

Levantamento de jogos imersivos aplicáveis em um contexto de ensino de Ciências da Natureza para anos finais do Ensino Fundamental

Eduardo Cortez¹, Romero Tori², Camila Fernandez Achutti³

Abstract

According to the Brazilian guidelines for basic education (BNCC), teachers must address, in their classes, technological and socioemotional skills, altogether with the theoretical contents. In order to provide guidance in this task, we focused on the axis named “Life and Evolution” of the Science curriculum for Middle School and took inventory of educational and immersive games which are free to play, available online or as mobile apps, able to address these curricular contents. By the end of this inventory, we found 11 educational and immersive games which fulfilled the determined criteria – fact that indicates the necessity to major investments for the development of this kind of resource. We finished this work submitting these games through a qualitative analysis, able to map the overall quality of the game, how immersive it is and the state of balance between its immersive and educational aspects.

Keywords: science teaching, immersive games, BNCC, game-based learning.

Resumo

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), professores de educação básica devem trabalhar em suas aulas competências tecnológicas e socioemocionais junto aos conteúdos teóricos. A fim de providenciar auxílio a essa tarefa, focamos sobre os conteúdos do eixo “Vida e Evolução” destinados aos anos finais do Ensino Fundamental e fizemos um levantamento de jogos educacionais e imersivos, disponíveis gratuitamente online ou como aplicativos para plataformas móveis, que atenderiam a essa temática. Ao fim deste levantamento, encontramos 11 jogos educativos e imersivos que atendem às características propostas – o que nos indica ser necessário maiores investimentos no desenvolvimento desse tipo de recurso. Finalizamos submetendo esses jogos a uma análise qualitativa para mapear a qualidade global do jogo, o quanto ele é imersivo e qual a proporção de aspectos imersivos e educativos.

Palavras-chave: ensino de ciências, jogos imersivos, BNCC, aprendizagem baseada em jogos.

1 Pós-Graduando(a) em Computação Aplicada à Educação, USP, <eduardo.pessoaia.cortez@usp.br>.

2 Orientador, Escola Politécnica - USP, <tori@usp.br>.

3 Co-orientadora, IME-USP, <achutti@ime.usp.br>.

1. Introdução

Há tempos se estabeleceu que o aluno, ao pisar na sala de aula, não se apresenta como uma *tabula rasa*, mas já carrega consigo uma compreensão sobre como o mundo funciona e sobre como ele próprio é capaz de aprender. Essa experiência foi construída a partir do contexto em que se vive e dos recursos que se têm disponível. Uma vez que tal contexto e tais recursos mudam ao longo do tempo, entre as diferentes gerações de aprendizes, John Dewey chama a atenção para o fato de que os materiais e métodos de ensino devem ser constantemente replanejados e adaptados aos atuais aprendizes [Dewey, 1997].

Alinhando-se a essa perspectiva de que o contexto atual requer novas propostas de ensino e aprendizagem, a publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza a importância de se abordar conteúdos e habilidades que não eram tradicionalmente contemplados até um passado recente. Dentre esses novos tópicos, destacamos como exemplo as competências gerais relacionadas à utilização e produção de tecnologias digitais (competência geral nº 5) e ao desenvolvimento socioemocional do indivíduo (competência geral nº 8) [Brasil, 2017, pp. 9-10]. Na mesma linha de pensamento e com escopo mais amplo, existem os estudos a respeito das habilidades e competências fundamentais para os alunos do século XXI [National Research Council, 2012], que serviram de inspiração para a BNCC e também para outras propostas curriculares mundiais. Esses estudos também enfatizam a importância de sistemas educativos buscarem desenvolver estes dois pontos com seu alunado: competências socioemocionais e competências tecno-lógicas.

É importante notar que esses documentos oficiais estimulam que cada uma das disciplinas tradicionais em nosso currículo incorpore práticas que conduzam o aluno a desenvolver tais competências, em paralelo à aprendizagem dos conceitos disciplinares. Essa nova demanda de trabalho pode acabar por constituir um novo desafio ao professor e aos autores de material instrucional. Pensando sobre a competência geral nº 5, que trata de tecnologia, por exemplo, temos a informação de que apenas cerca de 50% dos professores de áreas urbanas no Brasil teriam tido algum tipo de formação para a utilização de tecnologias digitais durante suas graduações [CETIC.BR, 2018a].

A quantidade de professores que estão sendo formados sem uma preparação técnica para trabalhar com tecnologia em suas aulas torna-se mais chamativa ao lembrarmos que, antes da BNCC, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) já apresentavam essa demanda [Brasil, 1998]. Os PCNs tratavam sobre a utilização de diferentes mídias em geral e agora a BNCC intensifica a importância atribuída às tecnologias digitais, isto é, recursos mais fortemente relacionados a computadores e à internet [Fuza & Miranda, 2020]. Há, portanto, uma necessidade de intensificar esforços para preparar os professores em formação, em relação às tecnologias digitais, e amparar os já formados e atuantes.

Ao se analisar a BNCC na íntegra, vê-se que a concepção a respeito de que tipos de tecnologia digital devem ser utilizados, bem como a finalidade a que essas tecnologias devem se destinar varia de acordo com a etapa educacional e, dentro da etapa, também de acordo com cada área do conhecimento [Brasil, 2017; Fuza & Miranda, 2020]. Em função disso, traçamos agora um recorte em termos de etapa educacional e disciplina, para dar-mos prosseguimento com nossa análise. Nesse recorte, seguimos as recomendações de Maria Amélia Franco, de que pesquisas educacionais não devem se desassociar da experiência prática e das referências experimentadas pelo pesquisador [Franco, 2003] e, assim, voltamos nossa atenção aos aspectos biológicos no currículo de Ciências da Natureza para os anos finais (6º a 9º ano) do Ensino Fundamental – área de atuação profissional e aca-

dêmica do primeiro autor deste trabalho.

De acordo com a BNCC, os conteúdos biológicos a serem lecionados de 6º a 9º ano do Ensino Fundamental são: “Célula como unidade de vida”, “Interação entre os sistemas locomotor e nervoso”, “Diversidade de ecossistemas”, “Fenômenos naturais e impactos ambientais”, “Programas e indicadores de saúde pública”, “Mecanismos reprodutivos”, “Sexualidade”, “Hereditariedade”, “Ideias evolucionistas” e “Preservação da bio-diversidade”, que se encontram agrupados no eixo “Vida e Evolução” da BNCC [Brasil, 2017, pp. 343-350]. Nesta etapa educacional e, dentro destas temáticas, os recursos tecnológicos empregados pelos professores devem ter o foco de facilitar a compreensão de conhecimentos abstratos, permitindo ao aluno visualizar fenômenos de difícil acesso às crianças, em função de aspectos técnicos e financeiros, tais como experimentos e observações difíceis de serem reproduzidos em condições escolares [Brasil, 2017, pp. 321-331; Fuza & Miranda, 2020, pp. 14-17].

Com essa concepção de tecnologia em mente e sem perder de vista a informação de que a BNCC ainda estabelece que o trabalho do professor considere o desenvolvimento das habilidades e competências socioemocionais de seus alunos, voltamos nossa atenção para os jogos digitais – elemento que faz parte da cultura da atual geração de alunos, atendendo a demanda de Dewey (1997), e cuja literatura indica que podem ser utilizados com marcante potencial educativo tanto sobre conceitos específicos quanto sobre competências mais amplas, tais quais as socioemocionais [Gee, 2013; McGonigal, 2011; Prensky, 2012]. Nosso objetivo, ao longo deste trabalho, será de realizar um levantamento de jogos já disponíveis no mercado, capazes de servir tanto como ferramenta para o ensino e aprendizagem de conteúdo curricular quanto para o desenvolvimento das competências tecnológicas e socioemocionais.

1.1. Sobre jogos digitais e aprendizagem

Segundo Jane McGonigal, a experiência de jogo tem o potencial de conduzir o aluno em um processo de autodescoberta: o jogador experimenta diferentes emoções - positivas e negativas - enquanto joga, e está em um ambiente seguro para isso. No ambiente virtual o aluno também tem a oportunidade de receber novas chances de enfrentar um mesmo desafio até finalmente completá-lo. Assim, os jogos configuram um ambiente em que é possível aprimorar habilidades. McGonigal diz ainda que o jogador irá acabar descobrindo o que gosta e o que não gosta, definindo um estilo pessoal de abordar os desafios que lhe são impostos [McGonigal, 2011].

Marc Prensky indica que os jogos digitais já são elementos culturais da atual geração de alunos e, por meio deles, esses alunos-jogadores constroem uma diversidade de aprendizagens a partir da formulação e testes de hipóteses, construindo conhecimento sobre o ambiente de jogo pelo método da indução. Em função de promoverem oportunidades de aprendizagem por investigação em um contexto instigante, os jogos digitais oferecem uma das metodologias educativas que mais faz sentido para a atual geração na visão de Prensky (2012).

Para além das aprendizagens sobre o universo do jogo virtual, os jogadores compartilham discussões, impressões, produzem e/ou consomem obras derivadas. Assim, pode-se afirmar que os jogos promovem, de fato, uma assimilação de cultura digital e é capaz de instigar discussões sobre cidadania digital [Ebert, 2020].

Outro benefício de se adotar jogos digitais como ferramenta de ensino e aprendizagem, é o fato de alunos-jogadores conseguirem transpor para outras disciplinas e tarefas as habilidades que foram desenvolvidas por meio dos jogos: segundo Prensky, alunos que têm o hábito de jogar apresentam um processo mais refinado para o desenvolvimento e

teste de hipóteses e são capazes de comunicar suas estratégias com mais clareza [Prensky, 2012, p. 44]. Essa transposição de aprendizagens também foi documentada por James Paul Gee: para o autor, jogadores geralmente se mostram mais curiosos, criativos, aptos a aceitação de erros e com melhores competências cognitivas quando comparados a pes-soas que não têm o hábito de jogar [Gee, 2013].

Pensando especificamente no jogo digital como uma ferramenta para desenvolver habilidades relacionadas à tecnologia, Eric Klopfer, Scot Osterweil e Katie Salen apon-tam que os jogadores exploram o ambiente de jogo e, ao testarem os limites das regras desse ambiente virtual constroem aprendizagens sobre o funcionamento dos recursos tec-nológicos que estão utilizando [Klopfer, Osterweil & Salen, 2009, pp. 5-6].

Essa experiência de jogar e analisar um jogo digital e discutir o que está acontecendo pode ser facilmente conectada a aulas de programação e/ou ao desenvolvimento do pensamento computacional [Rodriguez *et al.*, 2015; Werner, Campe & Denner, 2005]; e a própria experiência de contato com os jogos é documentada como capaz de fazer com que o aluno se desenvolva como uma pessoa mais confiante e aberta em relação à utili-zação e exploração de novas tecnologias [Bertozzi & Lee, 2007; Hayes & Ohrnberger, 2013].

Ainda uma outra perspectiva levada em consideração neste trabalho é a da pes-quisadora Selja Tanskanen, que fez um levantamento de características de jogos capazes de gerar a sensação de imersão – a saber: interatividade, narrativa, trabalho com aspectos psicológicos (motivação, emoções e aspectos sociais), aspectos de *design* (metas, recom-pensas, aspectos visuais e aspectos sonoros) e integração desses elementos para promoçõ de estado de fluxo – e, durante sua análise, evidenciou uma correlação entre imersão e conexão emocional entre o jogador e a narrativa oferecida pelo jogo. Tanskanen enfatizou que, particularmente por meio do jogo imersivo, os jogadores têm a chance de experi-mentar diferentes emoções, sentindo-se transpostos ao ambiente virtual [Tanskanen, 2018]. Entendemos que tal oportunidade de experimentar diferentes emoções tem um grande potencial para contribuir ao desenvolvimento de habilidades socioemocionais e, por isso, agora nos focamos nos jogos que podem ser considerados imersivos.

1.2. Definindo “jogos imersivos”

O conceito de “imersividade” em jogos ainda não alcançou uma definição padrão e única na literatura. Em função disso, para discutir e definir “imersão”, consideramos três traba-lhos de revisão bibliográfica [Cairns, Cox & Nordin, 2014; Qin, Rau & Salvendy, 2009; Tanskanen, 2018], um manual sobre *design* de jogos [Sato, 2009] e um relato de desen-volvimento e validação de jogo educativo [Marsh *et al*, 2005]. Duas das revisões lidas defendem que a característica de imersividade de um jogo só pode ser verificada a partir da experiência dos jogadores, e não pré-definidas pelos desenvolvedores [Cairns, Cox & Nordin, 2014; Qin, Rau & Salvendy, 2009], ao passo que a outra revisão defendia que um jogo pode ser planejado com elementos de *design* visando a produção de imersão em seus jogadores [Tanskanen, 2018]. Adriana Sato (2009), em seu trabalho com diretrizes para a produção de um jogo também indica que os desenvolvedores devem planejar o aspecto imersivo de seu *software* durante as diferentes etapas de desenvolvimento – perspectiva que Tim Marsh e colaboradores (2005) também utilizaram no desenvolvimento de seu próprio jogo educacional.

Apesar dessa diferença de perspectiva, os diferentes autores consistentemente identificaram e enfatizaram uma forte ligação entre imersão e conexão emocional cons-truída entre o jogador e a narrativa do jogo. No entanto, o que é chamado de narrativa poderia ser tanto a história pré-definida para o jogo, quanto a história de eventos passados

com o avatar do jogador – especialmente em jogos *online* multijogadores que não tenham metas tão explícitas –, ou pode ser ainda uma mistura desses dois conceitos. A percepção de que a narrativa poderia surgir a partir das próprias intenções e atitudes do jogador ao controlar seu avatar e que esse estilo de narrativa pode ser descrita como tão imersiva quanto uma história pré-defina, levou todos os autores apontados a elencarem mais um elemento comum como gerador de imersão: a sensação de controle por parte do jogador.

Por “controle”, todos os autores contemplaram tanto o controle de um avatar na tela de jogo ou o controle de elementos por manipulação direta, em uma perspectiva de primeira pessoa. Foi mapeado também que, se um jogo fosse capaz de passar a impressão de que as atitudes do jogador provocam consequências naquele mundo virtual, isso poderia acarretar uma sensação de imersão ainda mais intensa. Essa perspectiva associa, por-tanto, a característica de controle à narrativa pré-estruturada do jogo.

Para além desses dois elementos, os diferentes trabalhos abordam a influência de elementos sociais e de configurações para multijogadores, mas sem consenso sobre a relevância desses aspectos. A predisposição do jogador para se deixar sentir imerso no jogo é discutida nas revisões da literatura [Cairns, Cox & Nordin, 2014; Qin, Rau & Salvendy, 2009; Tanskanen, 2018], mas não nos textos que focam mais em *design* [Marsh *et al.*, 2005; Sato, 2009] e, mesmo entre as revisões literárias há uma discordância em relação a como a experiência vivida durante o momento de jogo pode ser mais ou menos importante que a predisposição do jogador para que a imersão realmente ocorra. Tanskanen (2018) joga luz sobre aspectos técnicos dos jogos, como aspectos de vídeo e som que são capazes de impactar a experiência imersiva, ao passo que Cairns, Cox e Nordin (2014) e Qin, Rau e Salvendy (2009) discutem mais a fundo como a própria estrutura dos testes de imersividade aplicados a jogadores podem enviesar os resultados de um levantamento sobre imersividade.

Em função destas disparidades, concentramo-nos apenas nos dois primeiros fatos apontados e iremos considerar neste trabalho como “jogo imersivo” jogos que possuem narrativa estruturada e que ofereçam aos jogadores mecanismos de controle de seu deslocamento e interação com o mundo virtual.

1.3. Escopo da pesquisa

Partindo-se do panorama teórico apresentado, este estudo tem como principal objetivo o levantamento e análise de jogos imersivos que tenham potencial educativo referente aos aspectos biológicos do currículo de Ciências para os anos finais do Ensino Fundamental de acordo com a BNCC [Brasil, 2017, pp. 326-351].

Levamos ainda em consideração apontamentos realizados pela pesquisa TIC-Educação de 2018, feita a partir de um levantamento em 60.677 escolas rurais e 74.907 escolas urbanas, que indicam que apenas 45% das escolas rurais têm acesso à internet; e, no ambiente urbano, esse número é de 98%. Dentre o escopo de escolas que têm acesso à internet, 20% das escolas urbanas e 43% das escolas rurais não permitem que seus alunos utilizem a conexão sem fio da escola - no caso das escolas rurais, 16% realmente não têm sequer a conexão sem fio instalada; enquanto que, entre as escolas urbanas, esse número é de 8%. Somados a esses dados, as pesquisas ainda mapearam que apenas 16% das escolas rurais possuem um laboratório de informática, e apenas 17% deixam os alunos utilizarem o celular em sala de aula. Dentre as escolas urbanas, 63% possuem laboratório de informática, mas, do total de escolas, apenas 48% utilizam esse espaço de fato [Cetic.Br, 2018a]. Esses dados colocam em evidências que há um grande número de escolas que

não possui grande infraestrutura para incorporar a tecnologia à educação. Em contrapartida, dentre 18.416.759 jovens entre 10 e 15 anos de todo o Brasil, 86% utilizam a internet em seu próprio celular [Cetic.Br, 2018b].

Se, por um lado, a diferença entre esses valores justifica o fomento à incorporação de tecnologia em sala de aula, por outro, qualquer medida a ser sugerida deve levar em consideração a limitação de infraestrutura que pode ser encontrada. Em função disso, essa pesquisa limitará seu levantamento a jogos gratuitos que possam ser executados como aplicativos para celular ou que estejam disponíveis online e possam ser acessados a partir do navegador de internet e que, de preferência, mas não necessariamente, também ofereçam suporte para plataformas móveis.

2. Metodologia

O processo de mapeamento e curadoria de jogos digitais que almejamos é fundamentalmente um processo de análise qualitativo. Mais do que identificar quantos jogos estão disponíveis hoje no mercado, desejamos mapear a que tema específico dentro do escopo elencado esses jogos podem ser relacionados, e desejamos qualificar cada jogo como sendo ou não um bom instrumento pedagógico. Essa abordagem pode ser comparada à aplicação da ferramenta de análise LORI (*Learning Object Review Instrument*) – instrumento que pode ser considerado um marco para a análise de conteúdo digital com fins educativos (Gregolin & Medeiros, 2017; Leacock & Nesbit, 2007).

Apesar de o LORI ser um instrumento de referência, Leandro Medeiros e Juliano Schimiguel (2012) perceberam que ele não é o instrumento ideal para avaliação de jogos, uma vez que os jogos terão características únicas, não compartilhadas com simulações, objetos 3D e vídeos, por exemplo. Para contornar as limitações do LORI, esse autores propuseram seu próprio *framework* de análise, inspirando-se na ferramenta *Gameflow*, desenvolvida por Penelope Sweetser e Peta Wyeth (2005); o intuito de Medeiros e Schimiguel era medir o prazer produzido por um jogo e, para chegar em um instrumento capaz de fazer tal medição, realizaram uma mistura das listas de critérios apresentados em LORI e em *Gameflow*. Hoje, temos acesso a ferramentas mais robustas de avaliação, especializadas em jogos educacionais, sendo algumas até mesmo voltadas para áreas específicas do conhecimento [por exemplo Medeiros, 2014; Callaghan *et al.*, 2016].

Ao analisarmos, então, os diferentes frameworks conhecidos, seu escopo e o enfoque que forneciam ao aspecto imersivo do jogo, elegemos trabalhar com o mapeamento de diretrizes fornecido por Amer Ibrahim e colaboradores (2012) – trata-se de um conjunto de 75 diretrizes, organizadas em 13 categorias, que é destinado à elaboração e análise de jogos educativos em geral e tem por objetivo definir características básicas a serem aplicadas a um jogo com caráter divertido e pedagógico (essas diretrizes serão apresentadas com maior profundidade na seção 2.3).

A respeito do processo de levantamento dos jogos, considerou-se que esses recursos digitais poderiam ser encontrados disponíveis em duas formas distintas: na forma de aplicativos a serem instalados em celulares via lojas nativas do sistema operacional ou na forma de recursos *online* a serem acessados por meio do navegador de internet.

Para o levantamento de aplicativos, considerou-se os sistemas Android e iOS como sistemas operacionais móveis presentes nas escolas [Statcounter, 2020]. Determinou-se que o processo de levantamento de jogos se iniciaria pela loja Google Play (Android), mapeando-se potenciais jogos gratuitos, imersivos e com caráter educativo e, depois, seria verificado se esse jogo também estaria disponível na loja AppStore (iOS) e se também seria gratuito nessa loja, só prosseguindo dentro do escopo desta pesquisa se

essas condições fossem satisfeitas.

Para levantamento dos jogos *online*, acessíveis via navegador, utilizou-se a base de dados *Serious Game Classification* (serious.gameclassification.com). Essa plataforma *online* foi criada com o propósito de fornecer suporte a pesquisas sobre jogos educacionais e tem seu sistema de classificação baseado no modelo G/P/S (*Gameplay / Purpose / Scope*) – o que poderia ser traduzido por Jogabilidade (como o jogador interage com o jogo) / Propósito (se o jogo visa a transmissão de uma mensagem, desenvolver habilidades ou servir como plataforma de troca de dados entre usuários) / Escopo (o tipo de público a quem o jogo se destina) –, proposto por Damien Djaouti, Julian Alvarez e Jean-Pierre Jessel (2011), e que tem sido consistentemente alimentada com novos jogos e utilizada como fonte de dados para pesquisas – alguns exemplos: Azizi & Arbai (2017); De Lope & Medina-Medina (2016); Ohannessian *et al.* (2016).

2.1. Palavras-chave utilizadas

A Base Nacional Comum Curricular estabelece que o eixo “Vida e Evolução” para os anos finais do Ensino Médio deve abordar “Células como unidade de vida”, “Interação entre os sistemas locomotor e nervoso”, “Diversidade de ecossistemas”, “Fenômenos naturais e impactos ambientais”, “Programas e indicadores de saúde pública”, “Mecanismos reprodutivos”, “Sexualidade”, “Hereditariedade”, “Ideias evolucionistas” e “Preservação da biodiversidade” [Brasil, 2017, pp. 343-351]. Com base nisso, alguns ensaios de pesquisa foram feitos para que se pudesse definir as melhores palavras-chave a serem utilizadas.

Tentando-se apenas a palavra “Biologia”, notamos que não seríamos capazes de cobrir todos os temas propostos pela BNCC. Ao sermos muito minuciosos e trabalharmos com uma lista extensa dos subtópicos da Biologia, incluindo “Citologia”, “Imunologia”, “Taxonomia”, entre outros, percebeu-se que os aplicativos encontrados facilmente escapavam da ideia de um jogo e tornavam-se muito focados no ensino superior. Isso nos levou a reduzir as palavras-chave para expressões menos técnicas, mais relacionadas à própria estrutura do tópico apresentado pela BNCC e, assim, chegamos à seguinte lista: Biologia (*Biology*); Célula (*Cell*); Corpo Humano (*Human Body*); Fisiologia (*Physiology*); Ecologia (*Ecology*); Parasitoses (*Parasitoses*); Genética (*Genetics*); e Evolução (*Evolution*). Exclarecemos que, em função da própria estrutura das ferramentas de busca escolhidas, cada uma dessas palavras-chave seria pesquisada de maneira separada – o que seria equivalente a utilizar um separador “ou” em ferramentas capazes de aceitar múltiplas palavras-chave.

Consideramos importante realizar as buscas tanto em inglês quanto em português dentro da loja *Google Play*, pois percebeu-se que, efetivamente, a diferença do idioma poderia retornar diferentes resultados. Na plataforma *Serious Game Classification*, as buscas aconteceram apenas em inglês, uma vez que a plataforma é totalmente construída nesse idioma, mesmo contendo jogos de diversas origens. Consideramos, ainda, que inventariar jogos em inglês não seria um problema, pois muitos brasileiros já têm o costume de consumir jogos nesse idioma [Larghi, 2019].

2.2. Critérios para a seleção de jogos

A primeira linha de corte aplicada aos recursos digitais encontrados nas buscas realizadas foi a verificação a respeito de eles, de fato, atenderem aos critérios apresentados por Jane McGonigal (2011) a respeito do que é um jogo: um recurso que forneça ao jogador um objetivo bem definido, com regras claras a respeito do que é possível ou não fazer nesse ambiente virtual e que é capaz de fornecer feedback imediato, de acordo com as atitudes

do jogador. McGonigal ainda elenca como quarto critério para a definição de jogo a participação voluntária do jogador. Esse critério não pode ser avaliado dentro do aplicativo em si, dizendo respeito principalmente ao contexto de jogar; portanto ele não é parte dessa primeira linha de corte, mas irá permear a discussão proposta sobre a utilização de jogos no processo de ensino e aprendizagem.

A avaliação do cumprimento desses critérios definidores de jogo se deu pela leitura da descrição disponível e análise das imagens de prévia apresentadas na loja de aplicativos e na base de dados explorada. Aqueles recursos que apresentavam uma descrição claramente em desacordo com a definição de “jogo” de McGonigal foram imediatamente descartados do processo de análise.

Durante essa fase de exploração inicial dos jogos, uma nova linha de corte foi aplicada, concernindo agora o papel educativo do jogo. Tomando-se por base a BNCC, jogos que não abordavam os tópicos elencados no componente "Vida e Evolução" do currículo de Ciências da Natureza para os anos finais do Ensino Fundamental foram excluídos da análise.

Finalmente, uma terceira linha de corte foi aplicada aos jogos levantados com base no fato de eles apresentarem design imersivo ou não. Aqui, buscou-se pelos dois elementos comuns encontrados em diversas definições de jogos imersivos: narrativa estruturada do jogo e mecânicas que permitem ao jogador controlar sua exploração e interação no ambiente virtual (Cairns, Cox & Nordin, 2014; Kenski, 2019; Marsh et al., 2005; Novak, 2017; Qin, Rau & Salvendy, 2009; Sato, 2009; Tanskanen, 2018). Jogos que claramente fugem a essa definição e que seriam, portanto, descartados são jogos que simulam tabuleiros ou cartas, jogos de estratégia (como Age of Empires ou Civilization VI), jogos no estilo quebra-cabeça (como Angry Birds ou Cut the Rope), jogos no estilo quiz e jogos de esporte, por não apresentarem o elemento narrativa. Jogos incrementais - também conhecidos como jogos *idle* (como Cookie Clicker ou Fazenda Feliz) também foram descartados, por destituírem o jogador da sensação de controle do jogo.

Esses três filtros foram aplicados tanto aos jogos para plataformas móveis quanto aos jogos *online*. Depois disso, foi aplicado um quarto filtro, agora específico para o tipo de jogo em questão. Para os jogos *mobile*, esse quarto filtro tratou de verificar se os aplicativos encontrados como resultados até então, na loja *Google Play*, também estariam disponíveis gratuitamente na loja *AppStore*; para os jogos *online*, o quarto filtro tratou de verificar se eles realmente poderiam ser acessados diretamente pelo navegador de internet, sem requerer instalação. Os jogos que permaneceram em nossa lista após essa última etapa de seleção são os nossos resultados finais do levantamento realizado, e foram eles que submetemos à análise qualitativa de acordo com as diretrizes estabelecidas por Ibrahim e colaboradores (2012), detalhadas a seguir.

Esse processo de seleção, com suas 4 etapas de filtragem de resultados, é sintetizado na Figura 1.

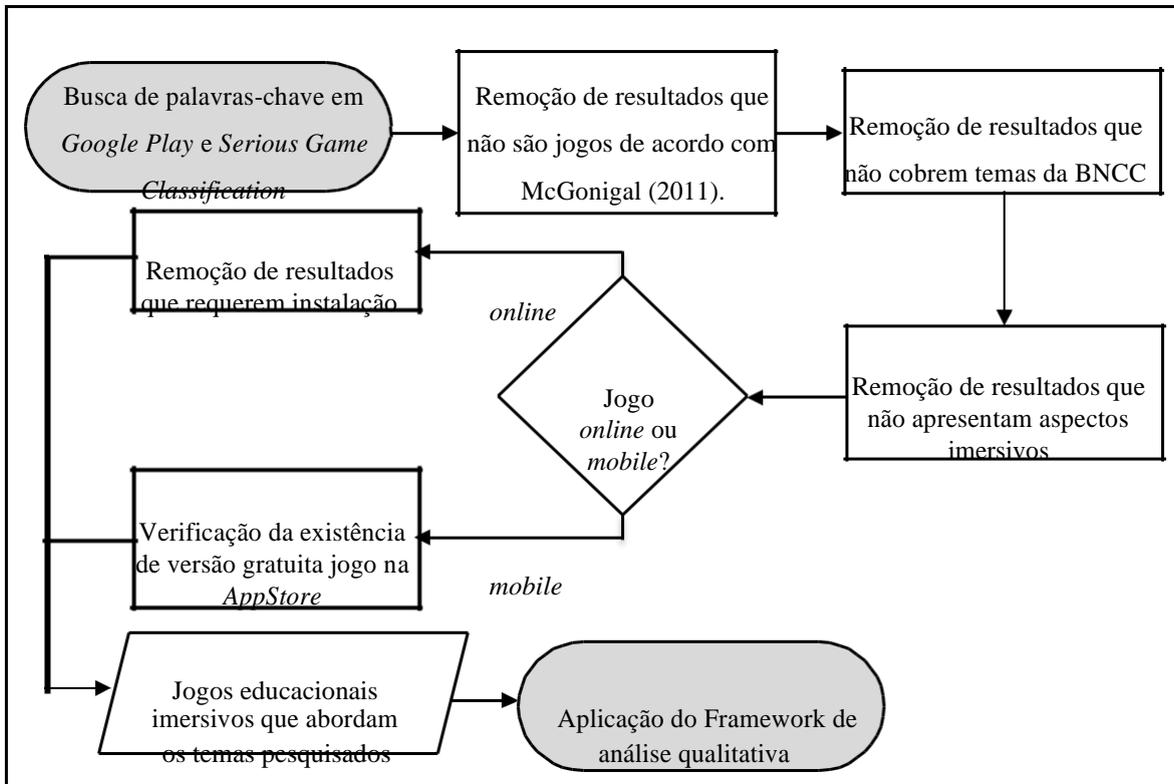


Figura 1: Síntese do processo de seleção de jogos

2.3. Framework para análise dos jogos selecionados

Após extensa revisão da literatura sobre jogos educacionais, Amer Ibrahim e colaboradores inventariaram uma lista de características que tornavam essa mídia digital ao mesmo tempo um bom jogo e boa ferramenta educacional. Esse inventário de características foi convertida pelos autores em diretrizes para produção de um bom jogo educacional [Ibrahim *et al.*, 2012]. Esse trabalho indica um total de 75 diretrizes organizadas entre os tópicos “Objetivos relacionados à jogabilidade”, “Objetivos educacionais”, “Equilíbrio entre objetivos de aprendizagem e diversão”, “Desafios”, “Feedback”, “Interatividade”, “Adaptação” (como o jogo pode ser adaptado às necessidades do jogador), “Controle” (como o jogador interage com o jogo), “Ética”, “Realismo”, “Recompensas”, “Estruturação” (referente aos aspectos estéticos do jogo), e “Conhecimentos do jogador” (a respeito de como o jogo valoriza conhecimentos prévios e instiga o estabelecimento de conexões entre jogo e realidade). Disponibilizamos a lista completa, traduzida, em <http://bit.ly/Di-retrizesIbrahim>.

Os próprios autores discutem que não é necessário que todas as diretrizes tenham sido seguidas para a produção de um bom jogo educacional, mas indicam que, quanto maior o número de diretrizes cumpridas, maior será o potencial do jogo tanto como ferramenta de divertimento quanto de aprendizagem [Ibrahim *et al.*, 2012]. A partir dessas observações, Eduardo Cortez propôs que essa lista de diretrizes fosse utilizada como critérios de comparação entre jogos educacionais, a fim de possibilitar a educadores uma análise prévia desse tipo de mídia antes de levá-la para a sala de aula [Cortez, 2016]. Essa lista de diretrizes foi convertida, então, em uma lista de checagem e, ao se testar um jogo,

o professor / pesquisador marcaria se o item está presente ou não no jogo. Após percorrer toda a lista de diretrizes, o professor / pesquisador teria em mãos uma métrica a respeito do potencial educativo do jogo, podendo comparar diferentes jogos e selecionar o mais adequado para se aplicar com estudantes [Cortez, 2018].

Nesta investigação, essas diretrizes foram também aplicadas para a análise e curadoria dos jogos selecionados, mas, uma vez que nosso objetivo diz respeito à seleção de jogos imersivos, uma pequena modificação ao protocolo original de Cortez (2016, 2018) foi incrementada. Ibrahim e colaboradores (2012) apontaram, em seu trabalho, que algumas das diretrizes contribuía para tornar o jogo imersivo, enquanto outras seriam diretrizes mais gerais, aplicáveis a qualquer tipo de jogo. As diretrizes que contribuem para a imersividade, segundo os próprios autores, seriam aquelas organizadas nos tópicos “Equilíbrio entre objetivos de aprendizagem e diversão”, “Feedback”, “Interatividade”, “Adaptação”, “Controle”, “Ética”, “Realismo” e “Recompensas”. Ao todo, elas somam 47 das 75 diretrizes. O que fizemos foi separar nossa análise em duas etapas, primeiro verificando-se o percentual total de diretrizes cumpridas – a que chamamos “Índice Qua-litativo Global” (IQG) – e depois verificando-se apenas o percentual de diretrizes que pudesse contribuir para imersividade – o que denominamos “Índice de Imersividade” (IM). Nessa análise, os índices poderiam variar de 0 a 100%, sendo 100% no IQG uma indicação de jogo como instrumento completo em termos de prover diversão e aprendi-zagem, e 100% no IM a indicação de um jogo plenamente imersivo.

Com essas duas medidas em mãos, pudemos calcular ainda a porcentagem de componentes imersivos na composição do IQG. Nesse caso, um jogo que tivesse seguido todas as diretrizes consideradas teria uma proporção de 62,67% de imersividade dentro de seu aspecto global. Um resultado menor que este indicaria que o jogo investiu mais em aspectos educativos do que imersivos; um valor maior, indicaria que investiu-se mais em aspectos imersivos e de diversão do que em aspectos educativos.

3. Resultados

Abaixo, separaremos os resultados referentes aos aplicativos de celular (jogos para plata-formas móveis) e aos jogos *online*, em função de suas diferentes especificidades em rela-ção à forma de busca.

3.1. Jogos para plataformas móveis

A busca inicial pelas palavras “Biologia” e “Biology” na loja *PlayStore* retornaram 351 resultados para cada palavra. Apesar de o número de resultados ser o mesmo para as duas palavras-chave e da maioria dos aplicativos apresentados pela ferramenta de busca serem os mesmos para a palavra em português e em inglês, alguns aplicativos diferiram e, por-tanto, a busca em dois idiomas se mostrou frutífera. Todos os resultados observados por essas buscas realmente foram relevantes com o tema “biologia”. As demais palavras chave – “Célula”, “Corpo humano”, “Fisiologia”, “Ecologia”, “Parasitoses”, “Genética” e “Evolução” (e suas respectivas versões em inglês) – todas retornaram 250 resultados cada, sendo que, em todos esses casos, eram obtidos resultados que não apresentavam relação expressa com o tema pesquisado. Isso parece indicar que o sistema de busca da ferramenta *Play Store* sempre deverá retornar no mínimo 250 resultados (não importa a real relevância do que for encontrado) e que passará desse valor apenas se continuar a encontrar resultados efetivamente relevantes. No total, portanto, nossa busca passou por 3.702 resultados de aplicativos.

A loja *Play Store* não oferece mecanismo de filtro para selecionar apenas jogos

como resultado. Os aplicativos levantados nas buscas eram, então, uma miscelânea de jogos, simulações, livros interativos, quizzes, cursos, periódicos eletrônicos e ferramentas para auxiliar os estudos. Ao longo do processo, percebeu-se que era comum que aplicativos encontrados sob uma palavra-chave fossem obtidos também como resultados de outra palavra-chave, além de poder aparecer também nas versões em português e inglês da mesma palavra-chave. Ao se realizar a busca na *Play Store*, a própria interface sugeria que complementássemos nossa pesquisa adicionando “jogo” ou “game” no campo de busca. O que se viu, no entanto, foi que seguir essa sugestão não afetava o resultado da pesquisa. Seguimos, portanto, com a grafia originalmente planejada.

Muitos dos resultados encontrados nessa busca inicial já declaravam, em sua descrição, não serem jogos e, portanto, foram desconsiderados. Muitos dos resultados – jogos ou não – eram repetições do que já havia sido observado em diferentes palavras-chave, e também foram ignorados. Um bom número, apesar de se apresentarem como jogos, já revelavam em sua descrição não abordar aspectos educativos ou ainda envolver erros conceituais. Assim, o valor total de 3.702 resultados foi rapidamente filtrado para 103 aplicativos que, por sua descrição, potencialmente poderiam ser um jogo educativo e imersivo. Eles foram baixados e testados, para que fossem verificados em maior profundidade.

Dos 103 aplicativos baixados, 1 não funcionava em função de os servidores terem sido descontinuados; 9 não eram realmente jogos, mas simuladores ou quizzes com uma arte mais chamativa; 1 era um jogo em fase inicial de desenvolvimento, publicado apenas para testes e que foi descartado em função de seu caráter ainda muito limitado; 33 eram jogos, mas não apresentavam nenhuma finalidade ou potencial educativo – muitos até tinham uma arte com tema biológico, mas apresentavam conceitos fundamentalmente incorretos quando analisados com maior atenção; 18 eram jogos que se destinavam a níveis de aprendizagem fora do escopo de nosso trabalho; e 24 se mostraram como jogos não imersivos, seguindo o modelo incremental em que são necessários longos períodos de tempo sem que o jogador interaja com o aplicativo e apenas deixe os recursos se acumularem. Após esses aplicativos terem sido descartados de nosso levantamento, ficamos então com 17 jogos que efetivamente mostraram um potencial educativo e imersivo encontrados por nossas palavras-chave na loja *Play Store*. Todos esses jogos, como a maioria dos aplicativos observados, eram gratuitos para celulares Android; nosso próximo passo foi buscar por versões desses aplicativos para iOS, verificando se eles estariam disponíveis também para os celulares Apple de forma gratuita.

Como resultado dessa etapa de busca, comparando os sistemas Android e iOS, descobrimos que 6 dos jogos levantados na ferramenta *Play Store* não tinham versão para iOS e outros 2, apesar de terem versão para iOS, não estavam disponíveis na *AppStore* brasileira. Ainda 1 dos aplicativos que levantamos na busca da *Play Store* é pago em sua versão para iOS. Esses 9 jogos foram, então, descartados de nosso processo de curadoria, em função das dificuldades práticas de se adotá-los em sala de aula, criando uma preocupação com o sistema operacional presente nos celulares dos alunos. Esse processo de busca, com os resultados obtidos, é sintetizado na Figura 2 e, ao final dele, ficamos, por-

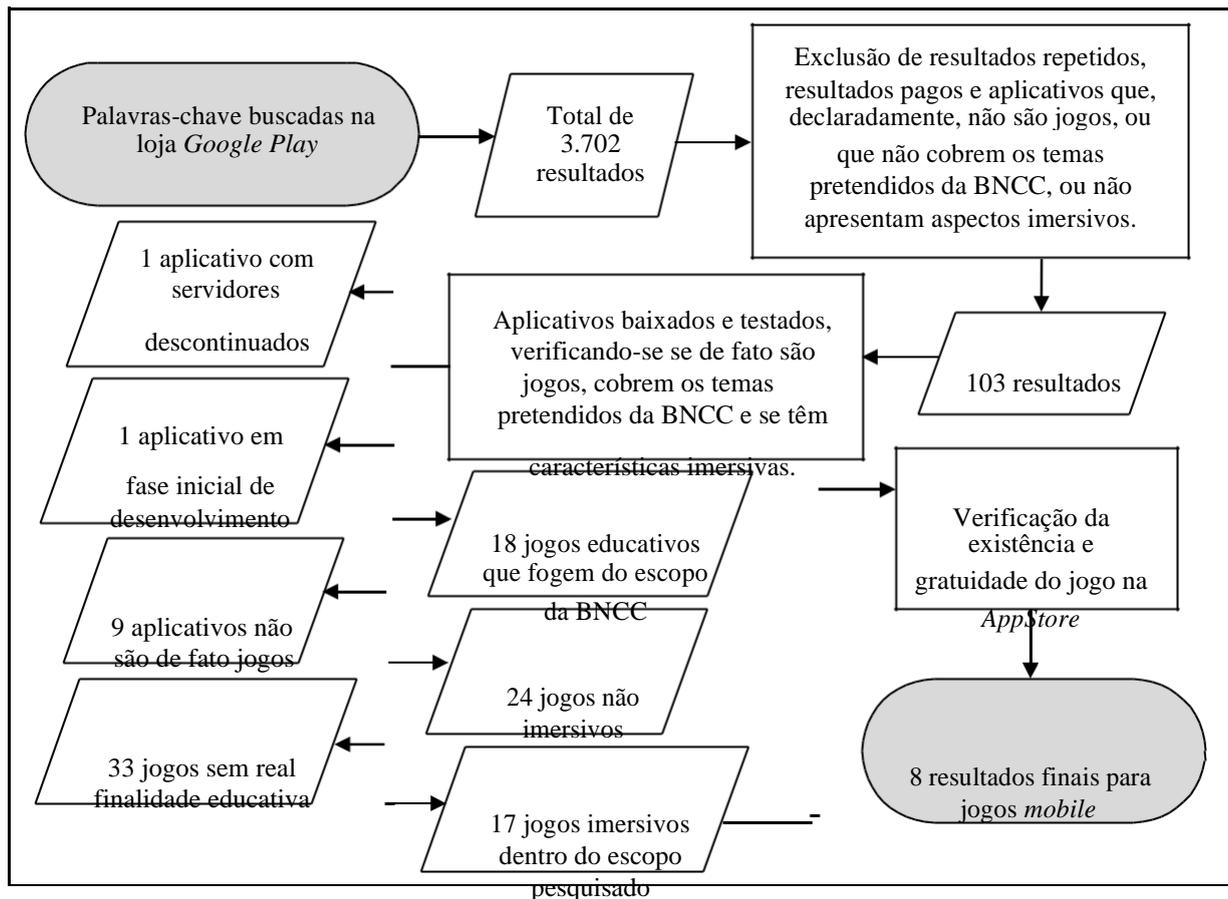


Figura 2: Síntese do processo de seleção de jogos para plataformas móveis

tanto, com nossa lista reduzida para 8 jogos gratuitos com potencial educacional e imersivo, apresentados na Tabela 1 e descritos abaixo.

Bio Inc, em suas duas versões, “Biomedical plague and rebel doctors” e “Nemesis – Pague doctors”, é um jogo que coloca o jogador como chefe de uma equipe médica maligna, que compete com uma equipe médica tradicional com o intuito de enfraquecer a saúde de um paciente. Apesar de sua proposta não usual para padrões educativos, cada decisão requer que o jogador reflita sobre fatores de risco para diversas doenças e pode ser utilizado para aulas de saúde, discutindo-se cada paciente e como, na vida real, poderíamos desenvolver hábitos saudáveis. O primeiro jogo, “*Biomedical plague and rebel doctors*”, exige maior reflexão por parte do jogador, enquanto o segundo, “*Nemesis – Pague doctors*”, demanda decisões mais rápidas. Ainda o primeiro jogo deixa todos os sistemas do corpo disponíveis para interação a todo o tempo enquanto o segundo jogo só apresenta três sistemas disponíveis para interação, e há uma troca de quais sistemas são

esses conforme o jogador avança pelos níveis do jogo.

Defensores do Corpo Humano é um jogo no estilo “plataforma”, em que o jogador controla um avatar e, para conquistar seus objetivos, deve pular pela tela e atacar inimigos. O cenário do jogo representa a estrutura interna de diferentes órgãos e os inimigos são agentes patológicos. O objetivo geral do jogo é salvar a pessoa dona daquele corpo, por onde o jogador se desloca, eliminando todas as doenças.

InCellVR (Cardboard) pode ser jogado apenas com o celular ou com o celular inserido em um dispositivo montado sobre a cabeça (*Head Mounted Display – HMD*), no estilo do *Google Cardboard*. O jogador tem a visão de estar navegando por um transporte que se desloca sobre microtúbulos do citoesqueleto e, em sua jornada, coleta proteínas e interage com elementos capazes de acelerar ou frear seu veículo. A história do jogo simula uma corrida contra uma infecção viral e o objetivo do jogador é passar de organela a organela, até chegar, antes dos vírus, ao núcleo celular, onde irá aplicar uma nanovacina.

Pocket Ants: Colony Simulator permite que o jogador controle uma formiga específica em um formigueiro ou que ele gerencie os trabalhos do formigueiro de maneira geral, através de um painel de controle. O objetivo do jogo é fazer com que o formigueiro cresça e se torne dominante na região em que está inserido. Para isso, o jogador deverá interagir com outras espécies, que apresentam diferentes tipos de relações ecológicas para com as formigas. Além dessa interação entre espécies, o jogador deverá interagir com os diferentes tipos de formiga que compõem o formigueiro e organizar ataques e defesas em relação a outros formigueiros do mapa do jogo.

Eco-Warriors: Rodrigues Adventures é um jogo desenvolvido com o objetivo de conscientizar a população da Ilha de Rodrigues sobre os biomas da região e sobre os perigos da poluição no local. Como também enfrentamos em nosso país problemas com poluição e temos o estudo de nossos biomas inserido em nosso currículo, esse jogo foi considerado com potencial educativo no sentido de poder fomentar discussões e comparações entre o que é observado no ambiente virtual e em nosso próprio país. Sobre sua dinâmica, esse jogo também segue o estilo “plataforma” e, em suas explorações, o jogador deve ir coletando lixo que encontra pelo chão e depositar os recicláveis nos cestos apropriados. Conforme avança pelos diferentes ambientes e pontos turísticos, o jogador terá acesso a maiores informações a respeito da Ilha, sua história e seus biomas.

Save Earth - Offline Ecology Strategy Learning Game coloca o jogador no controle do desenvolvimento de políticas públicas e intervenções globais para tentar reduzir e reverter os impactos ecológicos atualmente presentes no planeta. O objetivo é que o jogador consiga garantir a sustentabilidade do planeta em termos de manutenção da biodiversidade, recursos hídricos, níveis de gás carbônico emitidos na atmosfera, manejo da poluição e do lixo e que consiga participação ativa da sociedade. Falhar significa ver o planeta sucumbir a um estado irreversível e o jogo deve ser reiniciado.

Tap! Dig! My Museum não é um jogo declaradamente educativo, mas apresenta para os alunos a relação entre um museu de dinossauros e o trabalho de paleontólogos. O jogador deve gerir investimentos iniciais e obter mais dinheiro a partir do atendimento ao público no museu. É necessário tanto investir em mais recursos de pesquisas quanto em um melhor atendimento aos visitantes de seu museu, para garantir o desenvolvimento dos trabalhos. Esse jogo pode ser utilizado para despertar a curiosidade dos alunos para esses aspectos do mundo acadêmico e, uma vez que trata de um museu de dinossauros, poderia ser utilizado para engajar discussões sobre biodiversidade e evolução.

Tabela 1. jogos para plataformas móveis selecionados para análise

Jogo	Opção de idioma em português?	Tema da BNCC	Necessita de conexão com internet?
Bio Inc - Biomedical Plague and rebel doctors	Sim	Programas e indicadores de saúde pública	Não
Bio Inc. Nemesis - Plague Doctors	Sim	Programas e indicadores de saúde pública	Sim
Defensores do Corpo Humano	Sim	Programas e indicadores de saúde pública	Não
InCellVR (Cardboard)	Não	Células como unidade de vida	Não
Pocket Ants: Colony Simulator	Sim	Diversidade de ecossistemas	Sim
Eco-Warriors: Rodrigues Adventures	Não	Fenômenos naturais e impactos ambientais	Não
Save Earth - Offline Ecology Strategy Learning Game	Sim	Fenômenos naturais e impactos ambientais	Não
Tap! Dig! My Museum	Não	Ideias evolucionistas	Não

A análise qualitativa desses jogos, por meio de um *framework*, consistiu em uma exploração de cada jogo, verificando se as diretrizes estabelecidas por Amer Ibrahim e colaboradores (2012) era cumpridas ou não. Tais diretrizes são sucintas e assertivas – por exemplo “Introduzir elementos de surpresa positiva ou eventos especiais em localizações estratégicas” e “O jogo deve ser fácil de se modificar e adaptar (nível de dificuldade, nível de som, música de fundo, controles, etc.)” – o que permite esse tipo de análise binária. Após todas as diretrizes terem sido percorridas e verificadas, três cálculos foram realizados: primeiramente calculou-se o percentual total de diretrizes cumpridas, a que chamamos “Índice Qualitativo Global” (IQG) do jogo; em segundo lugar, calculou-se apenas o percentual de diretrizes cumpridas levando-se em consideração somente as categorias que, segundo os próprios autores, iriam impactar a sensação de imersão (“Equilíbrio entre objetivos de aprendizagem e diversão”, “Feedback”, “Interatividade”, “Adaptação”, “Controle”, “Ética”, “Realismo” e “Recompensas”) o que denominamos “Índice de Imersividade” (IM) do jogo; e, por fim, dividimos a quantidade de diretrizes cumpridas capazes de compor o IM pelo total de diretrizes cumpridas globalmente, a fim de verificar o grau de contribuição do aspecto imersivo para o IQG daquele jogo – chamamos esse índice de “Proporção de componentes imersivos no IQG”. Os resultados finais desses índices para os oito jogos acima descritos são apresentados na Tabela 2. A figura 3 representa visualmente a relação entre as categorias de diretrizes que formam os índices IM e IQG, e a matriz completa da análise realizada pode ser consultada em <http://bit.ly/FrameJogosCN>.

Tabela 2. Índices qualitativos obtidos para jogos de plataformas móveis

	Índice Qualitativo Global (IQG)	Índice de Imer-sividade (IM)	Proporção de compo-nentes imersivos no IQG
Bio Inc - Biomedical Plague and Rebel Doctors	84,00%	82,98%	61,90%
Bio Inc. Nemesis - Plague Doctors	80,00%	80,85%	63,33%
Defensores do Corpo Humano	70,67%	70,21%	62,26%
InCellVR (cardboard)	82,67%	87,23%	66,13%
Pocket ants: Colony Simulator	81,33%	78,72%	60,66%
Eco-Warriors: Rodrigues Adventures	58,67%	61,70%	65,91%
Save Earth - Offline Ecology Strategy Learning Game	76,00%	70,21%	57,89%
Tap! Dig! My Museum	62,67%	70,21%	70,21%

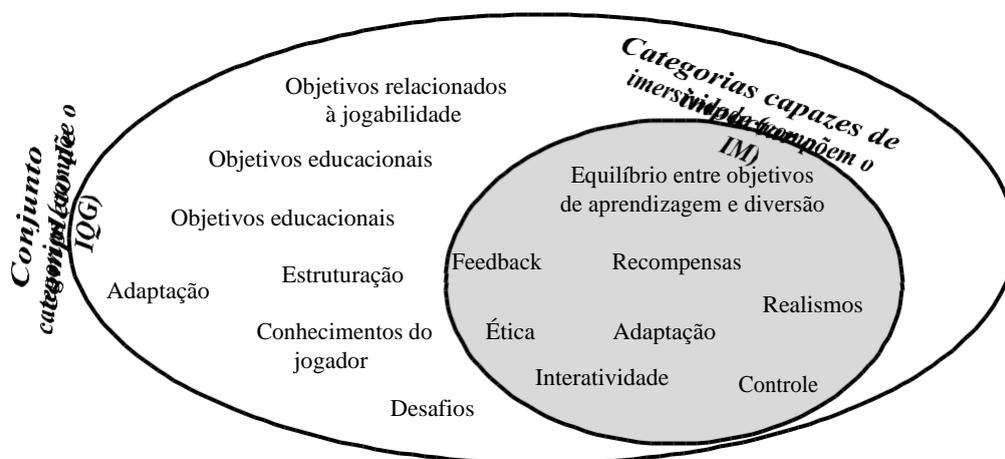


Figura 3: Relação entre os conjuntos de categorias que compõe o IQG e o IM.

3.2. Jogos online

A busca por jogos *online*, acessíveis diretamente por meio de um navegador de internet, se deu na plataforma *Serious Game Classification* e, uma vez que todos os jogos cadastrados ali estão com seu registro obrigatoriamente em inglês, utilizou-se apenas as palavras-chave nesse idioma. Essa pesquisa retornou 16 resultados para “Biology”, 42 para “Cell”, 11 para “Human Body”, 212 para “Ecology”, 0 para “parasitoses”, 8 para “Gene-tics” e 26 para “Evolution – o que totaliza 318 resultados. Deste levantamento, 212 resultados foram imediatamente descartados por se apresentarem como enciclopédias virtuais, simuladores, por declaradamente se destinarem a uma etapa educacional diferente do escopo desta pesquisa, ou por ser um resultado repetido. 106 jogos foram, então, investigados com mais atenção.

O principal problema encontrado em relação a tais jogos foi que muitos eram jogos *online* antigos, cujos links não estavam mais ativos (36 resultados) ou eram jogos que requeriam algum tipo de instalação específica, com sistema operacional variando desde os antigos Amiga CDTV, Commodore 64 e DOS, até as intermediárias e recentes versões de Windows e Mac (ao total, 43 resultados nessas condições). Esses jogos que necessitam algum tipo de instalação foram também descartados, uma vez que sua aplicação na escola poderia ser impraticável devido a questões com os sistemas operacionais dos computadores e que isso deveria ser verificado para cada instituição.

No caso de alguns jogos para DOS e para Commodore 64, foi possível verificar que suas versões virtuais, *online*, já estavam cadastradas e acessíveis na base de dados *The Internet Archive* (<http://archive.org>); esses jogos foram testados, juntamente com os demais jogos que de fato foram criados como recursos *online* e se percebeu que, dentre essas 27 aplicações que foram experimentadas, 1 jogo requeria assinatura; 1 era apenas uma versão demo para avaliação; 3 não eram jogos, mas enciclopédias virtuais; 6 não chegavam a apresentar conteúdo educativo acurado; 5 não cobriam os temas da BNCC investigados; e 8 não apresentavam as características imersivas que buscávamos. Assim, ao final deste levantamento, que é sintetizado na Figura 4, ficamos com 3 jogos com potencial imersivo e educativo – descritos abaixo e sumarizados na Tabela 3 – que submetemos ao framework de análise e cujos índices qualitativos estão apresentados na Tabela 4.

Sneeze é um jogo desenvolvido em *flash* sobre a propagação de um vírus respiratório. O jogador controla um personagem doente, andando pela rua, rodeado por crianças, adultos e idosos. O jogador deverá escolher uma posição e realizar um espirro. A partir dessa ação, o jogador observa como o vírus pode se espalhar e infectar outras pessoas e como essas pessoas podem infectar outras, também a partir de um único espirro. A cada nível do jogo, o jogador deve tentar infectar uma porcentagem maior da população, até chegar a 100% e, para isso, deve considerar a vulnerabilidade de cada faixa etária e a probabilidade de pessoas desse grupo entrarem em contato com outras pessoas.

EcoQuest 2: Lost Secret of the Rainforest é um jogo desenvolvido para DOS, mas que pode ser emulado *online* em *The Internet Archive*. Neste jogo, o jogador controla um garoto que está acompanhando seu pai, em ecologista em viagem de trabalho pela Floresta Amazônica. No início do jogo, pai e filho acabam se separando. O garoto encontra animais falantes que pedem sua ajuda para salvar a floresta, ameaçada em função das atividades humanas. Resolvendo desafios e quebra-cabeças, o jogador poderá experimentar o

passeio por dentro de uma floresta, observar a biodiversidade local e entrar em contato com uma tribo indígena.

Uma Ideia Perigosa? é um jogo desenvolvido em html e javascript, compatível com plataformas móveis e direcionado para o ensino de evolução dentro de uma perspectiva histórica. O jogador controla Syms Covington, um jovem que foi assistente de Charles Darwin, e, no ambiente de jogo, pode conversar com outras figuras de renome e que estiveram em contato com Darwin enquanto ele formulava uma primeira versão de sua teoria evolucionista. No início do jogo, o jogador recebe três missões principais, que podem ser realizadas em qualquer ordem e cada uma delas irá revelar um aspecto do mecanismo de seleção natural.

4. Discussão

Nos resultados obtidos, primeiramente fica evidente a escassez de jogos educacionais imersivos que podem ser diretamente relacionados aos temas da BNCC para o ensino da parte biológica do currículo de Ciências destinado aos anos finais do Ensino Fundamental. Ainda que as buscas em lojas de aplicativos possam retornar milhares de resultados, os aplicativos que poderiam realmente promover uma dinâmica de ensino baseado em jogos imersivos está na casa das dezenas. Esses resultados se reduzem às unidades se nos preocupamos com recursos gratuitos e compatíveis com os sistemas operacionais Android e iOS. Quando pensamos em jogos que possam ser executados a partir de um navegador de internet, em um laboratório de informática, esses números ficam ainda mais limitados.

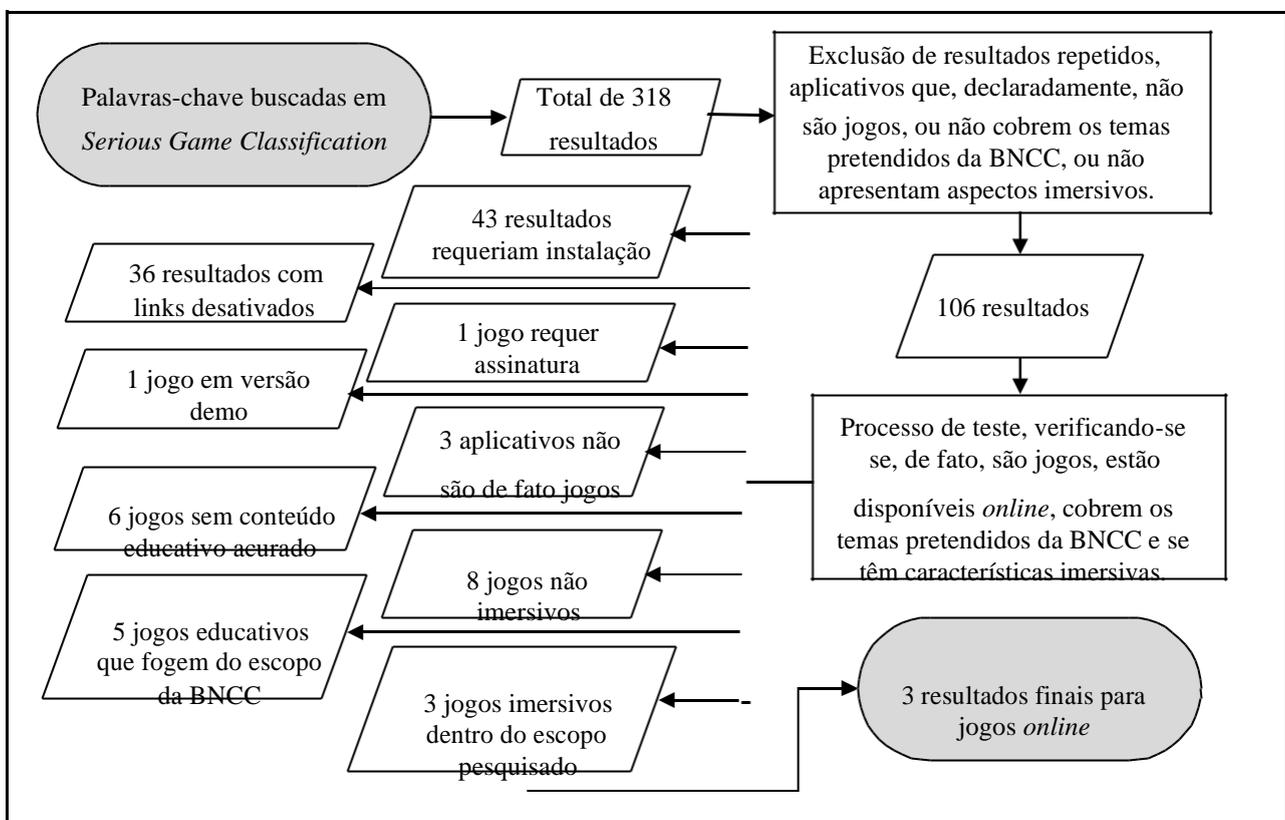


Figura 4. Síntese do levantamento de jogos online

Tabela 3. jogos online selecionados para análise

Jogo	Opção de idioma em português?	Compatível com plataformas móveis?	Tema da BNCC	Link
Sneeze	Não	Não	Programas e indicadores de saúde pública	https://www.bga-games.com/misc-games/sneeze/
EcoQuest 2: Lost Secret of the Rainforest	Não	Não	Diversidade de ecossistemas / Preservação da biodiversidade	https://archive.org/details/msdos_EcoQuest_2_-_Lost_Secret_of_the_Rainforest_1993
Uma Ideia Perigosa?	Sim	Sim	Ideias evolucionistas	http://www.umaideiaperigosa.com e http://www.profeduardocortez.com.br

Tabela 4. Índices qualitativos obtidos para jogos online

	Índice Qualitativo Global (IQG)	Índice de Imersividade (IM)	Proporção de componentes imersivos no IQG
Sneeze	65,33%	68,09%	65,32%
EcoQuest 2: Lost Secret of the Rainforest	77,33%	76,60%	62,07%
Uma Ideia Perigosa?	89,33%	91,49%	64,18%

A dificuldade de se encontrar jogos que atendam às condições elencadas por nós, por um lado justifica a necessidade de trabalhos de levantamento e curadoria como este, a fim de facilitar o processo de planejamento e preparação de aula por parte dos professores; e, por outro lado, mostra que ainda estamos distantes de podermos utilizar a estratégia da aprendizagem baseada em jogos digitais na educação básica com a ênfase clamada por Marc Prensky (2012) e Seymour Papert (1998) – o que nos põe também distantes de termos recursos e estratégias de qualidade que sejam pertinentes à realidade dos alunos como propôs John Dewey (1997).

Bernardo Sorj (2003, p. 63) aponta que são necessários 5 etapas de desenvolvimento para que possamos trabalhar em uma perspectiva de inclusão digital nas escolas e, então, utilizar efetivamente os jogos como estratégia de ensino e aprendizagem: 1) existência de infraestrutura física de transmissão; 2) disponibilidade de equipamentos de conexão; 3) treinamento no uso de ferramentas de computação e da internet; 4) capacitação intelectual e integração social; 5) produção e uso de conteúdo específico. Ao apontar o pequeno número de resultados encontrados, reivindicamos aqui maior investimento na quinta etapa elencada por Sorj, ao passo que sabemos que muitas escolas no Brasil ainda estão passando pelo primeiro nível de inclusão digital. Nossa reivindicação não é, no entanto, desmedida ou injustificada, como pode-se notar tanto pelo apelo dos autores citados ao longo do trabalho quanto pela existência da própria competência geral nº 5 da BNCC [Brasil, 2017, p. 9]. É interessante que os investimentos para a inclusão digital e melhoria dos recursos educacionais aconteçam em paralelo ao investimento nas demais etapas.

Nossos dados indicam que, hoje, as escolas que já estão se preparando para incorporar os recursos tecnológicos em sua sala de aula irão se deparar com a falta de recursos educacionais específicos para os temas que elencamos e, sem o incentivo à produção desses recursos educacionais, em breve as novas escolas que forem progredindo em suas etapas de inclusão digital poderão se deparar com o mesmo cenário.

Evidentemente, no entanto, esse mapeamento é apenas um quadro temporário da situação atual. Deve-se ter em mente que novas características podem ser incluídas a esses jogos a qualquer momento, bem como eles podem acabar sendo abandonados. Ao longo dos anos, a estrutura de hardware que utilizamos irá se modificar e poderá acontecer de esses jogos não acompanharem tais modificações e, assim, tornarem-se obsoletos. E ainda é necessário lembrar que novos jogos surgirão e serão cadastrados nas lojas de aplicativos e bases de dados, e que será necessário investigar seu potencial educacional e imersivo. Esses fatores indicam que mais levantamentos e análises como esta devem ocorrer periodicamente, e tais análises também serão importantes para garantir a inclusão digital. Feitos esses apontamentos gerais, passamos agora à análise efetiva dos jogos encontrados, o conteúdo educacional que é coberto por eles, e os aspectos qualitativos mensurados.

Dentre os 11 jogos encontrados, 3 deles – *Defensores do corpo humano*, *Eco-Warriors: Rodrigues Adventures* e *Uma ideia Perigosa?* – são jogos declaradamente desenvolvidos como parte de projetos de pesquisa. Com isso, podemos notar a importância do papel das universidades para que possamos alcançar com sucesso a estratégia de ensino e aprendizagem baseada em jogos digitais.

Tendo em vista os 11 jogos levantados, podemos observar que há uma falta de equilíbrio entre os temas abordados – questões relacionadas a saúde pública parecem ter recebido relativa atenção por parte dos desenvolvedores (4 dos 11 jogos levantados atendem a essa categoria), ao passo que não foi possível encontrar nenhum jogo educativo e imersivo que atendesse os tópicos “Interação entre os sistemas locomotor e nervoso”, “Mecanismos reprodutivos”, “Sexualidade” e “Hereditariedade”. Essa informação pode ser considerada para futuros trabalhos de desenvolvimento de recursos educacionais digitais.

A respeito da qualidade dos jogos, mapeada pelo Índice Qualitativo Global (IQG), Índice de Imersividade (IM) e proporção de componentes imersivos no IQG, vê-se que há variabilidade entre os resultados obtidos. Apesar de todos os jogos aqui elencados serem educativos e imersivos, alguns jogos são mais completos, isto é, com mais recursos que permitem tanto a diversão quanto a aprendizagem, em relação aos demais. Esses jogos que podem ser considerados recursos mais completos são aqueles com maior IQG – esses jogos seriam, por exemplo, *Uma Ideia Perigosa?* (IQG 89,33%), *Bio Inc - Biomedical Plague and Rebel Doctors* (IQG 84,00%), *InCellVR (cardboard)* (IQG 82,67%), *Pocket ants: Colony Simulator* (IQG 81,33%) e *Bio Inc. Nemesis - Plague Doctors* (80,00%). Tendo em conta que esse cálculo é feito verificando-se quantas das 75 diretrizes para um bom jogo educacional são cumpridas, cada diretriz colabora com 1,33% desse índice. O valor do IQG pode ser útil, portanto, para que o professor decida em sua escolha entre dois jogos que seriam capazes de atender ao mesmo tema da BNCC, por exemplo, pois o jogo que tiver maior índice terá mais condições de prover uma experiência divertida e educativa aos alunos.

O valor do IM também variou entre os jogos. Aqueles que apresentaram um maior valor para esse índice foram *Uma Ideia Perigosa?* (IM 91,49%), *InCellVR (cardboard)*

(IM 87, 23%), *Bio Inc - Biomedical Plague and Rebel Doctors* (IM 82,98%) e *Bio Inc. Nemesis - Plague Doctors* (IM 80,85%), o que indica que esses são, potencialmente, os jogos capazes de reter melhor a atenção do aluno e prover uma mais intensa sensação de diversão. Para o cálculo do IM, consideramos 47 diretrizes dentre as 75 totais que iriam contribuir para gerar imersividade [Ibrahim *et al.*, 2012]; nesse caso, cada diretriz cumprida contribui para 2,13% do IM.

Uma vez que imersão e emoções do jogador estão muitas vezes relacionadas [McGonigal, 2011; Tanskanen, 2018], O IM pode ser utilizado para verificar qual jogo permite melhor o trabalho com habilidades socioemocionais.

A comparação relativa do IM e do IQG, por meio da medida de proporção dos componentes imersivos no IQG, revela, por sua vez, se a qualidade do jogo educacional é predominantemente proveniente de suas características imersivas (sua parte “jogo”) ou de seu conteúdo (sua parte “educacional”). Um jogo hipotético que tivesse 100% de IQG e 100% de IM teria 62,67% neste terceiro índice, valor que se torna uma referência para um jogo bem equilibrado em suas partes imersivas e educacionais. Em nossa análise, o jogo *Tap! Dig! My Museum* tem 70,21% dos componentes imersivos contribuindo para seu IQG, o que revela um enfoque nas características de diversão e imersão. Por outro lado, *Save Earth - Offline Ecology Strategy Learning Game* tem 57,89% de componentes imersivos contribuindo para seu IQG, indicando que a experiência com esse jogo será mais educacional que imersiva.

Nossa intenção, com esses três índices, não é definir um jogo como melhor do que outro ou sequer utilizar essa informação para descartar um jogo como potencial recurso educacional, uma vez que ele já tenha passado pelos filtros de seleção. Desejamos que tais índices sejam ferramentas para que o próprio professor analise qual jogo será o mais adequado para sua sala de aula. Nessa escolha, no entanto, é importante que se tenha em mente casos como os relatados por Prensky (2012) e Papert (1998), identificando que, quando professores selecionavam um jogo que se focava com muito mais ênfase no conteúdo do que nas características capazes de prover diversão, esse jogo se tornava entediante e a aprendizagem não ocorria como esperado. Se, por outro lado, o fator de diversão fosse dominante e o conteúdo pedagógico introduzido aos poucos, a aprendizagem se estabelecia de maneira mais evidente. Esse tipo de design é contemplado nas diretrizes que tomamos por base em nossa análise [Ibrahim *et al.*, 2012] e o fato de estarmos trabalhando com jogos imersivos facilita o descarte de jogos pouco divertidos.

Pensando ainda na própria estratégia de se adotar o jogo como ferramenta de ensino e aprendizagem, poderíamos nos deparar com o questionamento a respeito de se essa ferramenta continua sendo, de fato, um jogo nessa situação, afinal a participação voluntária é um dos critérios de definição dos jogos [McGonigal, 2011, p. 21]. Para se contornar esse dilema, sugerimos que o jogo seja adotado como uma possível estratégia em uma aula prática, e uma segunda opção de aprendizagem seja oferecida ao aluno, como ler um livro, ou assistir a um filme. Outra possível solução seria o professor sugerir o jogo como lição de casa e, dessa maneira, o aluno ainda teria uma escolha sobre quando jogar. Essa opção, no entanto, pode não trazer a experiência mais proveitosa para a aprendizagem dos alunos, uma vez que, ao jogarem juntos na sala de aula, mesmo que o jogo seja *off-line* e que cada aluno jogue em seu dispositivo, há a chance de surgirem momentos em que os alunos compartilham dicas, descobertas e até mesmo manifestam suas emoções como maior desenvoltura, como mapeado em Cortez (2018).

Um dos aspectos negativos mais citados por autores que analisaram abordagens de aprendizagem baseada em mídias digitais é a falta de reflexão que por vezes predomina nessa dinâmica (Carr, 2011; Monereo, 2004; Monereo & Pozo, 2010). O próprio Prensky, apesar de sua extensa defesa à educação baseada em jogos digitais, concorda com esses autores e é categórico ao afirmar a importância do papel do professor para estimular a reflexão a respeito do que os alunos experimentaram no momento de jogo [Prensky, 2012]. De acordo com a experiência de Hua Qin, Pei-Luen Hau e Gavriel Salvendy (2009), o melhor momento para tal reflexão seria logo após o momento de jogo, quando as sensações experimentadas ainda estão vívidas na mente no jogador, e isso não seria possível caso o jogo fosse uma tarefa para casa. Ainda outra vantagem de se aplicar o jogo em sala de aula seria que o professor poderia observar a interação entre jogadores e jogo, e utilizar suas observações para nortear a discussão. Qin, Hau e Salvendy (2009), no entanto, indicam que se deve evitar interromper o momento de jogo, pois isso quebra a imersão por parte dos jogadores e, potencialmente, quebra a compreensão do que está acontecendo no ambiente virtual e, assim, a aprendizagem. Se, por outro lado, a reflexão ocorre muito tempo após o jogo, é provável que o jogador reporte apenas as experiências que mais mexeram com suas emoções e, assim, um professor que adote essa estratégia poderia mapear que aprendizagens foram melhor consolidadas.

Ainda a respeito do papel do professor na aprendizagem baseada em jogos, Elisabeth Hayes e Maryellen Ohrnberger defendem que são os professores os reais responsáveis pelo sucesso dessa abordagem, uma vez que eles são os mediadores desse processo de aprendizagem e serão eles que irão amparar os alunos e lhes fornecer feedback em seus momentos de reflexão, estimulando os alunos a estabelecerem conexões entre os conteúdos curriculares e o que foi experimentado no momento do jogo [Hayes & Orhnberger, 2013, p. 156]. Essa valorização do papel do professor mostra, mais uma vez, que a melhor estratégia seria de fato adotar o jogo na própria aula, como é o foco deste trabalho. É importante lembrar que, para tal estratégia de ensino e aprendizagem, o ideal seria que o professor estivesse bem amparado em termos de equipamentos para seus alunos acessarem e boa conexão com a internet, mas que, apesar de esses fatores serem limitantes, sua ausência não é impeditiva. Os critérios adotados para a seleção de jogos que seriam aceitos em nosso inventário tentaram visar o maior número possível de cenários, incluindo escolas sem laboratório de informática. Se, por um lado o número de recursos aqui apon-tado se tornou restrito, é importante ressaltar que não se trata de um resultado nulo.

5. Consideração finais

Neste trabalho, propusemo-nos a realizar o levantamento e curadoria de jogos que pudessem ser aplicados ao ensino da parte biológica, denominada “Vida e Evolução” do currículo de Ciências para anos finais do Ensino Fundamental segundo a Base Nacional Comum Curricular [Brasil, 2017]. Como critérios para tal levantamento, filtramos jogos que tivessem conteúdo educativo acurado e que tivessem aspectos imersivos, uma vez que nos pautamos em dados de pesquisa que correlacionavam a sensação de imersão proveniente da experiência de jogar ao despertar de emoções no jogador e, portanto, à construção de aprendizagem [Ibrahim *et al*, 2012; Tanskanen, 2018]. Com tal levantamento, buscamos fornecer ao professor de Ciências recursos para que ele possa trabalhar com seus alunos questões pertinentes às competências gerais nº 5, sobre a inclusão e letramento digital, e nº 9, sobre o trabalho de habilidades socioemocionais, da BNCC.

Ainda uma restrição que aplicamos ao nosso processo de pesquisa é que iríamos considerar apenas jogos que fossem gratuitos, disponíveis nas lojas de aplicativos para celular ou disponíveis para acesso por meio de um navegador de internet. Com isso, nosso desejo foi oferecer um mapeamento de recursos prontos para uso, sem a necessidade de grandes adaptações e minimizando riscos de incompatibilidade entre dispositivos. Ao final desse levantamento conseguimos encontrar 11 jogos, relacionados a 6 dos 10 temas elencados dentro do componente “Vida e Evolução” para os anos letivos elencados (mapeamento concluído em agosto de 2020). Assim, vemos que os professores de Ciências estão ainda muito limitados a respeito das circunstâncias em que podem trabalhar com jogos imersivos em sua sala de aula. Mesmo a distribuição de jogos entre os temas atendidos é desigual, o que faz com que o professor nem sempre tenha a oportunidade de escolher o jogo que atenda melhor às necessidades e ao estilo de seus alunos.

Com esse primeiro achado, apontamos, então, para a necessidade de investimentos em pesquisa em desenvolvimento de jogos educativos e imersivos voltados especificamente para o currículo de Ciências da Natureza dos anos finais do Ensino Fundamental. Tendo em vista que alguns aplicativos poderão ser descontinuados com o tempo e que outros surgirão e deverão ter seu potencial imersivo e educativo investigado, também apontamos que levantamentos como este devem ocorrer periodicamente.

Para além do levantamento, realizamos também a curadoria dos jogos encontrados. Nesse processo, definimos três índices qualitativos que permitem uma comparação entre os jogos e a seleção do jogo que atenda melhor aos interesses do professor: o Índice Qualitativo Global (IQG), o Índice de Imersividade (IM) e a proporção de aspectos imersivos para o IQG. Todos esses índices variam de 0 a 100%. O IQG indica o quão completo o jogo é em termos de recurso capaz de prover aprendizagem e diversão. O IM indica a capacidade de o jogo provocar imersão e mexer com as emoções do jogador; ele é medido tendo em vista características que contribuem mais para o aspecto divertido do que para o aspecto educativo do jogo. A proporção de aspectos imersivos no IQG aponta justamente para a existência ou não de equilíbrio entre aspectos divertidos e educativos do jogo; o resultado de 62,67% nesse índice indicaria um jogo bem equilibrado, enquanto valores maiores indicariam um jogo com maior ênfase em diversão, e valores menores indicariam um jogo com maior ênfase nos aspectos educativos. Nos jogos que encontramos, pudemos observar que os diferentes jogos têm diferentes valores para esses índices e que essa informação poderia ser considerada no momento de selecionar um jogo para ser utilizado com os alunos – especialmente se houver a necessidade de decidir entre jogos que abordem um mesmo tema.

Concluimos, então, ressaltando o papel do professor na abordagem do ensino baseado em jogos digitais. Os diferentes pesquisadores que investigam essa abordagem indicaram que ela não será completa sem o papel do professor mediando o processo de ensino e aprendizagem e, especialmente, conduzindo os alunos por momentos de reflexão, o que irá lhes permitir relacionar seus conhecimentos atuais ao que experimentaram no jogo. É nesses momentos de reflexão que a aprendizagem de fato irá ocorrer. O jogo, por mais completo em termos imersivos e educativos que possa ser, serve principalmente como fonte de experiências e disparador de discussões.

Ainda, olhando para nossos dados, notamos que 3 dos 11 jogos levantados foram desenvolvidos em projetos de pesquisa e, assim, enaltece também o potencial das

universidades e seus cursos de pós-graduação para contribuir com o desenvolvimento de ferramentas educacionais capazes de instigar os alunos em seu processo de aprendizagem.

Referências

- Azizi, L. E., and Arbai, A. (2017). “Serious Games for the Development of Learning”. *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*, 5(4): 448-456.
- Bertozzi, E. and Lee, S. (2007) “Not Just Fun and Games: Digital Play, Gender and Attitudes Towards Technology”. *Women’s Studies in Communication*, 30(2): 179-204.
- Brasil. Ministério da Educação. (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino fundamental*. Brasília: Ministério da Educação.
- _____. (2017) *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. Brasília: Ministério da Educação.
- Cairns, P., Cox, A. and Nordin, I. (2014) “Immersion in digital games: review of gaming experience research”, In *Handbook of digital games*, Edited by Marios C. Angelides and Harry Agius. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Callaghan, M. J., McShane, N., Eguíluz, A. G., Teillès, T., and Raspail, P., (2016) "Practical application of the Learning Mechanics-Game Mechanics (LM-GM) framework for Serious Games analysis in engineering education,". In: *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Madrid, 2016, pp. 391-395.
- Cetic.Br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação. (2018a) *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras - TIC Educação 2018*. Disponível em: <<https://www.cetic.br/pt/pesquisa/educacao/>>. Acesso em: 10 mai. 2020.
- _____. (2018b). *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2018*. Disponível em: <<https://www.cetic.br/pt/tics/domicilios/2018/domicilios/>>. Acesso em: 24 mai. 2020.
- Cortez, E. (2016) “Levantamento e análise de jogos sobre a história da Biologia”. In: *Encontro Da Pós-Graduação Interunidades Em Ensino De Ciências, Xi.*, 2016, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: IF-USP, p. 47.
- Cortez, E. P. M. (2018) *Descobrendo a seleção natural: uma proposta de ensino baseada na história da ciência*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Área de concentração: Biologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Dewey, J. (1997) *Experience and Education*. New York: Kappa Delta Pi.
- De-Lope, R., and Medina-Medina, N. “A comprehensive taxonomy for serious games”. *Journal of Educational Computing Research*, 55(5): 629-672.
- Djaouti, D., Alvarez, J., and Jessel, J. P. (2011). “Classifying serious games: The G/P/S model”. In *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary approaches*, Edited by Patrick Felicia. Hershey, PA: IGI Global
- Ebert, V. (2020) “O potencial educativo do game eletrônico”. In: *VI Seminário Nacional de Cultura Digital na Educação*, 2020, Passo Fundo. Anais eletrônicos... Passo Fundo: VI SENID. Disponível em: <<https://ead.upf.br/mod/page/view.php?id=88916>>. Acesso em: 10 mai. 2020.
- Franco, M. A. R. S. (2003). “A metodologia de pesquisa educacional como construtora da práxis investigativa”. *Nuances: estudos sobre educação*, 9 (9/10): 189-208.
- Fuza, A. F., and Miranda, F. D. S. S. (2020). “Tecnologias digitais, letramentos e gêneros discursivos nas diferentes áreas da BNCC: reflexos nos anos finais do ensino fundamental e na formação de professores”. *Revista Brasileira de Educação*, 25 (e250009): 1-26.
- Gee, J. P. (2013) *The Anti-Education Era: creating smarter students through digital learning*. London: Palgrave MacMillan.

- Gregolin, M. V., e Medeiros, L. (2017). “Jogos digitais no aprendizado de conceitos matemáticos: o desafio da escolha pelo professor”. *Plures Humanidades*, 18(2): 200-215.
- Hayes, E., and Ohrnberger, M. (2013) “The Gamer Generation Teaches School: The Gaming Practices and Attitudes towards Technology of Pre-Service Teachers”. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(2): 153-177.
- Ibrahim, A., Vela, F. L. G., Rodriguez, P. P., Sánchez, J. L. G., and Zea, N. P. (2012) “Educational video game design based on educational playability: a comprehensive and integrated literature review”. *International Journal on Advances in Intelligent Systems*, 5(3-4): 400-414.
- Kenski, V. M. (2019). *Design instrucional para cursos on-line*. São Paulo: Senac.
- Klopfer, E., Osterweil, S. and Salen, K. (2009) *Moving learning games forward*. Cambridge, MA: The Educational Arcade.
- Larghi, N. (2019) “Brasil é o 13º maior mercado de games do mundo e o maior da América Latina”. *Valor Investe*. Disponível em: < <https://valorinveste.globo.com/objetivo/empreendase/noticia/2019/07/30/brasil-e-o-13o-maior-mercado-de-games-do-mundo-e-o-maior-da-america-latina.ghtml>>; acesso em: 17 ago. 2020.
- Leacock, T. L.; and Nesbit, J. C. (2007). “A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources”. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(2): 44-59.
- Marsh, T., Wong, W. L., Carriazo, E., Nocera, L., Yang, K., Varma, A., Yoon, H., Huang, Y.-L., Kyriakakis, C. and Shahabi, C. (2005) “User Experiences and Lessons Learned from Developing and Implementing an Immersive Game for the Science Classroom”, In: *Proceedings of HCI International 2005*.
- McGonigal, J. (2011) *Reality is Broken: why games make us better and how they can change the world*. London: Penguin Books.
- Medeiros, M. O., e Schimiguel, J. (2012). “Uma abordagem para avaliação de jogos educativos: ênfase no ensino fundamental”. *Anais do 23o Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2012)*, Rio de Janeiro, RJ, p.26-30.
- Medeiros, T. J. (2014). *Um Framework para criação de jogos voltados para o ensino de lógica de programação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Software) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Monereo, C. (2004) “The Virtual Construction of the Mind: The Role of Educational Psychology”, *Interactive Educational Multimedia*, 9: 32-47.
- Monereo, C., and Pozo, J. I. (2010). “O aluno em ambientes virtuais: condições, perfil e competências”. In *Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*, Editado por César Coll e Carles Monereo. Tradução de Naila Freitas Porto Alegre: Artmed.
- National Research Council. (2012) *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Novak, J. (2017) *Desenvolvimento de games*. Tradução de Pedro Cesar de Conti. 2ed. São Paulo: Cengage Learning.
- Ohannessian, R., Yaghobian, S., Verger, P., and Vanhems, P. (2016). “A systematic review of serious video games used for vaccination”. *Vaccine*, 34: 4478-4483.
- Papert, S. (1998). “Does Easy Do It? Children, Games, and Learning”. *Game Developer*, 5(6): 88.
- Prensky, M. (2012) *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. Tradução de Eric Yamagute. São Paulo: Senac, 2012.
- Qin, H., Rau, P. L. P. and Salvendy, G. (2009) “Measuring Player Immersion in the Computer Game Narrative”. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(2): 107-133.

Rodriguez, C. L., Zem-Lopes, A. M., Marques, L. e Isotani, S. (2015) “Pensamento Computacional: Trans-formando ideias em jogos digitais usando Scratch”. *Anais do XXI Workshop de Informática na Escola (WIE 2015)*: 62-71.

Sato, A. K. O. (2009) “Do mundo real ao mundo ficcional: a imersão no jogo”, In: *Mapa do jogo: a diversidade cultural dos games*, Editado por Lucia Santaella e Mirna Feitoza. São Paulo: Cengage Learning.

Statcounter. (2020) *Mobile operating system market share in Brazil – July 2020*. Disponível em: <<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/brazil>>; acesso em: 17 ago. 2020.

Sorj, B. *Brasil@povo.com: a luta contra a desigualdade na sociedade da informação*. Rio de Janeiro: Zahar.

Sweetser, P., and Wyeth, P. (2005). “GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games”. *Computers in Entertainment*, 3(3): 1-24.

Tanskanen, S. (2018) *Player immersion in videogames: designing an immersive game project*. Bachelor’s thesis (Game Design) – South Eastern Finland University of Applied Sciences, Kouvola, Finlândia.

Werner, L. L., Campe, S. and Denner, J. (2005) “Middle School Girls + Games Programming = Information Technology Fluency”. *SIGITE’05*: 301-305.