



PROTOTIPAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL COM O SUPORTE DA ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA

Prototyping a digital game with the support of Didactic-Computer Engineering

José Vitor Ramos de Lima

Doutorando em Educação Matemática e Tecnológica
Universidade Federal de Pernambuco – PE – Brasil
vitorraamos091@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6431-4832>

Franck Gilbert René Bellemain

Doutor em Didactique des Mathématiques
Universidade Federal de Pernambuco – PE – Brasil
f.bellemain@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5358-2057>

Resumo

Este artigo é um recorte de uma pesquisa de mestrado e teve como objetivo desenvolver um protótipo de uma versão digital do Jogo do Nim alinhado metodologicamente pela Engenharia Didático-Informática (EDI). Os referenciais teóricos abrangeram a Teoria dos Jogos Combinatórios de Teixeira (2013) e a Teoria das Situações Didáticas de Brousseau (1998, 2008), adotando-se pressupostos baseados na Engenharia Didático-Informática como metodologia de pesquisa, uma vez que o objetivo foi relacionado a prototipar um jogo digital com uma visão educacional. A discussão das análises com os participantes através do fórum se mostrou de grande potencial para evolução das versões dos protótipos na plataforma *Scratch*. Com isso, o modelo de processo de software que utilizamos, a EDI, possibilitou um percurso metodológico interessante para a produção de uma versão digital do Jogo do Nim com Uma Pilha.

Palavras-Chave: Jogos digitais; Jogo do Nim; Engenharia Didático-Informática (EDI).

Abstract

This article is part of a master's research and aimed to develop a prototype of a digital version of Jogo do Nim methodologically aligned with Didactic-Informatics Engineering (DIE). The theoretical references cover the Theory of Combinatorial Games by Teixeira (2013) and the Theory of Didactic Situations by Brousseau (1998, 2008), adopting assumptions based on Didactic-Computer Engineering as a research methodology, since the objective was related to prototyping a digital game with an educational vision. The discussion of the analysis with the participants showed great potential for the

evolution of the prototype versions. Considering it, the software process model that we used, EDI, enabled an interesting methodological path for the production of a digital version of Jogo do Nim with Uma Pilha.

Keywords: Digital games; Nim of game; Didactic-Computer Engineering (EDI).

INTRODUÇÃO

Nesta geração os jogos digitais estarão presentes como atividades indispensáveis de aprendizagem, sejam eles colaborativos, individuais, de competição ou de estratégia, como afirma Moran, Masetto e Behrens (2017). Com relação ao jogo que temos como foco nessa pesquisa, o Jogo do Nim foi um dos primeiros jogos a serem estudados matematicamente como parte da Teoria dos Jogos por Bouton (1901) e é considerado relativamente simples por suas regras e pela forma de se jogar.

Charles Leonard Bouton publicou o artigo “Nim, a game with the complete mathematical theory” (BOUTON, 1901), apresentando uma teoria matemática completa do Jogo do Nim. No que se refere à origem do jogo, não se sabe ao certo onde ou quando surgiu, entretanto, presume-se que tenha surgido na China e tenha sido analisado por matemáticos desde o século XVI (COSTA, 2016).

Outras curiosidades a respeito do jogo é que Nim vem do inglês arcaico e significa apanhar; algumas pessoas perceberam que “NIM” escrito ao contrário e invertido, “WIN”, tem significado de vencer em inglês (BOUTON, 1901).

Sendo assim, esse artigo é recorte de uma pesquisa de mestrado que tem por objetivo desenvolver um protótipo de uma versão digital do Jogo do Nim alinhado metodologicamente pela Engenharia Didático-Informática (EDI). Para efetivação desse objetivo apoiamos-nos na Teoria dos Jogos Combinatórios de Texeira (2013) para categorizarmos o Jogo do Nim como um jogo combinatório imparcial e na Teoria das Situações Didática de Guy Brousseau (1998), para utilizar um jogo do Nim como uma situação **adidática**.

Para tanto, o artigo está organizado em sete partes. Nessa primeira, introduzimos a motivação e proposta do artigo. Na sequência, apresentamos os fundamentos teóricos da Teoria Dos Jogos Combinatórios e as Situações Didáticas e sua articulação com os Jogos Combinatórios; na terceira parte apresentamos a Engenharia Didático-Informática (EDI) como uma estratégia metodológica para concepção de jogos digitais; em seguida, expomos o percurso metodológico do nosso estudo; na quinta parte temos a discussão da especificação e levantamento de funcionalidades; na sexta, apresentamos a discussão e resultados dessa investigação e, por fim, na sexta parte, temos nossas considerações finais.

TEORIA DOS JOGOS COMBINATÓRIOS

Há uma grande variedade nos tipos de jogos e no universo dos jogos matemáticos. Também, há algumas peculiaridades que possuem características em comum, como é o caso dos jogos combinatórios. Um jogo é dito combinatório quando se trata de um jogo sequencial com informações completas, ou melhor, jogos que os jogadores jogam alternadamente e possuem conhecimento de todas as posições e possíveis lances, como afirma Texeira (2013).

Nos trabalhos de Ferreira (2019) e Torres (2017) é mostrado uma análise matemática de alguns tipos de jogos combinatórios e uma relação desses jogos com o ensino de matemática, no qual através dessas pesquisas pode-se observar a relevância de se trabalhar com esses tipos de jogos em sala de aula.

Dessa forma, para exemplificar melhor as características de jogos combinatórios, Costa (2016) descreve-os da seguinte maneira: a) Os jogadores jogam simultaneamente, ou seja, as jogadas são alternadas; b) Cada jogador tem conhecimento de todos os dados do jogo, isto é, tem informação completa das peças, posições e jogadas; c) Não há interferência do acaso (sorte, dados, sorteios de cartas durante a partida); d) Há uma regra estabelecida para o término do jogo; e) O jogo é finalizado a partir de um número finito de jogadas; e f) Há duas possibilidades de encerramento do jogo, o empate ou a vitória de um dos jogadores.

Além das informações acima, podemos caracterizar o Jogo do Nim, objeto de estudo deste artigo, como um jogo combinatório imparcial uma vez que de acordo com Ferguson (2014), jogos desse tipo são quando as regras são válidas para os dois jogadores (ou duas equipes) e eles dispõem das mesmas opções de jogadas a partir de uma mesma posição; caso contrário, o jogo é dito como parcial. Os estudos de Lima e Bellemain (2022) apresentaram a teoria dos jogos combinatórios de uma forma ampla.

JOGO DO NIM COM UMA PILHA

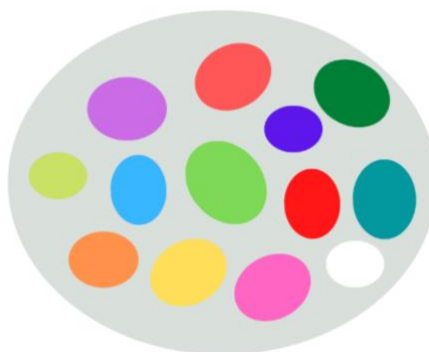
Essa versão denominada por Uma Pilha também é conhecida como a versão “simples” ou “um monte” do Jogo do Nim. Segue as regras dessa modalidade:

a) Dois participantes ou duas equipes jogam alternadamente; b) Cada jogador, na sua vez, poderá retirar um certo número de peças (conforme foi escolhido pelos jogadores no início do jogo); c) Perde aquele que não puder mais retirar peças (CASTRO; PESSOA; ARAÚJO, 2019).

Na figura 1, pode-se ter uma ideia de configuração de partida do Jogo do Nim em sua versão com Uma Pilha. O interessante dessa versão é que ela não precisa de muito para ser

confeccionada; basta dispor de uma certa quantidade de palitos, pedras, bolinhas de papel, entre outros materiais. Além disso, os jogadores podem decidir antes do jogo iniciar se o trio numérico para retirada será de “1, 2 ou 3 peças” ou “2, 3 ou 5 peças”, dentre outros trios. Vale salientar que pode também ser jogado com a escolha de uma dupla numérica ou quarteto numérico, embora em nossa pesquisa buscamos investigar apenas com trios numéricos.

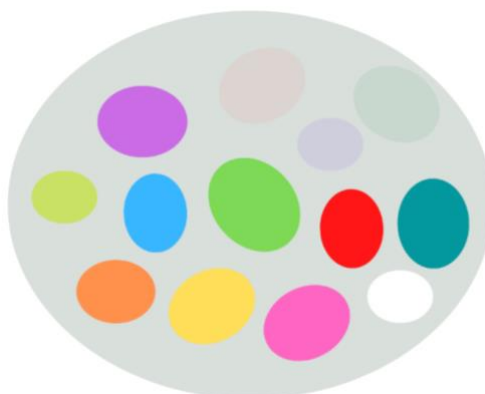
Figura 1: Jogo do Nim com Uma Pilha



Fonte: Lima (2023, p. 34).

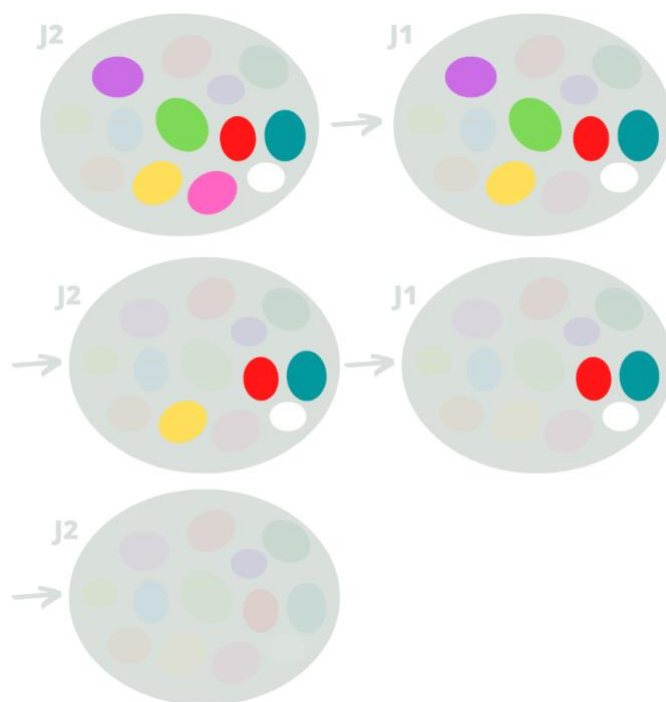
Exemplificando a configuração do jogo acima (com 13 peças) e sendo o trio numérico definido por $T = \{1, 2, 3\}$, veja: considere o primeiro jogador (J1) e o segundo jogador (J2). (J1) inicia o jogo e retira três peças; (J2) fica com um total de 10 peças. Observe a jogada na figura 2 em que as três peças transparentes foram as retiradas pelo jogador (J1):

Figura 2: Jogo do Nim com Uma Pilha



Fonte: Lima (2023, p. 34).

A partir disso, o jogador (J2) decide retirar também 3 peças, deixando (J1) com 7 peças. Observe a continuidade da partida através da figura 3.

Figura 3: Jogo do Nim com Uma Pilha

Fonte: Lima (2023, p. 35).

Perceba que o jogador (J2) decide retirar 3 peças. Assim, sobram as peças roxa, verde claro, amarela, vermelha, rosa, azul e branca para o jogador (J1) e ele retira 1 peça (rosa). Agora, o jogador (J2), com seis peças dispostas, retira apenas 2 peças (roxa e verde claro). Com isso, o jogador (J1) fica com uma configuração de 4 peças e decide retirar 1 peça (amarela), deixando 3 peças para o jogador (J2).

Dessa forma, o jogador (J2) vence a partida, pois retirou as últimas peças e o jogador (J1) perde por não ter mais possibilidades de jogada. Essa é apenas uma das infinitas configurações que podem ser obtidas com esse trio numérico estabelecido.

SITUAÇÕES DIDÁTICAS E SUA ARTICULAÇÃO COM OS JOGOS COMBINATÓRIOS

A Teoria das Situações Didáticas (TSD), desenvolvida por Guy Brousseau (1998), considera o modo como o matemático produz matemática, o trabalho de recontextualização que o professor deve realizar e como o aluno aprende. Além disso, Brousseau, em suas pesquisas, estuda como é construído o conhecimento a partir de situações planejadas pelo professor; destaca-se que essas situações não devem ser difíceis a ponto de o aluno não

conseguir avançar, assim como não devem ser fáceis a ponto de o estudante não se sentir motivado (DA SILVA NETO, 2021). Vale destacar dois conceitos apresentados por Brousseau (2008): “situação” e “meio” (*milieu*). A situação é o modelo de interação de um sujeito com um “meio determinado” (*milieu*). O *milieu* é preparado de forma a desafiar o aluno para que ele tente obter respostas a uma dada situação problema.

Através desses princípios básicos são propostas situações *adidáticas*:

Um tipo particular de situação didática, como sendo aquela na qual o aluno assume o papel de (pequeno) matemático, na qual há elevado grau de autonomia do aluno na interação com professor. Suas ações não são motivadas pelo desejo de satisfazer a uma expectativa do professor, mas pelo desejo genuíno de resolver o desafio/problema posto pela situação; ele realiza investigações e é plenamente corresponsável pela construção do seu conhecimento (BITTAR, 2017, p. 32).

Para exemplificar essas situações *adidáticas*, Brousseau (2008) expõe algumas discussões através da utilização de jogos em sala de aula, como o *Corrida ao 20*, em que sua configuração de jogo, mapeamento de jogadas, conteúdos matemáticos, dentre outras características, se assemelham à versão com Uma Pilha do Jogo do Nim. A afirmação de Bittar (2017) se encaixa na proposta da utilização do Jogo do Nim com Uma Pilha, na qual uma situação *adidática* tem de ser elaborada com o objetivo de o aluno entrar no jogo e aceitar o problema como sendo seu, isto é, deve instigar no aluno o despertar de uma curiosidade científica. Se isso acontece, diz-se que ocorreu o processo de *devolução*: “A devolução é o ato pelo qual o professor faz com que o aluno aceite a responsabilidade de uma situação de aprendizagem (*adidática*) ou de um problema e assuma as consequências dessa transferência” (BROUSSEAU, 2008, p. 91).

À medida que o aluno se sente desafiado em como vencer em uma partida do Jogo do Nim com Uma Pilha, uma provável atitude que ele terá é buscar alguma solução de como vencer. Uma possível solução é buscando por padrões, mapeando as jogadas, formulando conjecturas, dentre outras técnicas, e esses processos, na visão acadêmica, é fazer ciência (COSTA; ANDRADE; LIMA, 2021). Sendo assim, utilizar o Jogo do Nim em sua versão Uma Pilha vai além de trabalhar conceitos específicos da Matemática. Apesar de esses estudos terem um olhar para jogos analógicos, acredita-se que o mesmo ocorra com jogos de simulação, até para dar um novo sentido de interação ao jogador que está em contato com o ambiente, como afirma da Silva Neto (2021).

Além disso, Coutinho e Figueiredo (2020) utilizaram a TSD como fundamentação teórica e a Engenharia Didática de segunda geração como fundamentação metodológica em um artigo para discutir aspectos didáticos de um jogo de simulação computacional. Em seus

resultados foi notória a relevância de articular essa fundamentação teórica e metodológica no desenvolvimento da pesquisa.

Para atender essa expectativa de um jogo de simulação trazendo esse aporte teórico da Teoria dos Jogos Combinatórios e Teoria das Situações Didáticas, utilizamos o aporte metodológico da Engenharia Didático-Informática – EDI proposta por Tiburcio (2016, 2020).

PRESSUPOSTOS DA ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA: UMA ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A Engenharia Didático-Informática (EDI) foi apresentada como uma proposta metodológica para desenvolvimento de software educativo através de uma articulação entre a Engenharia de Software (SOMMERVILLE, 2011) e a Engenharia Didática (ARTIGUE, 1988, 1996). Entretanto, alguns trabalhos já vêm utilizando dessa metodologia para concepção de jogos digitais também, como a pesquisa de da Silva Neto (2021) que realizou a prototipagem do jogo “Pokétrunfo”. Há outras pesquisas que também estão com foco na concepção de jogos digitais e utilizam-se da EDI, porém, ainda em desenvolvimento e que vem sendo discutida junto a essa pesquisa.

Santos (2014), em sua pesquisa de mestrado, investigou o jogo Mankala Colhe Três e agora em sua pesquisa de doutorado em desenvolvimento visa construir uma versão digital do jogo utilizando a EDI como seu processo metodológico. O pesquisador já vem trazendo grandes contribuições e reflexões acerca da EDI para concepção de jogos digitais, assim como uma proposta de modelo que auxilie melhor na produção de tais jogos.

Apesar de o termo EDI parecer recente, há uma linha do tempo, como afirma Tiburcio (2020), que possibilitou a sua criação, isto é, esse processo se deu desde a criação de tecnologias educativas como o **Cabri Géomètre**, quando Bellemain (1992) se preocupou com uma lacuna referente a um referencial preciso para criação de softwares educativos. Ramos (2014) também proporcionou reflexões para a criação da EDI, investigando a relação entre a Engenharia Didática (ED) com a Engenharia de Softwares Educativos. Tal pesquisa que inspirou a criação do termo “Engenharia Didático-Informática” por trazer aspectos tecnológicos para desenvolver a versão digital (TIBURCIO; BELLEMAIN; RODRIGUES, 2021).

Com isso, em sua pesquisa de doutorado, Tiburcio (2020) percebeu que era necessário realizar um aperfeiçoamento da EDI, visto que os pesquisadores que a utilizavam elencaram limitações e possibilidades com a aplicação da engenharia; somam-se a isso os dificultadores e facilitadores do modelo proposto em sua pesquisa de mestrado.

Sendo assim, Tiburcio (2016, p. 26) “apresentou uma proposta de metodologia de desenvolvimento de software educativo que articula a Engenharia de Software e a Engenharia Didática”, a EDI. Em suas palavras:

O termo “Engenharia Didático-Informática” se constitui da percepção em utilizar os procedimentos metodológicos e reflexões teóricas das duas engenharias mencionadas. Utilizamos tal expressão para designar essa metodologia, pois essa fundamenta uma engenharia de software com os contributos teóricos e metodológicos da Engenharia Didática (TIBURCIO; BELLEMAIN; RODRIGUES, 2021, p. 3).

Dessa forma, o modelo atual é composto por quatro fases (analítica, hipotética, experimental e operacional), quatro ciclos (analítico-hipotético, hipotético-experimental, experimental-operacional e operacional-analítico) e das seguintes etapas: especificação, análises prévias, concepção e análise *a priori*, prototipação, desenvolvimento, experimentação, análise *a posteriori*, validação e verificação.

MÉTODO

Esta pesquisa é direcionada pelos pressupostos metodológicos da Engenharia Didático-Informática (EDI), proposta por Tiburcio, Bellemain e Rodrigues (2021). Nos limitamos a desenvolver os dois primeiros ciclos da EDI: analítico-hipotético e hipotético-experimental, cujas etapas foram de especificação, análises prévias, levantamento de requisitos, concepção e análises *a priori* e prototipação.

A pesquisa foi realizada em cinco etapas conforme é apresentado por Tiburcio, Bellemain e Rodrigues (2021), sendo a primeira destinada a especificação, isto é, foram delimitados os problemas existentes que o jogo digital desenvolvido poderia auxiliar na solução. Ainda na etapa de especificação foi formada a equipe transdisciplinar com profissionais na área de educação matemática e expressão gráfica.

Na segunda etapa foi construído um levantamento analítico com a intenção de compreender como estava sendo abordado a temática do Jogo do Nim nas dimensões epistemológica, cognitiva, didática e informática. Para isso, foi realizado um Estado da Arte das pesquisas de dissertações e teses nas plataformas Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. A discussão dos resultados encontrados pode ser observada com mais detalhes na leitura do artigo de Lima e Bellemain (2021), pois neste trabalho nos limitaremos a mostrar com mais profundidade a etapa de prototipação devido a quantidade de páginas. Entretanto, os trabalhos encontrados foram desenvolvidos para a Matemática Aplicada e Educação Matemática, mas nenhum

trabalho voltado para o Jogo do Nim em sua versão digital. Além disso, a fundamentação teórica deste artigo foi realizada através das análises prévias.

Na etapa de levantamento de requisitos entende-se que há uma lacuna no modelo de processo de software da EDI, haja vista que não identificamos de forma precisa como realizar os procedimentos para sua operacionalização. Diante do exposto, como alternativa, utilizamos como forma de representação das funcionalidades para o protótipo um infográfico ao invés do documento de requisitos propriamente dito. Contudo, temos ciência da existência de modelos bem mais complexos utilizados na Engenharia de Software, os quais pretendemos explorar em pesquisas futuras.

A etapa de concepção e análise *a priori* foi realizada juntamente com a etapa de prototipação. Essas etapas foram desempenhadas através da disciplina “Tecnologia na Educação Matemática”, do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, ministrada pelo Professor Dr. Sérgio Dantas na Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR.

Para as aulas foram utilizadas como plataformas o Google Meet, para atividades e discussões e o Moodle da UNESPAR, no qual foram disponibilizadas atividades do tipo fórum. Na semana 05, realizada entre 09 e 15 de setembro de 2021, houve um estudo e algumas construções sobre a plataforma *Scratch*, seguida de uma proposta de atividade de construção no *Scratch*. A partir disso houveram as discussões no fórum com 3 participantes. A seguir, apresentamos os resultados das etapas de especificação e levantamentos de funcionalidades que deram suporte para prototipação do Jogo do Nim em sua modalidade com Uma Pilha.

ESPECIFICAÇÃO E LEVANTAMENTO DE FUNCIONALIDADES

Para a etapa de especificação foi observado através da literatura os problemas percebidos por professores/pesquisadores para o qual o jogo digital poderá apresentar solução. Sendo assim, encontrou-se as dificuldades dos estudantes em assimilarem múltiplos de um número; desenvolvimento do pensamento científico; busca por estratégias e formulação de padrões. Através do jogo, utilizando-se das jogadas e investigações o estudante poderá assimilar esses conhecimentos. Os conhecimentos pretendidos na abordagem com a utilização do jogo digital são o desenvolvimento de estratégias para quantificar mentalmente; o mapeamento de possibilidades; o estímulo na busca por padrões e formulações de conjecturas; e o desenvolvimento do pensamento científico.

Com relação aos saberes delimitados, os conceitos e definição presentes no jogo são de múltiplos de um número. Os múltiplos de um número inteiro n são dados pela

multiplicação de n por todos os números inteiros, ou seja, o resultado dessa multiplicação são os múltiplos de n . Para finalizar a etapa de especificação aponta-se o diferencial da utilização desse jogo digital comparado ao jogo analógico, neste caso, ao comparar com a versão do jogo manipulável, através da versão digital, tem-se mais possibilidades de jogadas, trocas acessíveis de trios numéricos, ter um registro das jogadas para analisar posteriormente, quantidades maiores de peças durante a partida e possibilidade de jogar sozinho (com a máquina).

Para etapa do levantamento de funcionalidades foi realizada uma pesquisa em produtos da área, assim como registro de quais as principais diferenças entre os jogos da categoria Nim existentes e do que pretendíamos desenvolver, além disso, o que o jogo trará de novo das versões digitais já concebidas.

Há jogos digitais adaptados a partir do Jogo do Nim. Ao realizarmos uma busca na *Web* e em lojas virtuais de aplicativos, como a AppStore e PlayStore, notamos que as versões digitais do Jogo do Nim apresentadas são da versão com três pilhas – na modalidade *misère* (quem retira a última peça perde). Logo, dentre das várias variações que o jogo possui, vale mais uma vez ressaltar a importância de uma concepção de uma versão do Jogo do Nim com Uma Pilha.

Realizando uma busca sistemática mais uma vez sobre o Nim na *Web*, agora nas plataformas GeoGebra¹ e *Scratch*. Percebemos que há uma variedade de Jogos do Nim que tem sido desenvolvida por anônimos, professores de matemática e pesquisadores. No caso do GeoGebra, ao pesquisar por “Nim”, foram encontrados 47 projetos, porém, ao analisarmos um a um, apenas doze realmente eram sobre o Jogo do Nim. Desses doze, dois estavam repetidos e dois não funcionaram, ficando, assim, um total de oito projetos que, de fato, podem ser caracterizados como Jogo do Nim.

A categorização desses projetos foi dada por “Nome do arquivo”, “Autor”, “Tipo”, “Versão”, “*Misère?*”, “Idioma”, “Aspectos gerais de 1 a 5” e “*Link*”. O nome do arquivo foi dado pelos autores dos projetos; já os autores são os criadores. O “tipo” é para identificar se era alguma atividade ou outro tipo de conteúdo, embora todos estivessem caracterizados como atividade.

Na categoria “Versão” buscamos verificar quais eram as versões que estavam sendo desenvolvidas; já em “*Misère?*”, se os projetos estavam fazendo o uso da versão de “quem retira as últimas peças perde”. Já na parte de “Idioma”, tivemos o intuito de saber onde

¹ GeoGebra é um aplicativo de matemática dinâmica que combina conceitos de geometria e álgebra em uma única GUI (*Graphical User Interface*).

estavam sendo desenvolvidas as versões. Na categoria “Aspectos gerais 1 a 5” julgamos todos interessantes, porém alguns mais trabalhados que outros diante da preocupação com alguns elementos a mais. Na parte “*Link*”, preencheremos com o *link* que dá acesso ao projeto. Observe no quadro 1, de forma mais detalhada, os projetos encontrados.

Quadro 1: Jogo do Nim no GeoGebra

NOME DO ARQUIVO	AUTOR	TIPO	VERSÃO	MISÉRE?	IDIOMA	É INTERESSANTE? 1 A 5
Jogo do Nim	Marcos A. Manetta	Atividade	Três pilhas	Não	Português	5
Jogo do Nim (3)	Marcos A. Manetta	Atividade	Três pilhas	Não	Português	5
NIM game	Svetlana e Anders	Atividade	Três pilhas	Não	Português	4
Nim – Spiel	Andreas Vohns	Atividade	Uma pilha	Não	Alemão	3
Spielmit Streichhölzern	Matthias Hornof	Atividade	Uma pilha	Não	Alemão	3
El Nim	Ceferino	Atividade	Peão/ Xadrez	Sim	Espanhol	4
Four-by-Four NIM	Duane Habecker	Atividade	4X4	Não	Inglês	4
Nim-Jakoa	Maite Uriname	Atividade	Jakoa	Sim	Basco	3

Fonte: Adaptado de Lima (2023, p. 74).

Para ter acesso ao *link* dos projetos basta clicar no nome do arquivo que irá direcionar para a página do GeoGebra em que se encontra a elaboração do autor.

Na plataforma *Scratch* foram encontradas mais de 1.000 versões sobre o Jogo do Nim. Ao analisá-la brevemente, não foi encontrada uma versão correspondendo com aquela que pretendemos utilizar. Com essas versões digitais analisadas realizamos o levantamento de funcionalidades, a partir das potencialidades e limitações que pudemos observar nessas plataformas. Para tal levantamento foi elaborado um infográfico considerando as dimensões Epistemológica, Cognitiva, Didática e Informática, como mostra na figura 4.

Figura 4: Levantamento de Funcionalidades



Fonte: Adaptado de Lima (2023, p. 76).

As discussões desse levantamento contaram com a participação dos integrantes do grupo de pesquisa Atelier Digitas. Durante o processo de validação, os participantes verificaram essas funcionalidades quanto à pertinência, consistência e integralidade. Nesse processo podem ser descobertos erros quanto ao levantamento, o que, de acordo com Tiburcio (2020), podem ser modificados a fim de corrigir os problemas encontrados.

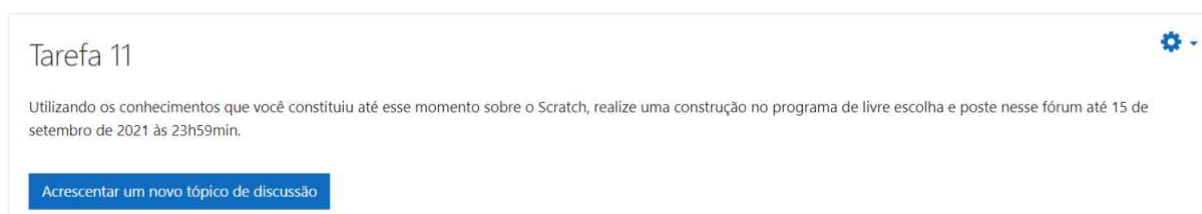
As situações de uso, como são propostas nas análises *a priori*, podem ser exemplificadas através desse levantamento. É pertinente que o jogador, ao abrir o jogo, tenha uma interface atrativa e algum personagem indicando como jogar e as regras do jogo.

A partir disso, é interessante que o jogador tenha a possibilidade de escolha do trio numérico e de quantidades de peças que deseja jogar, assim como se deseja jogar contra outro jogador ou contra a máquina. Também é proveitoso que os jogadores tenham a opção de arquivar as jogadas, de forma a retornar para elas e perceber algumas falhas em suas jogadas ou tentar entender como venceu/perdeu naquela partida. Esse tipo de situação permite que o jogador possa investigar melhor o jogo.

PROTOTIPAÇÃO DO JOGO DO NIM COM UMA PILHA

Como já mencionado anteriormente na sessão de método a construção do protótipo se deu através da plataforma *Scratch* por meio de uma das atividades vivenciadas em uma disciplina durante o mestrado por um dos autores, como é mostrado na figura 5.

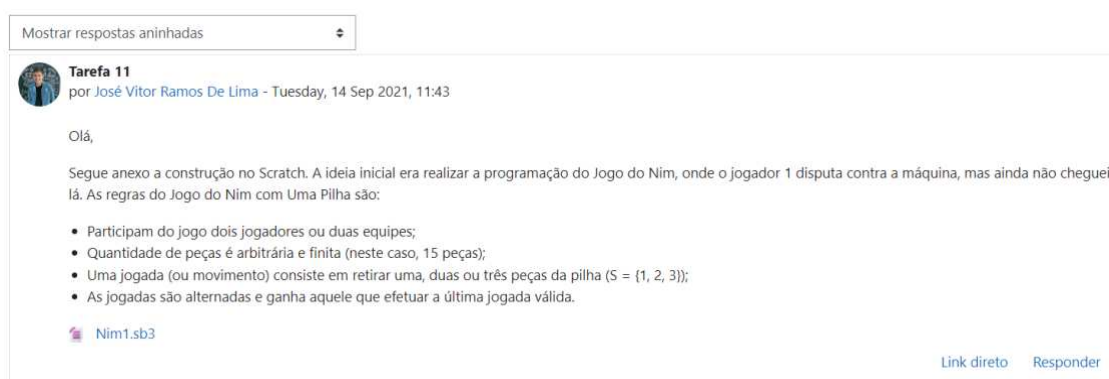
Figura 5: Tarefa 11 proposta pelo professor da disciplina TIC



Fonte: Lima (2023, p. 78).

Além disso, também foi solicitado que os participantes da disciplina comentassem em pelo menos duas postagens dos colegas analisando a construção e indicando sugestões na atividade. Tendo em vista os estudos e as construções preliminares no *Scratch*, uma versão digital do Jogo do Nim foi construída e postada na tarefa, como mostra a figura 6.

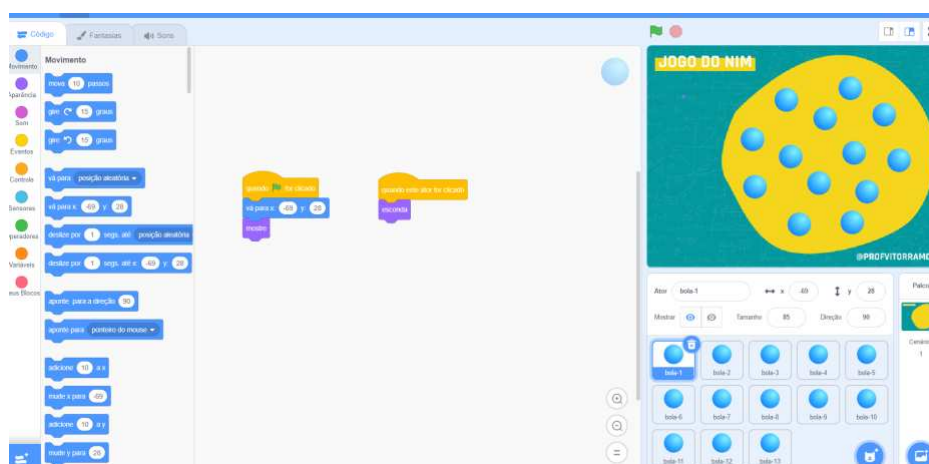
Figura 6: Tarefa 11 postada no fórum



Fonte: Lima (2023, p. 78).

Na figura 7 pode-se observar a primeira versão do Jogo do Nim com Uma Pilha postada e sua respectiva programação.

Figura 7: Primeira versão do Jogo do Nim com Uma Pilha no *Scratch*

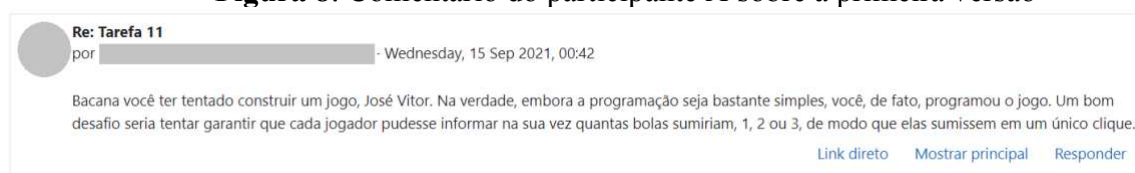


Fonte: Lima (2023, p. 78).

Nessa primeira versão sugere-se que os jogadores possam jogar juntos em uma mesma tela de jogador, com cada jogador em sua vez de jogar definindo o trio numérico e, ao clicar nas bolinhas, as peças somem. Essas bolinhas são chamadas de “atores”. Uma programação relativamente simples na qual o pano de fundo, denominado de “palco”, construído através da plataforma de design gráfico Canva, e as peças simbolizadas por bolinhas foram construídas na própria plataforma *Scratch*.

Houve comentários de três participantes nessa atividade. A seguir, iremos discutir os posicionamentos apresentados pelo participante A (professor de Matemática, mestre em Matemática); participante B (professor de Matemática) e participante C (professor de Matemática e doutor em educação matemática). O primeiro comentário realizado pelo participante A é mostrado na figura 8.

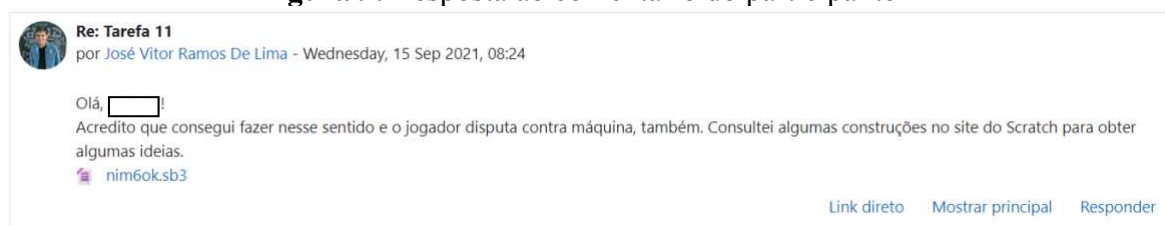
Figura 8: Comentário do participante A sobre a primeira versão



Fonte: Lima (2023, p. 79).

O participante A sugeriu possíveis alterações e na própria resposta do comentário, o autor do protótipo apresentou uma nova versão. Observe na figura 9 o comentário deixado:

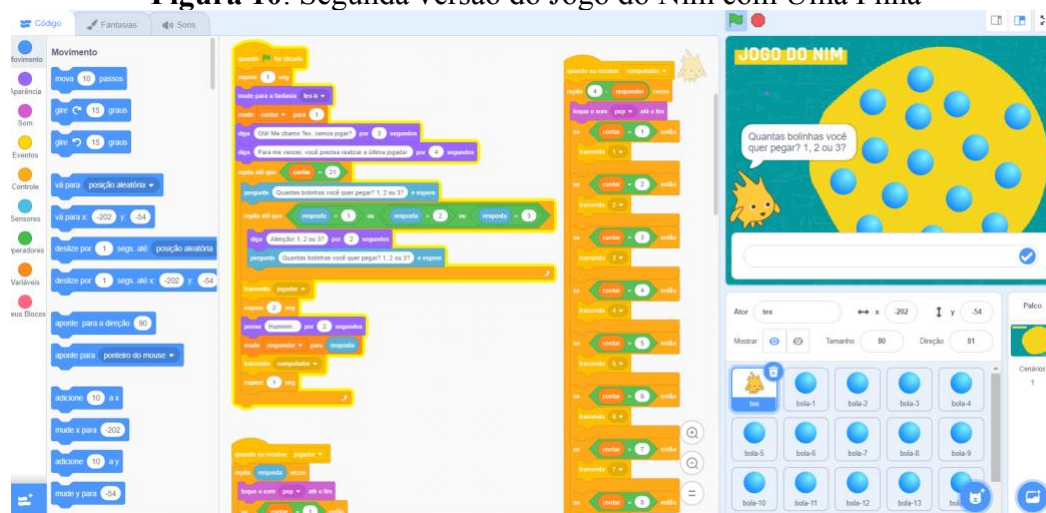
Figura 9: Resposta ao comentário do participante A



Fonte: Lima (2023, p. 78).

Nessa segunda versão apresentada foi necessário realizar uma programação mais complexa em relação à primeira. A intenção agora foi de que o jogador jogasse contra a máquina e que ele pudesse dizer quantas peças gostaria de retirar, conforme foi sugerido pelo participante A. Veja na figura 10 a interface da plataforma *Scratch* dessa segunda versão.

Figura 10: Segunda versão do Jogo do Nim com Uma Pilha

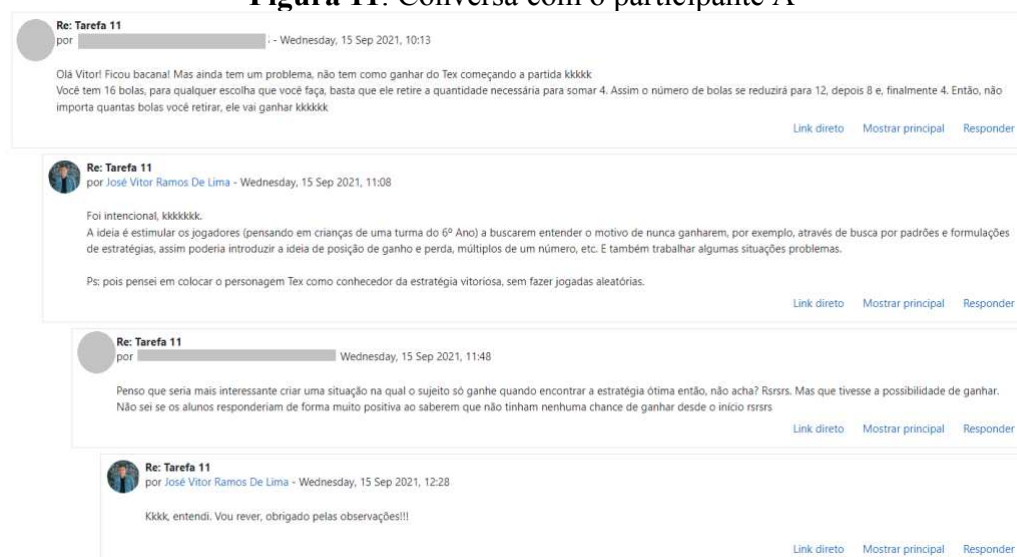


Fonte: Lima (2023, p. 80).

Percebe-se, na figura 10, que foi acrescentado um novo ator, o personagem Tex. Localiza-se o ator pela fala “quantas bolinhas você quer pegar? 1, 2 ou 3? A função inicial do personagem Tex é de explicar como funciona o Jogo do Nim com Uma Pilha e, logo depois, perguntar quantas bolinhas o jogador deseja retirar.

A partir dessa nova postagem surgiram mais comentários do participante A sobre essa nova versão postada. Observe na figura 11 a conversa:

Figura 11: Conversa com o participante A

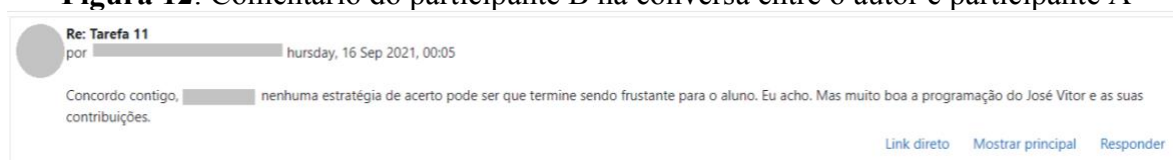


Fonte: Lima (2023, p. 80).

Nota-se a preocupação do participante A com essa nova versão, na qual percebeu que é impossível ganhar da máquina. De fato, pode ser frustrante para o jogador/estudante que estiver jogando perceber que é impossível ganhar. Por isso, o participante A sugere uma nova

versão que possa ser mais atrativa para o jogador, contendo uma situação na qual o jogador possa investigar alguma estratégia para vencer da máquina. O participante B intervém na conversa concordando com as observações do participante A e sugere essa modificação, conforme é mostrado na figura 12.

Figura 12: Comentário do participante B na conversa entre o autor e participante A



Fonte: Lima (2023, p. 81).

A partir disso, houveram dois comentários do participante B e do participante C. O participante B parabenizou pela construção e reforçou a ideia de que o estudante/jogador tenha a possibilidade de ganhar. Já o participante C comentou referente à primeira versão postada, da possibilidade de jogar contra máquina, algo que já foi construído na segunda versão postada. Observe na figura 13 o comentário do participante B e C respectivamente:

Figura 13: Comentários do participante B e C respectivamente



Fonte: Lima (2023, p. 81).

Como a tarefa já tinha sido cumprida e postada pelo menos uma versão melhorada a partir dos comentários dos participantes, ficou em aberto uma nova versão melhorada na qual o jogador teria a possibilidade de ganhar. No próximo tópico é apresentado a “reformulação dos protótipos” (na qual disponibilizou-se uma versão atualizada com a possibilidade de o jogador vencer) e outras melhorias que foram elencadas no levantamento de funcionalidades.

REFORMULAÇÃO DO JOGO DO NIM COM UMA PILHA NO SCRATCH

Haja vista que a vivência da construção do jogo no *Scratch* se deu no mesmo período em que estavam sendo realizadas as análises prévias da pesquisa, o levantamento de funcionalidades ainda não estava pronto. Sendo assim, pensamos em realizar uma reformulação do protótipo desenvolvido. Essa ideia de reformulação vem como uma ação de

rever e redesenhar diferentes processos em busca de melhorias significativas, de eficiência e de qualidade. Tiburcio (2020) também propõe que durante os ciclos da EDI exista o confronto e o retorno das etapas.

Conforme o levantamento de funcionalidades delineado e a análise dos três participantes no fórum da disciplina, propomos uma versão atualizada do Jogo do Nim com Uma Pilha. Nessa versão buscamos atender o máximo de funcionalidades e focar no que nos chamou mais atenção: a possibilidade de o jogador vencer da máquina. Observe na figura 14 a última versão. Caso tenha o desejo de testar/jogar, basta clicar a figura que será direcionado para o site.

Figura 14: Jogo do Nim com Uma Pilha no *Scratch* 2.0



Fonte: Captura de tela realizada da plataforma *Scratch* (2022).

Apesar de ser uma versão digital do Jogo do Nim com Uma Pilha, possui algumas limitações como a de não ter a possibilidade de armazenar as jogadas; escolher o quantitativo de peças; escolher o trio numérico; jogar de forma *online*. Entretanto, essa versão construída permite um avanço relevante para novas variações digitais do Nim em pesquisas futuras, haja vista que no *Scratch* não havia nenhuma versão com Uma Pilha que atendesse a esses requisitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao observar jogos digitais na *web* foi perceptível a carência de uma preocupação didática nos jogos, tanto em jogos sem intuítos educacionais quanto jogos com intenções educativas, como foi o caso ao realizar uma pesquisa sistemática com os jogos do tipo Nim na plataforma GeoGebra. Mesmo com a intenção de serem tarefas, as interfaces não eram muito chamativas para os estudantes, entretanto, não invalida as construções que foram realizadas.

Sendo assim, o modelo de processo de software que utilizamos, a EDI, possibilitou um percurso metodológico interessante para a produção de jogos digitais. Haja vista, que sentimos um pouco de dificuldades em como delimitar o levantamento de requisitos, por exemplo. Entretanto, observando outras pesquisas percebemos a falta de ter uma abordagem mais educativa, com uma visão mais epistemológica, cognitiva e didática, com a EDI. Contudo, acreditamos que conseguimos ter uma investigação pertinente que pudesse trazer significados relativos para uma versão digital do Jogo do Nim com Uma Pilha, no qual ao analisar as dimensões trouxe reflexões e preocupações que poderiam passar despercebidas.

No protótipo desenvolvido na plataforma *Scratch* não conseguimos realizar todas as ferramentas elencadas no levantamento de funcionalidades pois tal plataforma possui limitações. Um outro resultado significativo para nossa pesquisa, em particular, foi que nenhuma pesquisa focou a versão digital do Jogo do Nim. Acreditamos que talvez seja pelo fato de os jogos digitais ainda não serem tão divulgados para o ensino e aprendizagem de Matemática. Dessa forma, percebemos a relevância de desenvolver uma versão digital do Nim para o ensino e aprendizagem de Matemática com mais opções de jogadas, pois é algo bem limitado nas versões já desenvolvidas.

Como perspectivas futuras pretende-se construir diagramas que possibilitem uma representação gráfica dos requisitos funcionais do software, situando contribuições da equipe transdisciplinar que possam alimentar elementos de configuração do jogo e concluir todos os ciclos da Engenharia Didático-Informática.

REFERÊNCIAS

ARTIGUE, M. Engenharia Didática. *In*: BRUN, J. (Org.) **Didáctica das Matemáticas**. 1. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 193-217.

ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. **Recherches em Didactique des Mathématiques**. vol. 9, 1988.

BELLEMAIN, F. **Conception, réalisation et expérimentation d'un logiciel d'aide à l'enseignement de la géométrie: Cabri-géomètre**. 1992. Tese de Doutorado. Université Joseph-Fourier-Grenoble I, 1992.

BITTAR, M. Contribuições da teoria das situações didáticas e da engenharia didática para discutir o ensino de matemática. *In*: TELES, R.; BORBA, R.; MONTEIRO, C. (Org.). **Investigações em didática da matemática**. Recife: Editora da UFPE, 2017. p.101-132.

BOUTON, C. L. Nim: a game with a complete mathematical theory. **Annals of Mathematics**, v. 3, n. 6, p. 35-39, 1901.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2008.

BROUSSEAU, G. **Théorie des Situations Didactiques**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1998.

CASTRO, A.; PESSOA, G.; ARAÚJO, T. Jogo do Nim não é brincadeira, haja matemática! *In: XIV SEMANA DA MATEMÁTICA DA UFRPE. Anais [...]*. Recife, 2019.

COSTA, F. A.; ANDRADE, M. D.; LIMA, J. V. R. Jogo do Nim como facilitador no desenvolvimento do pensamento científico. **Revista do Professor de Matemática**, v. 103, n. 103, p. 50 – 54, junho, 2021.

COSTA, J. S. L. **Nim**: uma introdução a teoria dos jogos combinatórios. 2016. 68f. Dissertação de Mestrado (PROFMAT) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

COUTINHO, C. Q.; FIGUEIREDO, A. C. Simulação computacional: aspectos do ensino da probabilidade frequentista. **ZETETIKÉ - Revista de Educação Matemática**, vol. 28, p. 1-18, 2020.

DA SILVA NETO, D. A. **Engenharia Didático-Informática na prototipação de um jogo educativo digital**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, UFPE, Recife, 2021.

FERGUSON, T. S. **Game Theory**. 2. ed. W. W. Norton & Company, 2014.

FERREIRA, A. E. B. **O lúdico no ensino da matemática**: o Nim, o Tangram e os Pentaminós como ferramentas de aprendizagem. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Departamento de Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

FURTADO, A. L. C. **Jogos Combinatórios em grafos**: jogo Timber e jogo de coloração. 2017. 146 f. Tese de Doutorado (Engenharia de Sistemas e Computação) – Instituto Alberto Luiz Coimbra, Rio de Janeiro, 2017.

LIMA, J. Prototipação de uma versão digital do Jogo do Nim com base no modelo de processo de software da Engenharia Didático-Informática. Dissertação de Mestrado (PPGEduMATEC). Recife: UFPE, 2023.

LIMA, J. V.; BELLEMAIN, F. G. Jogo do Nim: um estado da arte das pesquisas de dissertações e teses entre os anos de 2017 e 2021. *In: XXV EBRAPEM – Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, Anais [...]*, 2021.

LIMA, J. V.; BELLEMAIN, F. G. A Engenharia Didático-Informática na prototipação de uma versão digital do Jogo do Nim. *In: XXVI EBRAPEM – Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, Anais [...]*, 2022.

MORAN, J.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. **Novas Tecnologias e mediação pedagógica**. São Paulo: Papirus, 2017.

RAMOS, C. S. **Princípios da engenharia de software educativo com base na engenharia didática**: uma prototipação do bingo dos racionais. 2014. 110 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – EDUMATEC). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SANTOS, T. R. **Mankala Colhe Três**: jogando e explorando conhecimentos matemáticos por meio de situações didáticas. 2014. 205 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

TEIXEIRA, R. C. Jogos combinatórios e números surreais. *In*: 2º COLÓQUIO DE MATEMÁTICA DA REGIÃO SUDESTE, Departamento de Matemática Aplicada. **Anais [...]**. São Carlos, 2013.

TIBURCIO, R. S. **A engenharia didático-informática**: uma metodologia para a produção de software educativo. 2020. 194 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

TIBURCIO, R. S. **Processo de desenvolvimento de software educativo**: um estudo da prototipação de um software para o ensino de função. 2016. 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

TIBURCIO, R.; BELLEMAIN, F.; RODRIGUES, A. Concepção e evolução da engenharia didático-informática: uma proposta de metodologia para a produção de software educativo. **Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**, v. 12, n. 4, p. 1-24, setembro, 2021.

TORRES, T. H. S. **Contribuição dos Jogos na Compreensão de Conceitos Matemáticos**. 2017. 92f. 2017. Dissertação de Mestrado (PROFMAT) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

Submetido em 30/12/2022.

Aprovado em 29/03/2023.