZOG, Rodrigo Castelo Branco *et al.* Probabilidade na Educação Básica: Uma proposta de jogo como recurso didático. **Em Teia - Revista de Educação Matemática e Tecnológica Ibero Americana**, v.10, n.2, 2009.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. O brinqueado na educação: considerações históricas. **Série Idéias**, v. 7, p. 39-45, 1995.

NAKAMURA, Jeanne; CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Flow theory and research. **Handbook of positive psychology**, p. 195-206, 2009.

PNAD, I. Pesquisa nacional por amostra de domicílio—pnad—acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal: 2017. **Coordenação de Trabalho e Rendimento.** Rio de Janeiro. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101631_informativo.pdf. Acesso em: 2 ago. 2019

ROCHA, Joselayne Silva; VASCONCELOS, Tatiana Cristina. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. **[Anais] ...XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA**, v. 18, 2016.

SANTANA, Eliana Morais de; REZENDE, Daisy de Brito. O Uso de Jogos no ensino e aprendizagem de

Química: Uma visão dos alunos do 9º ano do ensino fundamental. XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA. [Anais]... Curitiba-PR, 2008.

SILVEIRA, Luciana Martha. **Introdução à teoria da cor**. Curitiba: UTFPR Editora, 2015. p. 113-124.

Recebido em 29 de janeiro de 2022.

Aceito em 19 de dezembro de 2022.