

Uma revisão de aplicativos de smartphone para estudo de biologia no Ensino Médio

A smartphone applications review for study of biology in High School

Fernanda Kainara Marcelino da Fonseca¹, Bruno Santana da Silva²

RESUMO: A aprendizagem móvel busca explorar o uso dos smartphones como suporte ao aprendizado. Este trabalho realizou um levantamento dos aplicativos para smartphone *Android* em 2022 com potencial de apoiar o estudo de Biologia no Ensino Médio. 371 aplicativos gratuitos, em Português e Inglês, foram analisados considerando aspectos tecnológicos (tamanho do arquivo, execução offline, data de lançamento e de última atualização) e pedagógicos (temáticas, competências e habilidades previstas na BNCC, conteúdos, interdisciplinaridade e recursos pedagógicos oferecidos). Os aplicativos analisados abordam uma diversidade de aspectos, mas ainda se concentram em poucos itens. Este panorama pode auxiliar o professor a identificar aplicativos disponíveis para sua atuação profissional, bem como orientar o desenvolvimento de novos aplicativos para o estudo de Biologia no Ensino Médio.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem Móvel, BNCC, Interdisciplinaridade.

ABSTRACT: Mobile learning explores the use of smartphones to support learning. This work carried out a survey of Android smartphone applications in 2022 with the potential to support the study of Biology in High School. 371 free applications, in Portuguese and English, were analyzed considering technological aspects (file size, offline execution, launch date and last update) and pedagogical aspects (themes, competences and abilities foreseen in the BNCC, contents, interdisciplinarity and pedagogical resources offered). The analyzed applications address a variety of aspects, but still focus on a few items. This overview can help teachers to identify applications available for their professional activities, as well as guide the development of new applications for the study of Biology in High School.

KEYWORDS: Mobile Learning, BNCC, Interdisciplinarity.

INTRODUÇÃO

Diferentes Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) têm sido desenvolvidas e incorporadas ao cotidiano das pessoas ao longo da história (KENSKI, 2007; BURKE; BRIGGS, 2004). Algumas TICs se tornaram digitais, oferecendo alta capacidade de processar informações,

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestranda em Inovação em Tecnologias Educacionais, <https://orcid.org/0009-0009-1307-511X>. E-mail: fernanda.kaai@gmail.com.

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Professor do Instituto Metr pole Digital, <https://orcid.org/0000-0002-7689-8000>. E-mail: bruno@imd.ufrn.br.

estímulos sensoriais e interatividades diversas, bem como a possibilidade de trocar informações via internet (BARBOSA; SILVA, 2010; SILVA, 2021). Dentre as TICs digitais, os smartphones são dispositivos que agregam características interessantes. Eles possuem sensores (GPS, sensor de movimento, entre outros) para identificar o contexto físico onde é utilizado; diferentes recursos de interação (tela sensível ao toque, microfone, alto-falantes, vibração, etc.) que enriquecem a experiência de uso para as pessoas; capacidade de processar e armazenar informações multimídias de forma interativa, com textos, áudios, imagens, vídeos e outros, em aplicativos que oferecem as mais diversas funcionalidades e serviços; e acesso à internet sem fio para compartilhamento de informações com outros dispositivos digitais. Tudo isso é entregue em um dispositivo móvel, ou seja, um dispositivo pequeno e leve que pode ser facilmente carregado pelas pessoas no seu dia a dia. Também é importante notar que o preço dos smartphones tende a ser menor do que os de outras TICs digitais pessoais, como computadores notebooks e desktops, por exemplo.

O uso de smartphones e o acesso à internet pela população brasileira e mundial têm evoluído em uma trajetória crescente. Na rede privada de ensino, 93,2% dos estudantes com 10 anos ou mais possuíam smartphone para uso pessoal e 98,2% deles utilizaram a internet em 2021 (IBGE, 2022). Já na rede pública de ensino, 69,2% dos estudantes com 10 anos ou mais possuíam smartphone para uso pessoal e 87,0% deles utilizaram a internet neste mesmo ano. Assim, boa parcela dos estudantes do Ensino Médio no Brasil possui smartphone e tem acesso à internet.

Como outros ambientes sociais, a escola deve estar atenta e acompanhar as mudanças na realidade dos seus estudantes que usam as TICs digitais no cotidiano, em particular os smartphones. Sua práxis pedagógica não deveria estar dissociada da realidade tecnológica dos seus alunos (KENSKI, 2007). Assim, os professores precisam repensar o seu fazer pedagógico para tirar proveito dos recursos tecnológicos digitais nas suas práticas metodológicas. As TICs digitais poderiam ser mais usadas em sala de aula pelo seu potencial de estimular o interesse e a participação dos estudantes, de modo a promover o conhecimento científico e a desenvolver competências e habilidades (OLIVEIRA; COSTA; MOREIRA, 2001). Os documentos norteadores da educação no Brasil também orientam o uso de recursos digitais na prática pedagógica (BRASIL, 2018). A interação dos estudantes com as mais diversas TICs pode ser utilizada para estimular a curiosidade, a formulação de perguntas, a ampliação da compreensão de si mesmos, do mundo natural e social, e das relações dos seres humanos entre si e com a natureza (BRASIL, 2018).

As relações de alunos e professores com smartphones têm sido ressignificada nos processos de aprendizagem (CARMELO; GOMES, 2021). O uso dos smartphones como recurso pedagógico tem sido chamado de aprendizagem móvel (SHULER et al., 2014; ANUNCIATO, 2020). Essa modalidade de aprendizagem busca explorar as potencialidades de um dispositivo digital móvel com acesso à internet, que muitos alunos possuem e levam consigo para a escola, com o intuito de

enriquecer as oportunidades de ensino e aprendizagem. Dentre vários aspectos explorados na aprendizagem móvel, é possível destacar o apoio a atividades pedagógicas dentro e fora da sala de aula, com flexibilidade de tempo e espaço; a mobilidade (possibilidade de realizar atividades durante deslocamentos); a facilidade de acesso a informações; e a comunicação e a colaboração síncrona, assíncrona e a distância (SACCOL et al., 2011).

A literatura relata várias iniciativas de desenvolvimento e uso das TICs digitais no estudo de Biologia em diferentes níveis de ensino (MARIN et al., 2019; QUINQUIOLO et al., 2020; CRAVO; ESPARTOSA, 2021; SILVA, 2021). No entanto, ainda existe espaço para professores de Biologia explorarem a aprendizagem móvel no Ensino Médio com uma visão mais holística das tecnologias disponíveis. Quais são os aplicativos de smartphone disponíveis para apoiar o estudo de Biologia no Ensino Médio? Que conteúdos didáticos eles cobrem? Quais competências e habilidades previstas na BNCC os aplicativos poderiam ser utilizados para estimular?

Com o intuito de ampliar o entendimento do estado da arte dos aplicativos de smartphone disponíveis para a prática pedagógica de Biologia no Ensino Médio, este trabalho realizou uma revisão dos aplicativos para smartphone presentes na *Play Store* do *Android* durante o segundo trimestre de 2022. Os resultados da análise de aspectos tecnológicos e pedagógicos desses aplicativos podem (1) ser considerados por professores na escolha de quais recursos pedagógicos poderiam utilizar na sua atuação profissional; (2) contribuir para orientar o desenvolvimento futuro de novos aplicativos para o estudo de Biologia no Ensino Médio; e (3) servir de contexto (estado da arte) para pesquisas futuras sobre o desenvolvimento, avaliação e uso de tecnologias educacionais.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR PARA BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio normatiza a elaboração de currículos escolares no Brasil (BRASIL, 2018). Ela está organizada em quatro grandes áreas: Linguagens e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Cada área define temáticas, competências e habilidades específicas que precisam ser abordadas. A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias articula de forma interdisciplinar os componentes curriculares de Biologia, Química e Física. O estudo da Biologia é fundamental para a formação básica das pessoas, pois permite a compreensão do indivíduo enquanto organismo vivo que compõe o meio no qual está inserido, bem como as possíveis interferências na dinamicidade desses e dos demais seres vivos que compartilham o mesmo meio (KRASILCHIK, 2004). Além disso, desenvolver o pensamento biológico construído historicamente contribui para a compreensão do fenômeno da vida (BERTONI; LUZ, 2011).

Em Ciências da Natureza, a BNCC encaminha um aprofundamento do estudo de duas

temáticas: “Matéria e Energia” e “Vida, Terra e Cosmos”. Essas temáticas devem ser trabalhadas para promover o desenvolvimento de três competências relacionadas com 26 habilidades específicas. A Competência 1 propõe “Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia” (BRASIL, 2018, p. 553). Ela está relacionada com sete habilidades, que variam de EM13CNT101 até EM13CNT107. A Competência 2 requer “Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos”. Ela está associada a nove habilidades, variando de EM13CNT201 a EM13CNT209. Já a Competência 3 demanda “investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo”. Ela se relaciona com 10 habilidades, desde EM13CNT301 até EM13CNT3010.

A BNCC também preconiza a interdisciplinaridade entre os saberes de diferentes áreas de conhecimento. Assim, as práticas escolares devem explorar interconexões entre os saberes para que os estudantes possam compreender suas complementaridades, convergências e divergências.

RECURSOS PEDAGÓGICOS DIGITAIS

A literatura relata uma diversidade de categorias de recursos pedagógicos digitais. Mais de um recurso pode ser encontrado num mesmo aplicativo para smartphone. Tomando como base (REBOUÇAS et al., 2021) e (IEEE, 2020), os tipos de recursos digitais considerados neste trabalho dizem respeito a atividades e a conteúdos pedagógicos oferecidos. Os tipos de atividades pedagógicas oferecidas pelos aplicativos foram classificados em:

- **Atividades experimentais:** orientam testes de hipóteses com experimentos.
- **Chave de identificação:** permitem a identificação taxonômica de seres vivos.
- **Atividades colaborativas:** estimulam a colaboração e o compartilhamento de informações.
- **Equipamento:** apresentam e orientam o uso de equipamentos.
- **Flashcard:** exibição de cartões contendo perguntas e respostas.
- **Palavras-cruzadas:** questionamentos no formato de palavras cruzadas.
- **Produção textual:** permite e estimula anotações textuais livres.
- **Questionário:** perguntas sem interação do usuário e correção automática.
- **Quiz:** perguntas com interação com o usuário e correção automática.
- **Simulação:** simula realidades imaginárias onde o usuário pode intervir determinando características para verificar o comportamento dos seres vivos e do ambiente.

Os tipos de conteúdos pedagógicos oferecidos pelos aplicativos foram classificados como:

- **Ambiente virtual de aprendizagem:** simula uma sala de aula no mundo digital por meio do compartilhamento de materiais e ferramentas.

- **Animação:** desenhos que se modificam com o tempo sem interação com o usuário, que assume postura passiva.
- **Animação interativa:** desenhos que se modificam com o tempo conforme a interação do usuário (para dar zoom, escolher perspectiva, entre outros), mas sem determinar características dos seres vivos ou do ambiente presentes na animação.
- **Áudio:** disseminação de informações por meio de áudios.
- **Hiperlink:** links para navegação no conteúdo, similar ao comportamento típico da *web*.
- **Jogo:** o conteúdo é apresentado durante uma atividade lúdica em um mundo imaginário com conjunto de regras, em que o usuário se torna jogador.
- **Material de leitura:** apresenta informações por meio de textos.
- **Multimídia:** apresentação de vídeos, sons, imagens e textos, geralmente combinados.
- **Mundo virtual:** utiliza realidade aumentada, alternativas e tecnologias imersivas para estimular o usuário a se imaginar vivendo temporariamente nesta realidade imaginária.
- **Vídeo:** conteúdo em vídeo cuja reprodução é controlada pelo usuário.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o objetivo de fazer uma revisão dos aplicativos de smartphone para o estudo de Biologia no Ensino Médio, este trabalho realizou uma pesquisa documental descritiva quantitativa e qualitativa (GIL, 2022). A coleta de dados iniciou com uma busca por aplicativos disponíveis na loja do *Android*, a *Play Store* (<https://play.google.com>), no segundo trimestre de 2022. Empregou-se uma palavra-chave por vez, num total de 14: Anatomia, Biologia, Botânica, Ciência, Citologia, Ecologia, Embriologia, Evolução, Genética, Histologia, Microbiologia, Paleontologia, Parasitologia e Zoologia. Os tópicos variaram desde termos mais gerais como Ciência e Biologia, até termos mais específicos como Citologia e Genética, por exemplo.

O Quadro 1 apresenta os critérios de inclusão e de exclusão considerados. Esta revisão se concentrou em aplicativos gratuitos, em Português ou Inglês, com potencial para apoiar o estudo de Biologia no Ensino Médio. Foram incluídos, por exemplo, aplicativos similares a enciclopédias ou preparatórios para provas como o ENEM. Entretanto, foi excluído qualquer aplicativo que citasse termos de Biologia, mas que não tivesse potencial educacional. Por exemplo, muitos jogos ficaram de fora desta pesquisa porque apenas usaram seres vivos como personagens, sem, no entanto, abordar conceitos biológicos relacionados ou, pior, abordaram conceitos biológicos de forma errada em uma “licença poética”. Também foram deixados de fora aplicativos que aparentemente apenas reunissem links para conteúdos externos, que dependessem de livros didáticos específicos para serem usados, bem como aplicativos de revistas científicas, de notícias e dicionários.

Quadro 1. Critérios de inclusão e de exclusão.

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Aplicativos com / de / em: <ul style="list-style-type: none"> • potencial educacional para o estudo de Biologia no Ensino Médio • acesso gratuito por completo ou com algum conteúdo gratuito suficiente para apoiar o estudo de Biologia • Português ou Inglês • enciclopédia • preparação para provas do Ensino Médio (ENEM) 	Aplicativos com / de / para: <ul style="list-style-type: none"> • dependentes de livros didáticos para ser usado • apenas links externos • revistas científicas • notícias • dicionários • acesso que exige número de telefone fora do Brasil

Fonte: Definido pelos autores.

Os aplicativos encontrados passaram por dois filtros, conforme análise qualitativa baseada na interpretação de dois pesquisadores. Cada pesquisador trabalhou individualmente com conjuntos disjuntos de aplicativos, geralmente sem revisar os resultados obtidos pelo colega. Apenas em caso de dúvidas de um pesquisador, o outro pesquisador também fazia sua análise individual do respectivo aplicativo para discussão e uma decisão coletiva. No primeiro filtro foram selecionados aplicativos que atendiam aos critérios de inclusão e de exclusão a partir da interpretação das informações, imagens e vídeos disponíveis na página do aplicativo na *Play Store*. Em casos de dúvidas, os aplicativos foram usados para uma análise melhor informada. Como resultado, registrou-se uma lista de aplicativos com seus respectivos nomes e *links* para a página na *Play Store*. O segundo filtro removeu os aplicativos repetidos.

Os aplicativos no escopo desta pesquisa foram instalados nos smartphones pessoais dos pesquisadores para uma análise majoritariamente qualitativa de aspectos tecnológicos e pedagógicos. A análise dos aspectos tecnológicos ficou sob a responsabilidade do pesquisador com formação e experiência nesta área. Enquanto a análise pedagógica foi realizada pela pesquisadora com formação e experiência na docência de Biologia no Ensino Médio. Cada pesquisador analisou sozinho um dos aspectos em todos os aplicativos. Em caso de dúvidas, o outro pesquisador também analisou o aplicativo para discussão e decisão coletiva sobre a interpretação a ser considerada.

Os aspectos tecnológicos identificados para cada aplicativo foram: idioma; tamanho do arquivo; se a execução do aplicativo deveria ser *online* (com conexão à internet) ou se poderia ser *offline* (sem conexão com a internet); data de lançamento; e a data de última atualização. Os aspectos pedagógicos identificados em cada aplicativo foram: temáticas, competências e habilidades previstas na BNCC (Seção 2); conteúdo geral e específico de Biologia; se o aplicativo apoiava o estudo de Biologia de forma interdisciplinar e quais disciplinas eram estudadas em conjunto; bem como quais tipos de recursos pedagógicos estavam presentes no aplicativo (Seção 3). Os conteúdos geral e específico foram identificados pelos pesquisadores durante a análise dos

aplicativos (e não *a priori*) e associados aos conteúdos estudados na área de Biologia, inspirados em livros-texto (AMABIS et al., 2020) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2000). Por exemplo, na análise de um aplicativo identificou-se como conteúdo geral “Ecologia” e os específicos “conceitos básicos de ecologia”, “biomas”, “relações ecológicas” e “ciclos biogeoquímicos”. Alguns aplicativos, em especial aqueles com exercícios de pergunta-resposta (*quiz*), abordavam vários conteúdos difíceis de determinar por completo. Nesses casos, o conteúdo específico do aplicativo foi classificado como “conteúdos diversos”.

A análise dos aspectos tecnológicos e pedagógicos foram registrados e tabulados em uma planilha eletrônica junto de um índice numérico, nome e *link* de cada aplicativo. Esta planilha foi importada em um banco de dados para realização de análises quantitativas descritivas, com totais, médias, desvio padrão e porcentagens.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

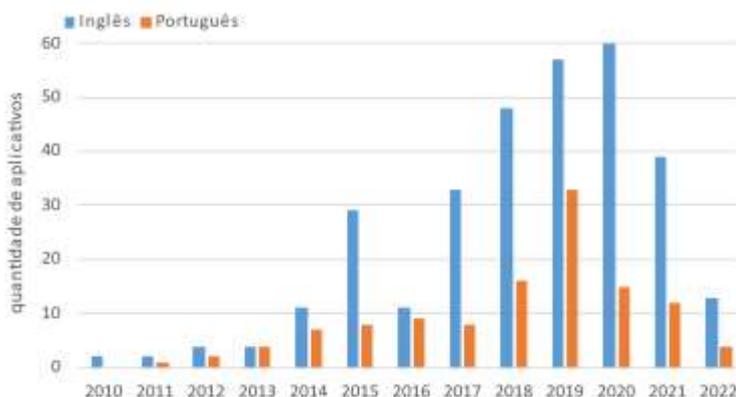
Entre abril e junho de 2022 foram encontrados 3500 aplicativos, com repetições, para smartphone *Android* na *Play Store* a partir das 14 palavras-chave consideradas. Após o primeiro filtro com os critérios de inclusão e exclusão, restaram 745 aplicativos. Depois do segundo filtro que removeu repetições, permaneceram **371** aplicativos para análise. A lista completa de todos estes aplicativos selecionados, com nome, *link* e demais aspectos técnicos e pedagógicos identificados, pode ser encontrada em (FONSECA; SILVA, 2024). Dentre os aplicativos analisados, 314 aplicativos eram em Inglês (84,6% do total), 119 em Português (32% do total) e 62 nas duas línguas (16,7% do total). Como alguns aplicativos possuem interface tanto em Português quanto em Inglês, o total de aplicativos não corresponde à soma dos aplicativos em cada língua. Portanto, o total, os aplicativos em Português e os aplicativos em Inglês devem ser interpretados como conjuntos disjuntos neste trabalho.

No contexto educacional brasileiro, é fundamental que os aplicativos estejam em Português. Apesar de 119 aplicativos encontrados em Português parecer uma quantidade relevante para apoiar o estudo de Biologia no Ensino Médio, ainda há espaço para aumentar a disponibilidade de aplicativos neste idioma quando comparado com a língua inglesa. Estes resultados se alinham com o relato de Hartmann et al. (2017 p. 9): “há ainda uma necessidade de incentivar a mobilização, a criação e o desenvolvimento de apps educacionais livres e em língua portuguesa em âmbito da *Play Store*”. É interessante observar que quase metade dos aplicativos em Português seguem uma proposta de internacionalização, pois também possuem interface em Inglês.

A Figura 1 ilustra como ocorreram os lançamentos desses aplicativos ao longo dos anos. Os aplicativos em Inglês começaram a ser lançados em 2010 e continuaram ininterruptamente até 2022.

Os aplicativos em Português seguiram comportamento similar, iniciando em 2011. Houve tendência de aumento no número de aplicativos lançados até 2020 nos dois idiomas, apesar das diferentes quantidades. Em 2021 e 2022, essa tendência se inverteu para diminuição nos dois idiomas, provavelmente sob o efeito da pandemia de Covid. O lançamento contínuo de novos aplicativos se alinha com e contribui para viabilizar iniciativas nacionais e internacionais de aprendizagem móvel (SACCOL et al., 2011; SHULER et al., 2014; ANUNCIATO, 2020).

Figura 1 - Quantidade de aplicativos por idioma e data de lançamento.



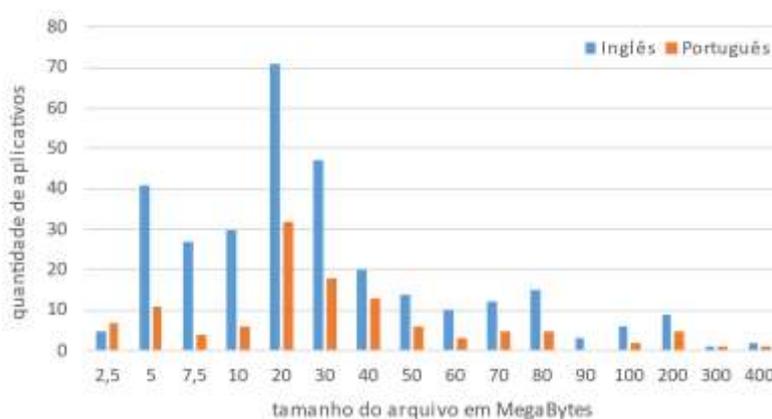
Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

Após o lançamento, não houve atualização em apenas 69 aplicativos (18,6% do total), sendo 50 em Inglês (13,5% do total) e 19 em Português (5,1% do total). Considerando somente os aplicativos atualizados, o intervalo entre o lançamento e a última atualização foi de 992 dias em média, com desvio padrão de 829 dias, nos aplicativos em Inglês, e de 1.166 dias em média, com desvio padrão de 996 dias, nos aplicativos em Português. É interessante notar que os esforços de atualização, e potencialmente de melhorias, desses aplicativos duraram entre dois e três anos em média. Fica evidente que as iniciativas de desenvolvimento de aplicativos para o estudo de Biologia no Ensino Médio não foram abandonadas após o lançamento pela grande maioria dos desenvolvedores. Eles continuaram envolvidos com essas iniciativas por bastante tempo e provavelmente tiveram oportunidade de amadurecer as propostas iniciais dos aplicativos.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos aplicativos pela quantidade de espaço de armazenamento ocupado no smartphone. O tamanho do arquivo dos aplicativos variou entre 2,5 até 400 MB, com maior concentração entre 5 e 40 MB em Inglês e entre 20 e 40 MB em Português. Felizmente, a média de espaço de armazenamento dos smartphones estava acima de 80GB em 2020, (WANG, 2021). Os maiores aplicativos encontrados nesta pesquisa (400MB) ocupariam próximo de 0,5% do espaço de armazenamento em média naquela época. Então, os alunos provavelmente não terão dificuldade para instalar esses aplicativos nos seus smartphones por falta de espaço.

Entretanto, o professor ainda precisa ficar atento a essa questão quando for propor uma atividade com aplicativos, pois eventualmente algum aluno pode enfrentar dificuldades neste quesito.

Figura 2 - Quantidade de aplicativos por idioma e espaço de armazenamento ocupado.



Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

Como nem sempre os estudantes têm acesso à conexão com a internet, seria interessante que os aplicativos fossem capazes de funcionar *offline*. A maior parte dos aplicativos encontrados funcionam *offline* como esperado. São 210 dos aplicativos em Inglês *offline* (56,6% do total), contra 104 funcionando apenas *online* (28,0% do total). Já em Português, são 70 aplicativos funcionando *offline* (18,9% do total), contrapondo com 49 online (13,2% do total). É positivo encontrar 58,8% dos aplicativos em Português funcionando *offline*, uma vez que os alunos poderiam instalar esses aplicativos quando e onde fosse possível acessar a internet. Depois, eles poderiam usar os aplicativos que funcionam *offline* sem depender dessa infraestrutura de conexão com a internet.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de aplicativos em cada idioma, que abordam cada conteúdo geral e específico de Biologia, e que poderiam ser utilizados para estudar as temáticas de “Matéria e Energia” e “Vida, Terra e Cosmos” previstas pela BNCC. Há repetição de aplicativos entre conteúdos (linhas da tabela), porque um mesmo aplicativo pode abordar vários conteúdos. É importante lembrar que também há aplicativos tanto em Português quanto em Inglês (colunas na tabela). Então, o total de aplicativos nem sempre corresponde à soma dos aplicativos nas duas línguas e em todos os conteúdos identificados. A cor de fundo de cada célula desta tabela foi definida como um mapa de calor, com tons de laranja para a temática “Matéria e Energia” e tons de verde para a temática “Vida, Terra e Cosmos”. Quanto mais escuro estiver uma célula da tabela, mais aplicativos existem com aquele conteúdo e idioma. Quanto mais claro estiver a célula, menos aplicativos foram encontrados com aquele conteúdo e idioma.

Identificou-se um total de 40 aplicativos com conteúdo sobre a temática “Matéria e Energia” (10,8% do total), sendo 29 em Inglês (7,8%) e 14 em Português (3,8%). Com o potencial de apoiar o estudo do sobre a temática “Vida, Terra e Cosmos”, tem-se 370 aplicativos (99,7% do total),

sendo 313 em Inglês (84,3%) e 119 em Português (32,1%). Considerando os dois idiomas, os conteúdos com maior número de aplicativos no tema “Matéria e Energia” foram “Biologia geral” sobre “Conteúdos diversos” (17 aplicativos), “Bioquímica” sobre “Metabolismo celular” (15 aplicativos) e “Citologia” sobre “Células” (12 aplicativos). No tema “Vida, Terra e Cosmos”, os aplicativos em maior número abordaram os conteúdos “Anatomia” sobre “Sistemas do corpo humano” (63 aplicativos), “Citologia” sobre “Células” (49 aplicativos), “Biologia geral” sobre “Conteúdos diversos” (40 aplicativos) e “Sistemática” sobre “Taxonomia” (40 aplicativos).

Tabela 2. Quantidade de aplicativos por conteúdo geral e específico por tema e idioma.

Conteúdo geral	Conteúdo específico	Matéria e Energia			Vida, Terra e Cosmos		
		Todos	Inglês	Português	Todos	Inglês	Português
Anatomia	Anatomia dos animais				2	2	1
Anatomia	Conteúdos diversos	1	1		1	1	
Anatomia	Sistemas do corpo humano				63	58	12
Anatomia	Áreas da biologia	1	1		2	2	
Biologia geral	Cientistas que contribuíram para a Ciência				1	1	
Biologia geral	Conteúdos diversos	17	11	7	40	31	11
Biologia geral	Importância e história da Biologia				1	1	
Biologia geral	Introdução à Biologia	2	2		8	7	1
Biologia geral	Método científico	3	2	1	7	4	3
Biologia geral	Microscopia				6	4	2
Biologia geral	Técnicas laboratoriais	1	1		2	2	1
Biologia geral	Expressão gênica	3	3		22	17	7
Bioquímica	Biomoléculas	10	8	3	31	23	15
Bioquímica	Conteúdos diversos	1	1		1	1	
Bioquímica	Metabolismo celular	15	12	4	27	21	8
Bioquímica	Biosensor	1	1		1	1	
Biotecnologia	Clonagem	1		1	2	1	1
Biotecnologia	Conceitos básicos de biotecnologia	1	1		4	2	2
Biotecnologia	Conteúdos diversos				1	1	
Biotecnologia	DNA recombinante	1	1		5	4	1
Biotecnologia	Engenharia genética	2	2		6	6	1
Biotecnologia	Terapia gênica	3	3		8	7	1
Biotecnologia	Transgênicos	2	1	1	4	2	2
Biotecnologia	Anatomia vegetal	5	5		28	21	11
Botânica	Botânica sistemática	4	4		25	20	10
Botânica	Conteúdos diversos	1	1		2	2	
Botânica	Ficologia				1	1	
Botânica	Fisiologia vegetal	11	9	2	28	22	8
Botânica	Fitoterapia				5	5	2

Conteúdo geral	Conteúdo específico	Matéria e Energia			Vida, Terra e Cosmos		
		Todos	Inglês	Português	Todos	Inglês	Português
Botânica	Reprodução em plantas				10	7	5
Citologia	Células	12	10	3	49	38	21
Citologia	Ciclo celular	5	5		24	20	7
Citologia	Conteúdos diversos	1	1		2	2	
Citologia	Transporte celular				2	1	1
Ecologia	Biodiversidade				10	7	3
Ecologia	Biomassas	1	1		10	6	4
Ecologia	Ciclos biogeoquímicos	4	3	1	11	8	3
Ecologia	Conceitos básicos de ecologia	2	2	1	15	11	6
Ecologia	Conservação da biodiversidade				6	5	1
Ecologia	Conteúdos diversos	1	1		2	2	
Ecologia	Ecoturismo	1	1	1	1	1	1
Ecologia	Problemas ambientais	1	1	1	12	10	5
Ecologia	Relações alimentares	4	3	2	17	12	7
Ecologia	Relações ecológicas	1		1	12	7	6
Ecologia	Sucessão ecológica	1		1	2	1	1
Ecologia	Sustentabilidade	2	1	2	13	8	9
Ecologia	Anexos embrionários				3		3
Embriologia	Desenvolvimento embrionário	1		1	8	4	6
Embriologia	Gametogênese				4	3	3
Embriologia	Conteúdos diversos				1	1	
Evolução	Eras geológicas				3	3	2
Evolução	Evidências da evolução				2	2	
Evolução	Evolução das espécies				7	7	1
Evolução	Evolução do comportamento				1	1	1
Evolução	Mecanismos evolutivos	1	1		6	6	2
Evolução	Teorias evolucionistas	4	3	2	16	13	6
Evolução	Teorias sobre a origem da vida	1		1	7	6	6
Fisiologia	Conteúdos diversos	1	1		2	2	
Fisiologia	Doenças	2	2		19	18	1
Fisiologia	Fisiologia animal	4	3	1	6	5	2
Fisiologia	Fisiologia humana				18	16	4
Fisiologia	Infecções sexualmente transmissíveis				2	2	
Fisiologia	Áreas da genética				2	2	1
Genética	Câncer				2	2	
Genética	Codominância	2	1	1	6	3	4
Genética	Conceitos básicos de genética	5	4	2	33	26	11
Genética	Conteúdos diversos	1	1		2	2	
Genética	Dominância incompleta	3	2	1	7	6	2
Genética	Equilíbrio de Hardy-Weinberg				3	2	2
Genética	Heredograma				5	5	1
Genética	Interação gênica	2	1	1	8	5	5

Conteúdo geral	Conteúdo específico	Matéria e Energia			Vida, Terra e Cosmos		
		Todos	Inglês	Português	Todos	Inglês	Português
Genética	Leis de Mendel	6	4	2	19	11	9
Genética	Linkage	1	1		6	6	2
Genética	Mutações	1		1	9	5	4
Genética	Pleiotropia				2	2	1
Genética	Síndromes				3	3	1
Genética	Sistema ABO, RH e/ou MN				3	2	1
Genética	Aplicações da histologia				1	1	
Histologia	Conteúdos diversos				1	1	
Histologia	Tecidos animais				2	1	1
Histologia	Tecidos do corpo humano	2	2		14	9	7
Histologia	Aplicações da microbiologia				3	3	
Microbiologia	Áreas da microbiologia				1	1	
Microbiologia	Bacteriologia				25	21	4
Microbiologia	Conteúdos diversos	1	1		2	2	
Microbiologia	Micologia				9	7	3
Microbiologia	Microrganismos	4	3	1	15	13	3
Microbiologia	Virologia	1	1		19	16	3
Microbiologia	Paleoantropologia				2	2	1
Paleontologia	Paleobotânica				4	4	2
Paleontologia	Paleoclimatologia				2	2	1
Paleontologia	Paleontologistas				7	7	1
Paleontologia	Paleozoologia de vertebrados				2	2	1
Paleontologia	Doenças parasitárias				4	4	1
Parasitologia	Parasitismo				1	1	1
Sistemática	Conteúdos diversos	1	1		1	1	
Sistemática	Taxonomia	7	6	2	40	37	14
Sistemática	Áreas da zoologia				4	4	
Zoologia	Conceitos básicos de zoologia				2	2	
Zoologia	Conteúdos diversos	1	1		1	1	
Zoologia	Invertebrados				18	12	10
Zoologia	Protozoologia				2	1	1
Zoologia	Vertebrados				29	21	14

Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

A Tabela 3 apresenta a quantidade e a porcentagem de todos os aplicativos com potencial de ser utilizado para desenvolver as competências e as habilidades específicas previstas para “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” na BNCC. Quando não foi possível identificar uma competência ou habilidade específica a ser desenvolvida com o aplicativo, elas foram classificadas como indeterminadas. É importante notar que um aplicativo pode apoiar o desenvolvimento de mais de uma habilidade, ou seja, há repetições de um mesmo aplicativo em linhas diferentes desta tabela.

Também há repetição de aplicativos entre idiomas. Assim, o total de aplicativo nem sempre corresponde à soma de cada dimensão da tabela. As cores de fundo das células desta tabela foram usadas como um mapa de calor. Quanto mais escuro o fundo, maior é a concentração de aplicativos naquela habilidade e idioma. A concentração de aplicativos nas Competências 1, 2, 3 e indeterminada foi indicada respectivamente por tons de verde, laranja, azul e cinza. A concentração da porcentagem de aplicativos em relação ao total foi indicada por tons de preto.

Na Competência 1, destacou-se a habilidade EM13CNT101 com 25 aplicativos (6,7% do total), EM13CNT105 com 17 aplicativos (4,6% do total) e a habilidade EM13CNT104 com 8 aplicativos (2,2% do total). Essas habilidades são relacionadas aos conteúdos de meio ambiente, como desenvolvimento sustentável, ciclos biogeoquímicos e problemas ambientais. Na Competência 2, evidenciam-se 312 aplicativos (84,1% do total) para habilidade EM13CNT202, 63 aplicativos (17,0% do total) para a habilidade EM13CNT207 e 56 aplicativos (15,1% do total) para a habilidade EM13CNT203. Tais habilidades são abrangentes no estudo das formas de manifestação da vida, em seus diferentes níveis de organização. Consequentemente, elas abrangem uma maior quantidade de conteúdos específicos de Biologia e de aplicativos associados. Na Competência 3, a habilidade EM13CNT304 destacou-se com potencial suporte em 26 aplicativos (7,0% do total), seguida por EM13CNT309 com 13 aplicativos (3,5% do total) e as habilidades EM13CNT301 e EM13CNT308 com 12 aplicativos cada (3,2% do total). Essas habilidades abordam a aplicação de tecnologias no estudo e manipulação do DNA, questões socioambientais, recursos naturais, bem como a utilização de equipamentos na sociedade. As únicas habilidades específicas não contempladas por nenhum aplicativo analisado foram a EM13CNT305, que aborda o uso indevido de conhecimentos científicos, e EM13CNT307, que trata do uso de materiais de forma segura e sustentável, na Competência 3. Por fim, vale notar que não foi possível identificar a competência a ser desenvolvida por 8 aplicativos (2,2%).

Muitos aplicativos analisados concentram-se em poucos conteúdos didáticos (Tabela 2) e em poucas competências e habilidades propostas pela BNCC (Tabela 3). Em contrapartida, vários conteúdos, competências e habilidades são cobertos por uma pequena quantidade de aplicativos analisados. Esse grande desequilíbrio não é interessante porque diminui as chances desses aspectos receberem suporte adequado considerando a diversidade das realidades educacionais e dos objetivos pedagógicos do professor. Como argumentado por (DUTRA et al., 2020, p. 132), o uso de aplicativos pode “favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos de nossos alunos nos distintos contextos educacionais (...) [e] estender as possibilidades em contexto escolar e as interações entre professores e alunos visando ao ensino e aprendizagem de Ciências”. Assim, faz-se necessário ampliar a diversidade dos conteúdos, competências e habilidades considerados no desenvolvimento de aplicativos de smartphone *Android* de suporte ao estudo de Biologia no Ensino Médio.

Tabela 3. Quantidade de aplicativos por conteúdo geral e específico por tema e idioma.

Competência	Habilidade	Quantidade absoluta de aplicativos			Porcentagem do total de aplicativos		
		Todos	Inglês	Português	Todos	Inglês	Português
1	EM13CNT101	25	19	8	6,7%	5,1%	2,2%
	EM13CNT102	3	2	1	0,8%	0,5%	0,3%
	EM13CNT103	1	1	1	0,3%	0,3%	0,3%
	EM13CNT104	8	5	7	2,2%	1,3%	1,9%
	EM13CNT105	17	13	5	4,6%	3,5%	1,3%
	EM13CNT106	2	2	1	0,5%	0,5%	0,3%
	EM13CNT107	1	1	1	0,3%	0,3%	0,3%
	Indeterminada	5	4	1	1,3%	1,1%	0,3%
2	EM13CNT201	53	41	24	14,3%	11,1%	6,5%
	EM13CNT202	312	270	99	84,1%	72,5%	26,7%
	EM13CNT203	56	36	27	15,1%	9,7%	7,3%
	EM13CNT204	5	1	5	1,3%	0,3%	1,3%
	EM13CNT205	32	18	18	8,6%	4,9%	4,9%
	EM13CNT206	23	12	15	6,2%	3,2%	4,0%
	EM13CNT207	63	50	27	17,0%	13,2%	7,3%
	EM13CNT208	6	6	4	1,6%	1,6%	1,1%
	EM13CNT209	2	0	2	0,5%	0%	0,5%
	Indeterminada	16	14	2	4,3%	3,8%	0,5%
3	EM13CNT301	12	5	8	3,2%	1,3%	2,2%
	EM13CNT302	11	3	9	3,0%	0,8%	2,4%
	EM13CNT303	7	4	5	1,9%	1,1%	1,3%
	EM13CNT304	26	15	13	7,0%	4,0%	3,5%
	EM13CNT305	0	0	0	0%	0%	0%
	EM13CNT306	2	2	0	0,5%	0,5%	0%
	EM13CNT307	0	0	0	0%	0%	0%
	EM13CNT308	12	8	4	3,2%	2,2%	1,1%
	EM13CNT309	13	6	9	3,5%	1,6%	2,4%
	EM13CNT310	4	1	3	1,1%	0,3%	0,8%
Indeterminada	4	2	2	1,1%	0,5%	0,5%	
Indeterminada	Indeterminada	8	6	2	2,2%	1,6%	0,5%

Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

A Tabela 4 indica a quantidade e a porcentagem de todos aplicativos com potencial de serem utilizados para desenvolver atividades interdisciplinares entre Biologia e outros componentes curriculares. É relevante notar que alguns aplicativos abordam mais de um componente curricular

além da Biologia. Portanto, a soma de cada linha desta tabela não corresponderá ao total de aplicativos. Também há repetição de um mesmo aplicativo com mais de um idioma. Então, o total de aplicativos nem sempre será a soma dos aplicativos de cada idioma. A concentração dos aplicativos foi indicada pela cor de fundo da célula em escala de tons de preto. Quanto mais escuro, maior é a concentração de aplicativos naquele componente curricular e idioma.

Tabela 4. Quantidade e porcentagem de aplicativos de Biologia para o Ensino Médio com abordagens interdisciplinares por componente curricular e idioma.

	Quantidade absoluta de aplicativos			Porcentagem do total de aplicativos		
	Todos	Inglês	Português	Todos	Inglês	Português
Informática	1	1	0	0,3%	0,3%	0%
História	10	8	8	2,7%	2,2%	2,2%
Física	14	10	7	3,8%	2,7%	1,9%
Matemática	17	9	11	4,6%	2,4%	3,0%
Geografia	20	13	10	5,4%	3,5%	2,7%
Química	47	32	22	12,7%	8,6%	5,9%
Não	296	259	83	79,8	69,8%	22,4%

Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

Um total de 296 aplicativos analisados (79,8% do total) nas duas línguas não abordam conteúdos numa perspectiva interdisciplinar. Os componentes curriculares que se destacaram em abordagens interdisciplinares com a Biologia foram a Química, com 47 aplicativos (12,7% do total), a Geografia, com 20 aplicativos (5,4%), a Matemática, com 17 aplicativos (4,6%), a Física, com 14 aplicativos (3,8%) e a História, com 10 aplicativos (2,7%). A interdisciplinaridade foi abordada em 30,2% (36) dos aplicativos em Português analisados de suporte ao estudo de Biologia no Ensino Médio. Apesar de a interdisciplinaridade ser preconizada nos documentos educacionais, em particular na BNCC, ainda existe uma distância considerável entre teoria e prática (MOZENA; OSTERMANN, 2016). Há espaço significativo para ampliar as perspectivas interdisciplinares no desenvolvimento de aplicativos educacionais como esses.

A Tabela 5 apresenta um panorama dos recursos pedagógicos presentes nos aplicativos de suporte ao estudo de Biologia no Ensino Médio. É fundamental lembrar que um aplicativo pode oferecer mais de um tipo de recurso pedagógico em ambos idiomas. Assim, a soma das linhas pode não ser igual ao total de aplicativos, e a soma dos aplicativos em cada idioma também pode não corresponder ao total de aplicativos com determinado tipo de recurso pedagógico. A concentração dos aplicativos é indicada por tons de preto na cor de fundo das células desta tabela.

Tabela 5. Quantidade e porcentagem de aplicativos de Biologia por tipo de recurso pedagógico e idioma.

	Tipo de recurso pedagógico	Quantidade absoluta de aplicativos			Porcentagem em relação ao total de aplicativos		
		Todos	Inglês	Português	Todos	Inglês	Português
Atividade	Atividades experimentais	2	1	1	0,5%	0,3%	0,3%
Atividade	Chave de identificação	2	1	2	0,5%	0,3%	0,5%
Atividade	Colaborativa	1	1	0	0,3%	0,3%	0%
Atividade	Equipamento	4	3	1	1,1%	0,8%	0,3%
Atividade	<i>Flashcard</i>	7	6	2	1,9%	1,6%	0,5%
Atividade	palavras-cruzadas	3	3	0	0,8%	0,8%	0%
Atividade	Produção textual	1	1	1	0,3%	0,3%	0,3%
Atividade	Questionário	9	5	4	2,4%	1,3%	1,1%
Atividade	<i>Quiz</i>	137	106	49	36,9%	28,6%	13,2%
Conteúdo	Ambiente virtual de aprendizagem	9	2	8	2,4%	0,5%	2,2%
Conteúdo	Animação	54	50	18	14,6%	13,5%	4,9%
Conteúdo	Animação interativa	40	37	14	10,8%	10,0%	3,8%
Conteúdo	Áudio	1	0	1	0,3%	0,0%	0,3%
Conteúdo	<i>Hiperlink</i>	19	15	11	5,1%	4,0%	3,0%
Conteúdo	Jogo	35	27	15	9,4%	7,3%	4,0%
Conteúdo	Material de leitura	193	167	71	52,0%	45,0%	19,1%
Conteúdo	Multimídia	133	113	54	35,8%	30,5%	14,6%
Conteúdo	Mundo virtual	8	8	1	2,2%	2,2%	0,3%
Conteúdo	Simulação	19	18	3	5,1%	4,9%	0,8%
Conteúdo	Vídeo	9	7	3	2,4%	1,9%	0,8%

Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

Há uma forte concentração de aplicativos com material de leitura (193 aplicativos – 52% do total), com *quiz* (137 aplicativos – 36,9% do total) e com conteúdo multimídia (133 aplicativos – 35,8% do total). Esses recursos mais explorados em aplicativos de smartphones possuem equivalentes próximos no mundo analógico, tais como livros e questionários impressos, áudios em CDs e vídeos em DVDs, por exemplo. Não parece haver grandes diferenças nesses recursos entre o analógico e o digital, a não ser pela correção automática do *quiz*. Então, o potencial acadêmico das tecnologias digitais móveis na educação (SACCOL et al., 2011; SHULER et al., 2014; ANUNCIATO, 2020) ainda não alcançou amplamente o mercado de aplicativos *Android* para o estudo de Biologia no Ensino Médio. A teoria ainda está muito distante da prática neste caso.

TRABALHOS RELACIONADOS

Trabalhos anteriores já investigaram aplicativos móveis para o estudo de Biologia. Dutra, Bervian e Güllich (2020) buscaram aplicativos *Android* na *Play Store* em 2016 apenas com a palavra-chave “Biologia”. Eles encontraram 42 aplicativos gratuitos em Português para toda a Educação Básica, que também foram classificados em termos de conteúdo abordado e recurso pedagógico digital oferecido. Porém, os conteúdos encontrados se limitaram a Citologia, Anatomia e Fisiologia Humana e Taxonomia. Carneiro (2019) analisou 7 aplicativos *Android* e *iOS*, gratuitos e em Português, a partir das palavras-chave “anatomia humana” e “corpo humano”. Hartmann et al. (2017) buscaram na *Play Store* aplicativos *Android* em Português com as palavras-chave “biologia celular”, “célula” e “biologia”. Eles obtiveram 25 aplicativos que foram analisados em termos de conteúdo oferecido para toda a Educação Básica.

Este trabalho representa um avanço em relação a revisões anteriores de aplicativos de smartphone para o estudo de Biologia por: (1) ter coberto 371 aplicativos, bem mais do que os 42, 25 ou 7 aplicativos em trabalhos anteriores; (2) considerar um conjunto amplo e diversificado de palavras-chave, com pelo menos 11 palavras-chave a mais do que os trabalhos anteriores; (3) abordar tanto aplicativos em Inglês quanto em Português; (4) ter coletado dados em 2022, após de 3 a 6 anos da coleta dos trabalhos anteriores; (5) considerar mais categorias de conteúdos e recursos pedagógicos digitais e (6) por identificar possíveis competências, habilidades e iniciativas interdisciplinares previstas na BNCC, que podem ser desenvolvidas com suporte de cada aplicativo. Contudo, este trabalho se concentrou apenas no Ensino Médio, sem abordar toda a Educação Básica como os trabalhos anteriores citados fizeram.

LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Este trabalho se limitou a análise de aplicativos gratuitos, deixando de fora os aplicativos pagos. Pode haver diferenças entre os aplicativos pagos e gratuitos, em todos os aspectos tecnológicos e pedagógicos analisados. Deste modo, os resultados aqui apresentados refletem os aplicativos gratuitos encontrados para o estudo de Biologia no Ensino Médio, sem representar o que existe em contextos com investimento financeiro direto dos usuários. Este trabalho também ficou restrito ao mecanismo de busca da *Play Store*, sofrendo com suas eventuais limitações. Os resultados também não contemplam todo o universo de aplicativos móveis, pois outros ecossistemas não foram abordados neste trabalho, como o ecossistema da *Apple*, por exemplo.

Boa parte dos resultados deste trabalho foi obtida pelas interpretações pessoais dos pesquisadores. Para administrar as limitações dessas interpretações, as dúvidas foram discutidas

pelos pesquisadores. Além disso, esta análise contou com a experiência de uma professora de Biologia no Ensino Médio e de um pesquisador com experiência em análise de interfaces de softwares em geral, incluindo aplicativos móveis. Os resultados apresentados não permitem fazer afirmações positivas e nem negativas sobre as qualidades pedagógicas, de usabilidade ou de acessibilidade dos aplicativos. Também não houve apreciação sobre como incorporar alguns desses aplicativos às práticas pedagógicas do ensino de Biologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma visão abrangente do estado da arte de aplicativos gratuitos em Português e Inglês para smartphone *Android*, com potencial de apoiar o estudo de Biologia no Ensino Médio. Analisou-se aspectos tecnológicos e pedagógicos de 371 aplicativos encontrados em 2022. A lista completa desses aplicativos, com nome, *link* e demais critérios de análise, pode ser encontrada em (FONSECA; SILVA, 2024). A compreensão adquirida neste levantamento do estado da arte representou um avanço em relação a trabalhos similares anteriores (DUTRA et al., 2020; CARNEIRO, 2019; HARTMANN et al., 2017), porque (1) ampliou o escopo das línguas e conteúdos didáticos considerados; (2) enriqueceu o entendimento com a análise de aspectos tecnológicos e pedagógicos ainda não abordados por outros estudos, em particular por considerar as competências e habilidades previstas pela BNCC (2018) que os aplicativos têm potencial de desenvolver; e (3) atualizou o entendimento com a produção recente desses aplicativos.

Professores de Biologia podem utilizar a compreensão desse estado da arte em conjunto da lista de aplicativos para auxiliar na escolha de quais aplicativos que poderiam ser incorporados no seu planejamento e prática pedagógica, conforme seus objetivos e contextos educacionais. Todos os aspectos analisados nos aplicativos poderiam subsidiar os professores nessa escolha, com destaque para os conteúdos didáticos abordados e competências e habilidades potencialmente suportadas pelos aplicativos. Desenvolvedores de aplicativos para o estudo de Biologia também podem utilizar este estado da arte para conhecer os aplicativos similares e potencialmente concorrentes, para, então, decidir quais serão os conteúdos e recursos pedagógicos presentes e diferenciais do seu próprio aplicativo. Pesquisadores que atuam na área de aprendizagem móvel podem utilizar a compreensão deste estado da arte para investigar sobre o desenvolvimento, a avaliação e o uso de aplicativos como recursos para o estudo de Biologia. Isso é especialmente relevante para pesquisas mais próximas a questões práticas, como aquelas geralmente abordadas em cursos de mestrado e doutorado profissionais. Em todos os casos, o panorama apresentado aqui pode auxiliar esses diferentes atores a definir contexto, escopo e foco para sua atuação.

Trabalhos futuros deveriam buscar maior diversidade tecnológica e pedagógica no desenvolvimento de aplicativos para o estudo de Biologia no Ensino Médio. Também é preciso investigar sobre a avaliação desses aplicativos em termos pedagógicos, de usabilidade e de acessibilidade.

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M. et al. **Moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020.

ANUNCIATO, M. **Mobile learning: um breve panorama do uso pelo mundo**. 2020. 127 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2020.

BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação Humano-Computador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BERTONI, D.; LUZ, A. A. **Estilos de Pensamento Biológico sobre o Fenômeno Vida**. Revista Contexto & Educação, v. 26, n. 86, p. 23–49, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio): Parte I - Bases legais**. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2000.

BURKE, P.; BRIGGS, A. **Uma história social da mídia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004.

CARMELO, F. B. M.; GOMES, P. C. Aplicativo Android como facilitador do ensino de Ciências Biológicas: o que pensam estudantes do ensino médio? **Educação Temática Digital**, v. 23, n. 2, p. 534-550, 2021.

CARNEIRO, J. F. **Levantamento e análise de aplicativos para dispositivos móveis, que possam ser utilizados no ensino de biologia, nos conteúdos anatomia e fisiologia humana**. 2019. 25 f. Monografia (Especialização em Inovação e Tecnologias na Educação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

CRAVO, A. R.; ESPARTOSA, K. D. Avaliação de simulações interativas em ciências da Plataforma on-line “Phet” por meio de parâmetros de avaliação e de oficinas com futuros docentes. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 14, n. 1, p. 658–679, 2021.

DUTRA, P.; BERVIAN, P. V.; GÜLLICH, R. I. C. Mobile learning e o uso de apps como proposta para o ensino de Ciências. **Revista Polyphonia**, v. 31, n. 2, p. 121-136, 2020.

FONSECA, F. K. M.; SILVA, B. S. **Catálogo de aplicativos de smartphone para o estudo de Biologia no Ensino Médio na Play Store do Android**. Produto Educacional (Mestrado em Inovação em Tecnologias Educacionais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/58728>. Acesso em: 11 jul. 2024.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2022.

HARTMANN, A. C. et al. Possibilidades didáticas para o uso de aplicativos móveis no ensino de biologia celular na educação básica. **IV CIECITEC IV Congresso internacional de educação científica e tecnológica**. Universidade Federal da Fronteira Sul, Santo Ângelo, 2017.

IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua: acesso à internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal em 2021**. 2022.

IEEE. **IEEE Standard for Learning Object Metadata**, 2020. Disponível em: <https://standards.ieee.org/ieee/1484.12.1/7699/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2007.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4.º cd. revista e ampliada - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

MARIN, J. C.; BERVIAN, P. V.; GÜLLICH, R. I. C. Tecnologias da informação e comunicação (TIC) no ensino de ciências e teorias educacionais: estado do conhecimento. **Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 8, n. 2, 2019.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. A interdisciplinaridade na legislação educacional, no discurso acadêmico e na prática escolar do Ensino Médio: panaceia ou falácia educacional? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 92-110, 2016.

OLIVEIRA, C. C.; COSTA, J. W.; MOREIRA, M. **Ambientes informatizados de aprendizagem: produção e avaliação de software educativo**. Campinas, SP: Papirus, 2001.

QUINQUIOLO, N. C. R.; SANTOS, C. A. M.; SOUZA, M. A. Uso de software de realidade aumentada como ferramenta pedagógica: apresentação do aplicativo Virtual Tee. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 13, n. 2, p. 328–345, 2020.

REBOUÇAS, A. D.; MAIA, D. L.; SCAICO, P. D. Objetos de Aprendizagem: da definição ao desenvolvimento, passando pela sala de aula. In: PIMENTEL, M.; SAMPAIO, F. F.; SANTOS, E. O. (Org.). **Informática na Educação: ambientes de aprendizagem, objetos de aprendizagem e empreendedorismo**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021.

SACCOL, A.; SCHLEMMER, E.; BARBOSA, J. **MLearning e u-learning: novas perspectivas da aprendizagem móvel e ubíqua**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

SHULER, C.; WINTERS, N.; WEST, M. **O Futuro da Aprendizagem Móvel: implicações para planejadores e gestores de políticas**. Brasília: UNESCO, 2014.

SILVA, B. S. Reflexões sobre a elaboração de materiais didáticos digitais para parasitologia e entomologia médica. **HOLOS**, v. 1, p. 1-23, jun. 2021.

WANG, B. **Average Smartphone NAND Flash Capacity Crossed 100GB in 2020**. 2021. Disponível em: <https://www.counterpointresearch.com/insights/average-smartphone-nand-flash-capacity-crossed-100gb-2020>. Acesso em: 19 mar. 2024.