

A WebQuest como proposta de avaliação digital no contexto da aprendizagem significativa crítica em ciências para o ensino médio

The WebQuest as a digital evaluation proposal in the context of critical meaningful learning in sciences for High School

La WebQuest como propuesta de evaluación digital en el contexto del aprendizaje significativo crítica en ciencias para la escuela secundaria

Marcello Ferreira

Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Brasília, Distrito Federal, Brasil

marcellof@unb.br | <http://orcid.org/0000-0003-4945-3169>

Danielle Xabregas Pamplona Nogueira

Universidade de Brasília, Faculdade de Educação, Departamento de Planejamento e Administração, Brasília, Distrito Federal, Brasil

danielle.pamplona@gmail.com | <http://orcid.org/0000-0001-8500-0402>

Olavo Leopoldino da Silva Filho

Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Brasília, Distrito Federal, Brasil

olavolsf@unb.br | <http://orcid.org/0000-0001-8078-3065>

Marcos Rogério Martins Costa

Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Brasília, Distrito Federal, Brasil

marcosrmcosta15@gmail.com | <http://orcid.org/0000-0002-4627-9989>

Joaquim José Soares Neto

Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Sociedade e Cooperação Internacional do Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares, Brasília, Distrito Federal, Brasil

neto@fis.unb.br | <https://orcid.org/0000-0001-6319-1041>

Resumo

O Ensino Médio tem sido a etapa da educação com os resultados mais precários em avaliações nacionais de larga escala. Urgem, portanto, intervenções que possam responder a essa contingência. Neste artigo, adotamos uma teoria educacional capaz de engendrar uma aprendizagem significativa crítica que, aliada às novas tecnologias digitais, conforma-se ao modo não linear de aprendizagem. Subsidiados por essa abordagem teórica, o objetivo é desenvolver, como produto tecnológico, uma estratégia avaliativa baseada nas WebQuests, em conjunto com tecnologias TRI-CAT, que apresentam características impossíveis de se mimetizar em avaliações por meios não digitais. Aplica-se essa proposta ao ensino de ciências na disciplina de Física do Ensino Médio. Para tanto, este estudo é apresentado em três partes. Na primeira parte, faz-se uma discussão fundamentada sobre os pressupostos educacionais e avaliativos que podem sustentar uma proposta de WebQuest com itens de múltipla escolha. Na segunda, são abordados os pressupostos metodológicos desta pesquisa tecnológica. Na terceira parte, é descrito o modelo de WebQuest com

Artigo recebido em: 26/07/2021 | Aprovado em: 25/01/2022 | Publicado em: 10/02/2022

Como citar:

FERREIRA, Marcello; NOGUEIRA, Danielle Xabregas Pamplona; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; COSTA, Marcos Rogério Martins; SOARES NETO, Joaquim José. A WebQuest como proposta de avaliação digital no contexto da aprendizagem significativa crítica em ciências para o ensino médio. *Revista Pesquisa e Debate em Educação*, Juiz de Fora, v. 12, n. 1, p. 1-32, jan.-jun. 2022. Universidade Federal de Juiz de Fora. ISSN 2237-9444. DOI: <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2022.v12.35023>.

itens de múltipla escolha, expondo parte dos resultados alcançados no projeto-piloto, que contou com a participação de nove estudantes do Ensino Médio. Como resultado, este artigo aponta que a WebQuest com itens de múltipla escolha é uma ferramenta que pode contribuir para o desenvolvimento de metodologias de ensino mais afins das TICs.

Palavras-chave: Avaliação. Itens digitais. Ensino de Física. Aprendizagem significativa crítica. WebQuest.

Abstract

High school has been the stage of education with the weakest results in large-scale national assessments. Therefore, there is an urgent need for interventions that can reverse this reality. In this article, we adopt an educational theory capable of engendering meaningful critical learning that, combined with new digital technologies, conforms to the non-linear mode of learning. With this theoretical approach, the objective is to develop, as a technological product, an evaluation strategy based on WebQuests, in conjunction with TRI-CAT technologies, which have characteristics that are impossible to mimic in evaluations by non-digital means. This proposal applies to the teaching of Science in the discipline of Physics in High School. To this end, this study is presented in three parts. In the first part, there is a reasoned discussion about the educational and evaluative assumptions that can support a WebQuest proposal with multiple choice items. In the second, the methodological assumptions of this technological research are addressed. In the third part, the WebQuest model with multiple choice items is described, exposing part of the results achieved in the pilot project, which included the participation of nine high school students. As a result, this article points out that WebQuest with multiple choice items is a tool that can contribute to the development of teaching methodologies more similar to ICTs.

Keywords: Assessment. Digital items. Physics teaching. Critical meaningful learning. WebQuest.

Resumen

La escuela secundaria ha sido la etapa de la educación con los resultados más débiles en las evaluaciones nacionales a gran escala. Por tanto, existe una necesidad urgente de intervenciones que puedan revertir esta realidad. En este artículo, hemos adoptado una teoría educativa capaz de generar un aprendizaje crítico significativo que, combinado con las nuevas tecnologías digitales, se ajusta al modo de aprendizaje no lineal. Con este enfoque teórico, el objetivo es desarrollar, como producto tecnológico, una estrategia de evaluación basada en WebQuests, junto con tecnologías TRI-CAT, que tienen características imposibles de imitar en evaluaciones por medios no digitales. Esta propuesta aplica a la enseñanza de las Ciencias en la disciplina de Física en el Bachillerato. Para ello, este estudio se presenta en tres partes. En la primera parte, hay una discusión razonada sobre los supuestos educativos y evaluativos que pueden respaldar una propuesta de WebQuest con elementos de opción múltiple. En el segundo, se abordan los supuestos metodológicos de esta investigación tecnológica. En la tercera parte se describe el modelo WebQuest con ítems de opción múltiple, exponiendo parte de los resultados alcanzados en el proyecto piloto, que contó con la participación de nueve estudiantes de secundaria. En consecuencia, este artículo señala que WebQuest con ítems de opción múltiple es una herramienta que puede contribuir al desarrollo de metodologías de enseñanza más similares a las TIC.

Palabras clave: Evaluación. Artículos digitales. Enseñanza de la física. Aprendizaje significativo crítico. WebQuest.

1 Introdução

Em face de desenvolvimentos e da ampliação (ainda que desigual) do acesso, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) têm sido mundialmente aplicadas e qualificadas no contexto educacional. Referências como Kenski (2009), por exemplo, indicam que todas as aprendizagens, em todos os tempos, são mediadas pelas tecnologias disponíveis. Isso não ocorre, por óbvio, sem que sejam também crescentes os debates acerca da pertinência e da efetividade de tal adoção.

Os estudantes desta geração são altamente conectados e estão imersos em uma cultura global, marcada por comunidades cujas inteligências se desenvolvem, interconectam e interagem digitalmente (KÄMPF, 2011; LÉVY, 2003). Com isso, são cada vez mais demandados processos de ensino e de avaliação fundamentalmente formativos, baseados em estratégias pedagógicas

plurais e diversas. Isso nos leva a sublinhar que as consentâneas abordagens didáticas, como práticas sociais que são, passam por assumir a natividade digital e todas as decorrências cognitivas e culturais (COELHO; COSTA; MATTAR NETO, 2018).

Emergiram, pois, outras formas de aprender que pressupõem novas formas de ensinar. Mudanças provocadas nas formas intrassubjetivas e intersubjetivas de interação e socialização das informações implicam a diversificação de configurações e arranjos tecnológicos em mediações didáticas e processos de aprendizagem (COSTA; DUQUEVIZ; PEDROZA, 2015). Assim, a práxis pedagógica mediada pelas TDIC redimensiona formas de ensinar e aprender, requerendo, para além de infraestrutura e equipamentos, dispositivos de engajamento e reflexões crítico-transformadoras acerca dos espaçotempos e do currículo, além da compatibilização da formação dos professores (KEMPFER, 2012; KENSKI, 2009; MASETTO, 2000).

Como resultado dessa integração, os processos educacionais devem crescente e qualificadamente mobilizar aprendizagens significativas, tomadas como o desenvolvimento de inteligências culturalmente plásticas (MOREIRA, 2017a). Desenvolver ambientes e estratégias educativas centradas nos estudantes e na promoção da sua autonomia é fundamental para induzir aprendizagens dessa natureza, além da permanência e do sucesso escolar. O ambiente formal de ensino, como centralizador das informações hipertextuais, busca focalizar e resistir à natureza dispersiva dos ambientes virtuais – em especial, a da *Web* (GOLEMAN, 2013). Daí a importância de coordenar os currículos e os espaçotempos escolares (isto é, seus modelos, ambientes e dispositivos) a padrões não lineares de aprendizagem, tal como se moldam as demandas cognitivas próprias da cultura digital.

Nesse sentido, fortalece-se a noção formativa dos processos de ensino e aprendizagem, em particular a dimensão avaliativa. De fato, a maneira de avaliar remete à intencionalidade do processo educativo, dirigindo-o. (MOREIRA; MASINI, 2016). Diferentemente da tradição, processos educacionais alinhados aos movimentos socioculturais contemporâneos pressupõem o desenvolvimento, pelos estudantes em seus diversos contextos, de pensamento crítico, reflexivo, profundo, investigativo, metódico e criativo. Isso se pode materializar por uma abordagem pedagógica tanto quanto possível individualizada e baseada ressignificação de conhecimentos, capaz de fornecer devolutivas (*feedbacks*) qualificadas e recorrentemente direcionadas aos objetivos de aprendizagem.

Uma das consagradas perspectivas de superação do modelo mecanicista (memorístico) é aquela presente no corpo teórico da aprendizagem significativa crítica aplicado a unidades sequenciais de ensino (AUSUBEL, 1969; 2000; MOREIRA, 2012; 2017a;). Tal perspectiva se consubstancia em uma correlação estruturada de conhecimentos-base, materiais potencialmente significativos, organizações avançadas, abordagens multifacetadas com TDIC e foco na ressignificação produtiva de saberes, compativelmente à *aprendizagem em ambientes digitais e on-line*.

Na tradição translacional da pesquisa em ensino no Brasil, marcada pela busca de relações produtivas, retroalimentadoras e horizontais entre os campos de investigação científica e de práticas escolares, as noções de aprendizagem

significativa crítica se performam, como referencial normativo que o são, em espaçotempos e sistemáticas muito precisas (FERREIRA *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2021; SILVA FILHO; FERREIRA, 2022). É nesse estado de coisas que esta reflexão busca relatar e refletir acerca da articulação investigativa de fundamentos, caracterizando e perseguindo possíveis extrapolações de um modelo de avaliação digital em caráter formativo, subsidiário de aprendizagens significativas críticas, com recorte na área de ciências da natureza e na etapa escolar do Ensino Médio (EM).

Tal delineamento se justifica, em primeiro lugar, pelo fato de que, de acordo com o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), o EM brasileiro tem se apresentado como a etapa da educação básica de menor rendimento entre as demais – para ilustrar, registra-se que ela, em 2019, obteve a média 4,2, significativamente abaixo da meta projetada de 5,2 (INEP, 2019). Isso denota, entre outros aspectos, a necessidade de melhoria dos processos pedagógicos relacionados, impulsionando resultados que expressem avanços em relação à aprendizagem, ao rendimento e à permanência escolar dos estudantes. Em segundo lugar, em virtude de a área ser constituída por unidades disciplinares cujas aprendizagens são usualmente reputadas como de maior grau de dificuldade, envolvendo, não raro, elementos de maior abstração.

Ainda em evocação à guinada translacional do campo de pesquisa em ensino – e, agora, mais particularmente em ensino de ciências, como se poderá ver desenvolvido em Ferreira *et al.* (2020) e Ferreira *et al.* (2021) –, a descrição cognitiva da aprendizagem (de caráter ontológico), para que incorpore dimensões praxiológicas, conclama uma simultânea formulação de *normas* educacionais (isto é, propriamente de prescrições de como ensinar). No caso concreto desta pesquisa, o modelo de avaliação digital, baseado nos pressupostos formativos e da aprendizagem significativa crítica, incorpora e busca relacionar um formato de ensino orientado e já bastante desenvolvido, que são as WebQuests, no qual os recursos utilizados para solucionar determinada tarefa são oriundos da Web.

Esse formato foi desenvolvido em meados da década de 1990, a partir das primeiras experiências de uso da rede mundial de computadores em unidades escolares norte-americanas, constituindo-se de “[...] uma investigação orientada, na qual algumas ou todas as informações com as quais os aprendizes interagem são originadas de recursos da internet, opcionalmente suplementadas com videoconferências”¹ (DODGE, 1995, s/p). Com base nas dimensões do pensar de Marzano (1992), o autor seminal do modelo propõe dois tipos de WebQuest: as curtas, destinadas à aquisição e à integração de conhecimentos, usualmente desenvolvidas em número pequeno de unidades didáticas; e as *longas*, voltadas à ampliação e ao refinamento do conhecimento, neste caso, demandando mais tempo de execução.

Autores como March (2004), por exemplo, asseveram que as WebQuest não são *novidades pedagógicas*, uma vez que existem redes de aprendizagem orientadas no âmbito de outras metodologias de ensino. Ainda assim, a WebQuest é um recurso interessante por utilizar, desafiadora e organizadamente, recursos digitais presentes na *Web* que, em grande parte das aulas, são omitidos ou tratados de maneira excessivamente genérica ou específica. De acordo com Santos e Barin (2014, p. 2):

A WebQuest tem se mostrado uma metodologia efetiva no uso da internet voltada ao processo educacional, visto que parte da definição de um tema e objetivos são propostos pelo professor, o qual realiza uma pesquisa inicial e seleciona uma série de *links* referentes ao assunto, para a consulta de seus alunos, evitando então, uma coleta de dados que não terá importância para a pesquisa.

Em vistas de melhor compreensão das potencialidades da WebQuest em um modelo de avaliação digital em ciências, ambientando por pressupostos formativos e de aprendizagem significativa crítica, serão abordados pressupostos teóricos e metodológicos do formato, seguidos da apresentação de do desenvolvimento de um projeto-piloto testado preliminarmente em um conjunto de nove estudantes do EM do Distrito Federal.

2 Delimitação dos pressupostos teóricos

Sacristán e Gómez (2007) sustentam que avaliar significa estimar, calcular, taxar, valorizar, apreciar ou apontar valor, atribuindo, assim, valorização a alguma coisa. Por isso, avaliar é uma atividade essencialmente humana e está presente em vários momentos do cotidiano do indivíduo, inclusive no contexto educacional. Os autores definem, ainda, que:

Avaliar se refere a qualquer processo por meio do qual alguma ou várias características de um/a aluno/a, de um grupo de estudantes, de um ambiente educativo, de objetivos educativos, de materiais, professores/as, programas, etc., recebem a atenção de quem avalia, analisam-se e valorizam-se suas características e condições em função de alguns critérios ou pontos de referência para emitir um julgamento que seja relevante para a educação (SACRISTÁN; GÓMEZ, 2007, p. 298).

Nessa perspectiva, a determinação de valor ou mérito acerca do que é avaliado consiste em um processo sistemático que se dá a partir de critérios previamente estabelecidos e conseqüentemente associados a um conjunto de tomadas de decisão.

Já para Oliveira (2011), a avaliação deve ser um processo contínuo e sistematizado que fornece informações acerca da complexidade educacional, subsidiando intervenções direcionadas às aprendizagens. Por meio dela, observadas as funções diagnóstica, formativa e somativa (ARREDONDO; DIAGO, 2009), as instituições educativas poderiam monitorar, refletir, negociar e aperfeiçoar constantemente os seus processos de ensino e aprendizagem.

O modelo de avaliação digital em ciências que propomos, estabelecido com vistas a aprendizagens significativas e críticas, é eminentemente formativo. Em primeiro lugar, porque incentiva a autorregulação para que o estudante, ao utilizar os conhecimentos desenvolvidos, possa explorar as próprias habilidades de aprendizagem. Depois, porque pressupõe, como em Perrenoud (1999), que o ato de avaliar não é terminal, isto é, ele se relaciona a dimensões amplas do projeto de formação subjacente. Finalmente, por estabelecer-se de maneira contínua, em diversos desdobramentos curriculares.

Portanto, a avaliação formativa é à perspectiva de aprendizagem significativa proposta de Ausubel (1969; 2000), bem como à variação crítica proposta por Moreira (2017a), que exigem etapas estruturais e sequenciais a processos nelas referidos, como aquelas do levantamento dos subsunçores, de sua organização e de processos analíticos e sintéticos de aprendizagem (FERREIRA *et al.*, 2020; FERREIRA *et al.*, 2021; SILVA FILHO; FERREIRA, 2022). Complementarmente, a concepção de avaliação formativa é capaz de articular as dimensões políticas e formais de um processo educacional, muito mais que as avaliações de caráter somativo, tais como as avaliações em larga escala. Isso não implica, evidentemente, que ambas não possam coexistir, mas representando objetivos distintos de ensino e aprendizagem.

A perspectiva de aprendizagem significativa avaliada de maneira primordialmente formativa (PERRENOUD, 1999) associa-se a práticas interativas de busca, apropriação e ressignificação de conhecimentos em vistas da solução de problemas contextuais e culturais. Esse pressuposto reconhece, ademais, a ambiência dos estudantes em uma cultura digital, seus conhecimentos progressos e processos de interação com os quais estão habituados.

Ainda no escopo avaliativo, o modelo de WebQuest aqui proposto apropria-se da técnica de Geração Automática de Itens (AIG) que, segundo Gierl e Haladyna (2012), representa uma área de pesquisa recente, na qual teorias cognitivas e psicométricas específicas são associadas às práticas de construção de testes, com o objetivo de produzir itens de teste digitais. A AIG pretende desenvolver processos avaliativos por meio do uso de tecnologias inovadoras para o desenvolvimento e a validação de itens.

Cada item possui um objeto de conhecimento e uma demanda cognitiva pretendida, considerando-se dois tipos de domínios, quais sejam: (a) usar conhecimentos, habilidades e estratégias de maneiras complexas; e (b) concentrar-se em uma única capacidade cognitiva, na qual as habilidades representam estruturas mentais complexas, que crescem lentamente.

A demanda cognitiva, por sua vez, refere-se à complexidade mental na execução de uma tarefa. Destarte, a tarefa pode ser um item de teste, em que o estudante seleciona entre opções ou cria uma resposta a um item, pergunta ou comando. Essa versatilidade na proposição da interação do item é um fator que contribui para a implementação da WebQuest fundamentada na AIG.

Acompanhando a crescente popularidade da mídia digital e o uso da internet, a transição do teste impresso para o digital vem ocorrendo na última década, surgindo, assim, novos tipos e recursos de testagem. De acordo com Gierl e Haladyna (2012), um Teste Adaptativo Computadorizado (CAT) é de caráter digital e usa um modelo que implementa um processo de seleção e de administração de itens, pontuando as respostas do examinado e atualizando a estimativa de sua capacidade após a administração de cada item. A seleção de novos itens, com base nas respostas do examinado aos administrados anteriormente, é continuado até que uma regra seja cumprida.

Para Gierl e Haladyna (2012), os CAT oferecem vantagens para os examinadores e examinandos, em comparação àqueles tradicionais, baseados em papel (impressos) e administrados em larga escala. Os computadores permitem o

desenvolvimento de tipos inovadores e formatos alternativos de itens. Ademais, em testes digitais eles podem ser disponibilizados continuamente e sob demanda, além de imediatamente pontuados, fornecendo *feedback* instantâneo. Finalmente, a vantagem mais importante do teste digital é que ele favorece a medição de desempenhos mais complexos, integrando itens de teste e mídia digital para melhorar, substancialmente, a medição do pensamento complexo.

Segundo Pasquali (2013), o CAT representa uma aplicação da Teoria de Resposta ao Item (TRI), porque compreende uma teoria do traço latente relacionada a testes de habilidade ou de desempenho.

O termo teoria do traço latente se refere a uma família de modelos matemáticos que relaciona variáveis observáveis (itens de um teste, por exemplo) e traços hipotéticos não-observáveis ou aptidões, estes responsáveis pelo aparecimento das variáveis observáveis ou, melhor, das respostas ou comportamentos emitidos pelo sujeito que são as variáveis observáveis. Assim, temos um estímulo (item) que é apresentado ao sujeito e este responde a ele (PASQUALI; PRIMI, 2003, p. 101).

Os autores descrevem que, na TRI, a resposta que o sujeito dá ao item está relacionada ao nível que ele possui no traço latente, compreendendo-se, assim, que este é a causa e a resposta do sujeito, o efeito. O nível no traço latente, por sua vez, é construído com base em relações hipotéticas entre as respostas observadas, o sujeito e o seu nível nesse mesmo traço latente. De acordo com Pasquali (2013), a TRI se fundamenta em dois axiomas fundamentais, a saber: i) o desempenho do sujeito em uma tarefa (item) se explica em função de um conjunto de fatores ou traços latentes. Logo, o desempenho é o efeito e os traços latentes são a causa (teta); e ii) a relação entre o desempenho na tarefa e o conjunto dos traços latentes pode ser descrita por uma expressão chamada Curva Característica do Item (CCI).

Com base nesses axiomas, o uso da TRI no CAT pressupõe que a sequência dos itens apresentados ao examinando depende do desempenho anterior. Isso pode se constituir em uma maneira de implementar, automaticamente, a estrutura de aprendizagem significativa, baseada em subsunçores e organizadores prévios, na perspectiva da avaliação formativa.

Em síntese, o modelo de WebQuest proposto neste estudo utiliza os seguintes pressupostos teóricos: a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1969; 2000), a avaliação formativa (PERRENOUD, 1999; SACRISTÁN; GÓMEZ, 2007), o modelo AIG a partir do CAT, seguindo a Teoria do Traço Latente aplicada à TRI (GIERL; HALADYNA, 2012; PASQUALI, 2013; PASQUALI; PRIMI, 2003).

3 Metodologia

Esta pesquisa é de caráter descritivo, porque, conforme Gil (2002, p. 42) aponta, se caracteriza no conjunto daquelas que “[...] têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. Em nosso caso, busca-se descrever as potencialidades da WebQuest utilizando-a num modelo avaliativo digital voltado ao ensino de ciências do EM. Além disso, também se caracteriza

como uma exploratória, uma vez que objetiva, “[...] o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições” (GIL, 2002, p. 41). Para isso, retomamos a proposição de Dodge (1995) à luz de recentes pesquisas da área da educação e das potencialidades educacionais a partir da mediação por TDIC.

De maneira específica, este estudo corresponde a uma pesquisa tecnológica que, segundo Freitas Júnior e Sousa (2018, p. 9), emprega os mesmos meios da pesquisa científica, mas com um objetivo claro: a construção de um artefato. “Por isso, podemos afirmar que a pesquisa de natureza tecnológica possui características que a tornam extremamente adequada para o desenvolvimento de *softwares* e a criação de artefatos, como aqueles produzidos pela área de TIC”.

A proposição de uma pesquisa tecnológica se justifica em razão do objetivo proposto: a construção de um modelo de WebQuest como instrumento de avaliação digital. Com isso, a proposição corrobora Bunge (1985, p. 231, tradução nossa) ao admitir que a tecnologia pode ser vista como “[...] o campo do conhecimento relativo ao projeto de artefatos e ao planejamento de sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento, à luz do conhecimento científico”.

Segundo Freitas Júnior e Sousa (2018), a *Design Science Research Methodology* (DSRM) é uma metodologia de pesquisa amplamente empregada no desenvolvimento de investigações tecnológicas, isto é, o seu foco está na produção de um artefato. Por isso, busca gerar conhecimento que seja aplicável e útil para a solução de problemas, melhoria de sistemas existentes e, ainda, criação de soluções. Para tanto, a DSRM compreende cinco etapas. A primeira delas é reservada para o processo de identificar o problema e a sua motivação. Após esse momento de sensibilização, a etapa 2 busca definir os objetivos da solução proposta. A etapa 3, de design e desenvolvimento, compreende projetar e desenvolver o artefato que se pretende construir, empregando para isso todas as tecnologias que se julgar necessárias. A etapa 4, de demonstração, prevê a implantação do artefato em um ambiente controlado, próximo do real, para a realização de testes de desempenho, procurando identificar a sua completude e, principalmente, em que medida os objetivos propostos estão sendo contemplados. Na etapa 5, realiza-se a avaliação da solução proposta, com a participação do usuário a quem ela se destina, de modo a aferir a sua precisão, viabilidade, completude e adequação aos requisitos especificados (FREITAS JÚNIOR; SOUSA, 2018).

Como requisito para validação da medida a ser produzida pela proposta de avaliação, também são levantadas evidências de validade com base no conteúdo e no processo de resposta, tendo como referência os *Standards for Educational and Psychological Testing*, os quais são propostos pelas seguintes instituições internacionais: *American Educational Research Association* (AERA); *American Psychological Association* (APA); *National Council on Measurement in Education* (NCME) (AERA; APA; NMCE, 2014).

Com o uso desses métodos de validação, foi realizada uma pesquisa teórica que buscou incorporar os pressupostos apresentados na seção anterior. A segunda etapa foi uma pesquisa tecnológica, na qual se construiu o modelo WebQuest para a avaliação digital em ciências no EM. Na subseção a seguir,

apresentam-se os pressupostos metodológicos da constituição da medida avaliativa do modelo, a partir de onde se passa a tratar mais especificamente da física como campo científico disciplinar.

3.1 Pressupostos metodológicos para constituição da medida avaliativa de aprendizagem significativa em física

No que se refere aos pressupostos metodológicos para a constituição da medida avaliativa de aprendizagem significativa em física, proposta neste estudo, são considerados os relativos à Engenharia da Avaliação (EA), à nova taxonomia Marzano e Kendall (2008) e o Modelo Rasch de Multifacetadas (MFRM).

De acordo com Luecht (2012), a EA é uma maneira de abordar integralmente o projeto e o desenvolvimento de testes, itens e escalas de pontuação. O autor argumenta que a EA não é uma tecnologia específica ou um modelo psicométrico. É uma estrutura abrangente para reconceitualizar e, em seguida, projetar e implementar, baseado em princípios, um sistema de ponta a ponta para construir de maneira eficiente e consistente itens e testes que suportam uma ou mais escalas de pontuação válidas.

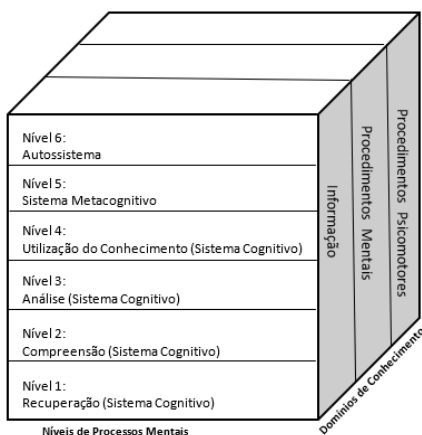
Com isso, a AE emprega princípios e processos de engenharia e fortes controles de qualidade para direcionar a projeção, o desenvolvimento, a análise, a pontuação, os relatórios de exames e os resultados de avaliação. São quatro os processos empregados em EA, a saber: (1) mapeamento de construtos e modelagem de evidências; (2) construção de modelos de tarefas e mapas de modelos de tarefas; (3) projetar modelos e escrever itens; (4) calibrar as tarefas de avaliação e o controle de qualidade.

O mapeamento de construtos é uma descrição ordenada de conhecimentos e desempenho de habilidades ao longo de uma escala de pontuação pretendida. O desenvolvimento de um mapa de construtos envolve a elaboração cuidadosa de um conjunto ordenado de proficiência. Então, o mapa de construtos também pode ser ampliado com base nos modelos que descrevem o desempenho esperado, incluindo exemplos de produtos ou outras evidências baseadas no desempenho de um determinado estudante, quanto ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e o conhecimento implicitamente ou explicitamente exigidos por cada nível de proficiência – o que está em consonância com a proposta da aprendizagem significativa, de Ausubel (1969; 2000).

Para orientar a elaboração do mapa de construtos, utiliza-se como referência a Nova Taxonomia, de Marzano e Kendall (2006). Esses autores propuseram outra taxonomia, após compreenderem que a análoga de Bloom (BLOOM *et al.*, 1956), ao postular que as diferenças entre os respectivos níveis da se baseiam em graus de dificuldade de processamento mental, desconsidera o princípio de que, mesmo o mais complexo dos processos pode ser aprendido no nível em que é realizado com pouco ou nenhum esforço consciente. Marzano e Kendall (2006) compreendem, portanto, que, embora os processos mentais não possam ser ordenados hierarquicamente em termos de dificuldade, eles podem ser classificados por controle, pois alguns dos quais exercem influência sobre a operação de outros.

A Nova Taxonomia é composta de uma estrutura bidimensional, na qual uma dimensão corresponde aos seis níveis de processos mentais e a outra, aos três domínios de conhecimento. Os processos mentais são organizados em seis níveis, representando o grau de complexidade da demanda para realização da operação.

Figura 1: Estrutura da Nova Taxonomia.



Fonte: Tradução da proposta de Marzano e Kendall (2006, p. 14).

Ainda para a constituição do modelo de medida, referenciamos o Modelo Rasch de Multifacetado (MFRM). Segundo Linacre (1994), ele surgiu da necessidade de considerar que métodos de medida convencionais não apreendem outros fatores que podem influenciar a avaliação e/ou os resultados dos testes. A proposta de Eckes (2009) o corrobora ao admitir que as situações de avaliação são caracterizadas por conjuntos distintos de fatores envolvidos direta ou indiretamente na obtenção dos resultados da medição. No MFRM, esses distintos são reconhecidos como facetas, definidas como qualquer fator, variável ou componente da avaliação que, supostamente, afeta os resultados dos testes de maneira sistemática. Ainda segundo Eckes (2009), essa definição incluiu facetas que são de interesse substantivo (por exemplo, examinandos), bem como facetas que se supõe contribuir com erros sistemáticos de medição (por exemplo, avaliadores, tarefas, entrevistadores, horário do teste etc.). Também, as facetas podem interagir entre si de várias maneiras. Elementos de uma faceta (por exemplo, avaliadores) podem influenciar os resultados dos testes quando alinhados com subconjuntos de elementos de outra faceta (por exemplo, examinadores do sexo feminino ou masculino). Além das interações bidirecionais, outras de ordem superior entre elementos específicos ou subconjuntos de elementos de três ou mais facetas podem ser consideradas e afetar sutilmente as pontuações dos testes.

Voltando à discussão trazida por Linacre (1994), destacam-se os seguintes avanços em relação aos modelos anteriores quando se faz uso do MFRM: a) a contribuição de cada faceta para as observações é dominada por um único parâmetro, com um valor independente de todos os outros parâmetros do quadro de referência; b) os parâmetros se combinam de maneira aditiva para

produzir as observações. A aditividade implica que todos os parâmetros compartilhem uma escala linear. A linearidade não apenas ajuda o analista a entender o significado dos dados, mas, também, fornece uma base útil para análises adicionais; e c) a estimativa de qualquer parâmetro depende da acumulação de todas as classificações nas quais participa, mas é independente dos valores particulares de qualquer uma delas.

Apreendidas essas vantagens, cabe registrar, ainda, a relevância do uso do MFRM em avaliações educacionais. Para Oliveira (2019, p. 53), “[...] a inovação desse modelo é, justamente, sua capacidade de estimar as facetas e com isso estimar de forma mais precisa a habilidade do examinando”. Com isso, os resultados da medida e os eventuais enviesamentos podem ser apresentados e interpretados objetivamente.

Segundo Toffoli e Simon (2018), o modelo MFRM permite análises para os efeitos individuais decorrentes de cada elemento que faz parte da avaliação (examinando, avaliador, tarefas etc.). Dessa forma, dispõe a possibilidade de obter informações que possam servir de diagnóstico, em nível individual, a respeito do funcionamento de cada elemento, além do estudo das influências de outros fatores incluídos nas análises.

Silva (2019, p. 137) demonstra que “a substituição da TCT pela MFRM é uma alternativa plenamente viável e com mais benefícios”, sobretudo pela característica do modelo que pressupõe a proficiência por alinhamento ao padrão de acerto e erro no teste e velocidade de disponibilização dos resultados, o que potencializa a interpretação e a intervenção pedagógica.

Considerando esses benefícios da MFRM para o seu uso, o modelo de avaliação conta, neste trabalho, com quatro facetas, as quais se baseiam na seguinte equação, que foi adaptada de Linacre (1994):

$$\log\left(\frac{P_{nijk}}{P_{nijk-1}}\right) = B_n - D_i - I_j - S_k \quad (1)$$

Em que:

B_n = Habilidade do examinando, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa.

D_i = Dificuldade do item.

I_j = Função de interatividade do item.

S_k = Subárea da Física.

Passamos, agora, a explicar cada uma das quatro facetas (B_n ; D_i ; I_j e S_k) que compreende o MFRM. No que se refere à B_n (Habilidade do examinando, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa), os níveis de aprendizagem significativa, para efeitos do modelo avaliativo tal como o estamos entendendo, estão contidos na escala de proficiência, construída particularmente. A referida escolha está alinhada ao mapeamento de construção de tarefas. A seguir, apresentamos a escala e suas evidências em quatro níveis constituídos em análogos e retroativos à já referida perspectiva ausubeliana (AUSUBEL, 1969; 2000).

Quadro 1: Proposta de Taxonomia a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Níveis de Performance	Evidências
Nível 4: REELABORAR	NE 4: Avaliações e pesquisas de modo satisfatório e com interação crítica. Nesse nível, as operações são executadas com alto grau de desafio, alta velocidade e precisão perfeita. Observam-se indícios sustentados de aprendizagem significativa por meio de construções e relações, com adequada reelaboração e expressão e formulações críticas.
Nível 3: AVALIAR	NE 3: interpretações, aplicação de princípios, reconhecimento de características e prototipagem de modo satisfatório. Nesse nível, as operações são crescentemente complexas em sistemas simples, com média precisão e velocidade, grau mediano de desafio e com produtos rotineiros realizados rapidamente e com alta precisão. Observam-se indícios sustentados de aprendizagem significativa, por meio de construções e relações, com adequada reelaboração e expressão.
Nível 2: INTERPRETAR	NE 2: Análises, comunicação e representações em caráter intermediário. Nesse nível, as operações são moderadamente complexas em sistemas simples, com média precisão e velocidade, com grau baixo de desafio e com produtos rotineiros realizados rapidamente e com precisão satisfatória. Evidenciam-se indícios de aprendizagem significativa por meio de construções e relações, sem a adequada reelaboração e expressão.
Nível 1: EXECUTAR	NE1: Explicações, previsões, cálculos em caráter introdutório ou precário. Nesse nível, as operações são executadas de forma simples e envolvendo pequenos conjuntos de objetos de conhecimentos, com baixa precisão e velocidade. Não há indícios consistentes de aprendizagem significativa e os resultados, apesar de estarem relacionados ao objeto, são imprecisos, inconsistentes ou apresentam erros importantes de conceitos.

Fonte: Elaboração dos autores, baseada em contribuições de Marzano e Kendall (2006), Ausubel (1969; 2000) e Moreira (1999; 2017a).

Quanto à D_i (Dificuldade do item), ela consiste em um parâmetro psicométrico relacionado aos acertos do examinando. Ele foi medido em um piloto do teste, apresentado em seção própria deste texto, devendo os resultados individuais promover (re)formulação do conjunto de que faz parte.

Referente à I_j (Função de interatividade do item), a dimensão foi desenvolvida a partir de contribuições teóricas do campo. Tomaz (2011, p. 2.655) propõe a diferenciação dos conceitos de interação e interatividade. Segundo a autora, “[...] “a interatividade surge relacionada com os atributos tecnológicos

que promovem trocas entre homem-sistema e a interação como uma relação que se estabelece numa situação, seja com um conteúdo, tutor ou sistema tecnológico associado”.

Dentre as dimensões elencadas, destaca-se a interatividade para uma aprendizagem significativa, que realça o envolvimento cognitivo em detrimento ao físico (motor). A seu respeito, Sims (1999) reporta ao estudo de Hannafin (1989) acerca do conceito de engajamento em que sugeriu que “[...] estamos preocupados com a maneira pela qual a instrução promove o engajamento cognitivo - o processamento intencional e proposital do conteúdo da lição” (HANNAFIN, 1989, p. 170). Para isso, é necessário que o processo de aprendizagem foque menos nos aspectos físicos e evidentes da interação e mais nas atividades cognitivas do recurso incorporado. Em alinhamento não explícito à aprendizagem significativa, Hannafin (1989) identificou um conjunto de cinco funções interativas (navegação, consulta, verificação, elaboração, controle processual) e sugeriu um conjunto de atividades para apoiá-las.

A interatividade e a aprendizagem significativa também são consideradas no esquema da memória humana, em que as informações são percebidas como armazenadas em uma rede de nós interconectados. “A força do conhecimento se baseia não apenas no número de nós existentes, mas mais na qualidade e número de interconexões entre os nós” (PARRISH, 1996, p. 2). A interatividade que incentiva o processamento cognitivo mais profundo (CRAIK; LOCKHART, 1972), potencialmente leva à construção dessas interconexões.

Hannafin (1989) afirma que a interação pode ser considerada uma realização de uma ou mais instruções, funcionando desde o simples fornecimento de controle processual até a viabilização de níveis diferenciados de processamento cognitivo. No Quadro, são apresentadas as funções de interação tal como as categorizamos na projeção do modelo:

Quadro 2: Funções de interação e respectivas premissas psicológicas, estratégias comuns de interação e estratégias adicionais de engajamento.

Funções de interação	Premissas psicológicas	Estratégias comuns de Interação	Estratégias adicionais de engajamento
Navegação	<ul style="list-style-type: none"> Habilidades metacognitivas; Orientação para os componentes da lição. 	<ul style="list-style-type: none"> Menus/botões de opção. 	<ul style="list-style-type: none"> Apresenta opções de estrutura de hipertexto; Questiona por que as seções escolhidas foram selecionadas.

Consulta	<ul style="list-style-type: none"> Apoio ao conhecimento prévio; Habilidades metacognitivas; Assimilação de respostas ao esquema. 	<ul style="list-style-type: none"> Menu estruturado por consulta; Perguntas de linguagem natural; Opções para obter mais informações; Referências a informações relacionadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Pede resposta prevista; Questiona por que a pergunta é importante; Pede para identificar perguntas e conceitos relacionados.
Verificação	<ul style="list-style-type: none"> Recuperação do conhecimento codificado para Short-Term Memory (STM)²; Reforço da aprendizagem. 	<ul style="list-style-type: none"> Questões embutidas; Feedback apropriado para respostas; Ramificação condicional. 	<ul style="list-style-type: none"> Pede estimativas de confiança; Pede aos usuários que gerem perguntas que avaliem suas habilidades; Pede respostas em tempo real.
Elaboração	<ul style="list-style-type: none"> Apoio ao conhecimento prévio; Codificação reforçada; Propagação da ativação entre nós relacionados; Maior facilidade de recuperação 	<ul style="list-style-type: none"> Estratégias induzidas "pensar em"; Introduzir relacionamentos com conteúdo familiar; Fornecimento de exemplos. 	<ul style="list-style-type: none"> Pede outros casos em que os conceitos foram aplicados; Pede explicações sobre porque as respostas estão corretas ou não; Emprega diálogo cooperativo para ampliar a contribuição disponível
Controle processual	<ul style="list-style-type: none"> Habilidades metacognitivas; Short-Term Memory (STM) não sobrevalorizado 	<p>Exemplos de operações solicitadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> "Pressione o botão para continuar..." "Toque na tela quando tiver visto o suficiente para responder" 	<ul style="list-style-type: none"> Pede resumos, escritos com as próprias palavras; Pede para gravar notas ou pontos pouco claros do conteúdo; Pede para gerar perguntas sobre o conteúdo abordado.

Fonte: Tradução e adaptação da proposta de Hannafin (1989).

Partindo das funções, outro fator examinado é a faceta S_k (Subárea da Física no Ensino Médio). Ela é apoiada no entendimento de que a física, como conhecimento organizado, é uma herança de mais de dois milênios de estruturação discursiva, que se ocupa dos fenômenos naturais, com campos epistemológico, teórico e metodológico próprios. Para o modelo desenvolvido, adotamos a versão mais contemporânea da divisão disciplinar, na perspectiva dos currículos escolares básicos (CARVALHO *et al.*, 2010; BRASIL, 2017):

- Mecânica:** estuda o movimento. É subdividida em: cinemática, dinâmica, gravitação, estática e hidrostática;
- Óptica e Ondulatória:** estuda os fenômenos ligados à luz e pode ser subdividida em óptica geométrica e óptica física; estuda as ondas e engloba a acústica, que trata das ondas sonoras;

- *Termologia*: estuda os fenômenos térmicos. É subdividida em termometria, calorimetria e termodinâmica.;
- *Eletromagnetismo*: estuda os fenômenos elétricos e magnéticos. É subdividida em eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo;
- *Física moderna e contemporânea*: envolve relatividade geral e especial, mecânica quântica e física nuclear, além de tópicos de Astronomia.

Essas subáreas compuseram as facetas dos itens digitais avaliativos em física no modelo WebQuest. Dessa maneira, os conteúdos disciplinares correspondentes a essa área do conhecimento foram utilizados como objeto de ensino, os quais, por sua vez, constituíram o teste com relação à sua interveniência (ou não) nos desempenhos dos examinandos. No próximo tópico, utilizados os conhecimentos teóricos e metodológicos apresentados nesta seção, trazemos à luz o modelo de WebQuest relacionado ao ensino de física dirigido ao EM – objetivo deste trabalho.

4 Constituição do modelo de WebQuest

4.1 Da teoria à prática

Ausubel (2000) define que a aprendizagem de determinado conjunto de conceitos, associados a um campo conceitual ou parte dele, é a internalização deste conjunto de conceitos pela estrutura cognitiva do aprendiz. Desse processo de internalização decorre a necessidade de reorganização da estrutura cognitiva, bem como da própria informação em uma interação bidirecional.

Com efeito, a estrutura cognitiva é compreendida como estando hierarquicamente organizada, segundo conceitos que se vinculam de modo relacional, constituindo uma árvore ou grafo. Tal estrutura não está vazia, mas contém elementos prévios, também de caráter conceitual, que podem servir de ponto de partida para a aprendizagem de novos conceitos. Esses conceitos prévios são chamados de *subsunçores*. Segundo Ausubel (1969), a aprendizagem pode ser metaforicamente concebida como um processo de ancoragem dos novos conhecimentos em uma estrutura cognitiva por meio de subsunçores.

Ausubel (1969) admite, então, *aprendizagem significativa* como o processo pelo qual uma nova informação estabelece uma relação com aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva já apresentada pelo indivíduo. Tal modo de aprendizagem diferencia-se, portanto, de uma *aprendizagem mecânica*, que ocorre sem referência substancial à estrutura cognitiva e implica em uma assimilação arbitrária pela memorização. “Assim, estabelecem-se dois polos opostos de um processo que, de fato, vive nas regiões intermediárias, entre uma aprendizagem totalmente significativa e uma aprendizagem absolutamente mecânica” (SILVA FILHO; FERREIRA, 2018, p. 107).

A aprendizagem significativa é definida pela assimilação de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis (MOREIRA, 1999). Para que tal aprendizagem ocorra de maneira eficaz, é preciso que se construa uma ponte cognitiva entre os subsunçores e o conjunto de conceitos a serem aprendidos. Essa ponte cognitiva se constrói, segundo Ausubel (1969), por meio dos organizadores prévios. Diante daquilo que já foi dito, fica claro que o

levantamento prévio dos subsunçores é indispensável para o estabelecimento da aprendizagem significativa.

O elemento diacrônico da teoria ausubeliana decorre da possibilidade de enriquecimento da estrutura cognitiva, que estabelece conjuntos de subsunçores, cada vez mais amplos. Estes últimos são capazes de induzir uma apreciação progressivamente mais profunda das experiências do indivíduo. Isso é algo que não ocorre, de maneira geral, na aprendizagem mecânica (SILVA FILHO *et al.*, 2022).

Os aspectos que sustentam a ideia de aprendizagem significativa são compatíveis com a perspectiva da WebQuest, uma vez que, como sustenta Dodge (1995, p. 11):

As WebQuests podem ser aperfeiçoadas com elementos motivacionais que envolvam a estrutura básica de investigação, dando aos aprendizes um papel a ser desempenhado (cientista, detetive e repórter, por exemplo), criando uma personalidade fictícia com a qual os participantes deverão interagir via e-mail, e apresentado um cenário dentro do qual os participantes irão trabalhar [...].

Com esses aspectos motivacionais considerados, pode-se apreender que a WebQuest é uma proposta que abarca os subsunçores dos examinandos.

Esses aspectos são considerados na proposta da WebQuest, a ser descrita no próximo subtópico. Isso decorre, porque, segundo Dodge (1995, p. 10), tanto as WebQuests de curta, quanto aquelas de longa duração são planejadas “[...] deliberadamente para fazer o melhor uso possível do tempo do aprendiz. É questionável o benefício da ‘surfagem’ pela rede sem uma tarefa clara na cabeça; e muitas escolas devem racionar bastante o tempo de conexão dos alunos”. Em outras palavras, a WebQuest faz o uso reflexivo-crítico dos recursos da *Web*, o que está em consonância com a proposta de Moreira (2017b).

4.2 O modelo de WebQuest para o ensino de Física

Segundo Dodge (1995), a WebQuest é uma atividade orientada para a investigação na qual as informações com as quais os examinandos interagem advêm de recursos da internet. Essa estratégia representa uma possibilidade de engajamento de estudantes, pois estimula tanto a pesquisa quanto o pensamento crítico e criativo – elementos que servem de índice da ocorrência de aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2017a; 2017b). Antes de expor o modelo preparado para o ensino de física, vamos retomar os componentes básicos de uma WebQuest.

Conforme a proposta de Dodge (1995, p. 11), há cinco componentes básicos da WebQuest, a saber:

1. *Introdução*: desperta o interesse e orienta a execução da tarefa;
2. *Tarefa*: explicita o produto esperado ao término da tarefa, observado o nível cognitivo compatível;
3. *Processo*: indica passos procedimentos intermediários para a realização da tarefa e os recursos necessários;

4. **Avaliação:** indica a perspectiva de desempenho, bem como instrumentos e indicadores;
5. **Conclusão:** retoma e resume o aspecto central da experiência, incentiva a reflexão acerca do processo e o reconhecimento do que foi aprendido.

Partindo dessa estrutura básica, o modelo proposto é constituído pelo seguinte processo:

Figura 2: Estrutura proposta.



Fonte: Elaboração dos autores.

As etapas que constituem a WebQuest são:

- a) **Introdução:** apresenta-se a temática-alvo, apontando-se as principais características;
- b) **Tarefa:** descreve o objetivo final da tarefa e indica o processo que o usuário deve realizar para alcançar o objetivo proposto.

De acordo com Marinho (2001, p. 60), quando da realização da tarefa, deve-se entender que:

Os passos necessários para o cumprimento da tarefa são descritos no Processo, que pode ainda servir para orientar os estudantes na forma ou estratégia para organizar as informações coletadas para o desenvolvimento do produto na tarefa. Essa organização pode ser na forma de bloco de notas, fluxograma, mapas conceituais, coletânea de endereços de sites na WWW e outros, todos desenvolvidos com auxílio do computador através de software apropriado. No Processo, pode ainda ser sugerida uma escala de tempo para o desenvolvimento de cada etapa ou passo no cumprimento integral da tarefa, buscando otimizar o tempo dos alunos.

- c) **Avaliação:** são apresentadas orientações acerca da avaliação da tarefa. Por isso, são disponibilizados itens digitais interativos e de múltipla escolha. Essa definição difere da versão original de WebQuest, uma vez que, na proposta original, são indicados itens abertos.

Entende-se que, no item da avaliação, a composição de itens de múltipla escolha com *feedbacks* automáticos atendem melhor às avaliações em larga escala e de cunho formativo. Isso acompanha o referencial de aprendizagem no qual essa proposta está baseada (MOREIRA, 2012; AUSUBEL, 2000).

- d) Conclusão: constitui o *feedback* geral da WebQuest. Nessa etapa, se comenta o desempenho do examinando na WebQuest, situando-o quantos aos seus acertos e erros e às habilidades demonstradas.
- e) Amplie seus conhecimentos: faz-se, nesse tópico, uma síntese do conteúdo, que, em vez de reduzir as informações, tem como objetivo ampliar os horizontes da aprendizagem. Pode-se fazer isso de diferentes maneiras, a partir dos recursos digitais: desde a indicação de bibliografia complementar e aportes audiovisuais, até videoaulas que aprofundam o conhecimento.

Assim, as WebQuests desta pesquisa não possuem problemas abertos, que podem receber diferentes soluções por diferentes estudantes. Por estarem organizadas segundo itens fechados (múltipla escolha, com alternativas de A até E), as WebQuests são, elas mesmas, problemas fechados. Mesmo assim, procurou-se manter a ideia fundamental do modelo, que é a atuação sobre um problema contextualizado, articulando diferentes aspectos de um ou mais objetos de conhecimento.

Outro elemento foi buscado nesse modelo proposto: o caráter ampliativo das WebQuests. Procurou-se relacioná-lo a o fundamento teórico da pesquisa, uma vez que o critério para aferição de significação da aprendizagem é a capacidade de articular conhecimentos em contextos diversos daqueles em que foram aprendidos. Tais características são importantes para que se diferencie a WebQuest (no formato proposto) e um teste contendo questões de múltipla escolha. Destaca-se, ainda, que tais características fazem com que a resolução de uma WebQuest demande tempo significativo na sua execução – o que não ocorreria em um teste de múltipla escolha.

A seguir, apresentamos um exemplo de introdução e de tarefa de WebQuest no formato proposto:

Figura 3: Exemplo de comando da WebQuest.

Equação Geral dos Gases - experimento

Data de Criação: 26/08/2020

Cod. do Criador: 38556790100

Introdução:

A **equação geral dos gases** estabelece uma relação entre três grandezas fundamentais para a descrição do estado de um gás, são elas: pressão, volume e temperatura. Ela também nos fornece a explicação para uma série de fenômenos que ocorrem no nosso dia a dia. Dentre tais fenômenos está o funcionamento da panela de pressão. Nesse caso, para compreender esses fenômenos, deve-se conhecer a relação entre a pressão, temperatura e o volume dos gases. Nesta WebQuest, você será levado a desenvolver suas ideias sobre a relação entre essas variáveis e, finalmente, compreender o fenômeno do cozimento de alimentos usando-se uma panela de pressão.

Tarefa:

Nesta WebQuest você usará um simulador PhET que você pode encontrar [aqui](#). Este simulador permite alterar controladamente as variáveis termodinâmicas que compõem o fenômeno a ser estudado. O objetivo da sua empresa é desenvolver uma panela de pressão inovadora. Entretanto, para tal, será preciso compreender os princípios físicos que subjazem aos fenômenos físicos que relacionam a temperatura, a pressão e o volume de gases em recipientes, situação fisicamente análoga àquela de uma panela de pressão. É aí que você, o físico da empresa, entra...



Com este simulador [aqui](#), você irá desenvolver as principais ideias relacionadas à Lei dos Gases. No processo de investigação da Lei dos Gases, devemos manipular as variáveis intervenientes de maneira controlada, para chegarmos a uma representação correta do fenômeno estudado. Assim, caberá a você desenvolver tais conhecimentos para que sua empresa, de posse deles, possa trabalhar com seus engenheiros ou desenhistas industriais no sentido de produzir uma panela de pressão inovadora.

Fonte: Elaboração dos autores.

Nesta atividade, o objeto de conhecimento corresponde à Lei dos Gases. Para tanto, segue-se uma apresentação contextualizada e, depois, uma tarefa é indicada. Para realizá-la, o examinando deverá abrir um *link*; explorar uma ferramenta digital e, então, simular, virtualmente, as ideias teóricas apresentadas. Há, com esse processo, uma experiência ativa com a faceta apresentada para a medição da habilidade buscada no item, o que a descaracteriza como uma mera apresentação contextualizada. Ela é uma atividade imersiva que trabalha com diferentes recursos e atividades com o alunado em seu processo de aprendizagem.

Na figura a seguir, há um exemplo de WebQuest, com itens de múltipla escolha, desenvolvido com base na faceta da Lei dos Gases. Para a elaboração dos itens de cada WebQuest, foram desenvolvidas instruções gerais. Com efeito, os elaboradores devem considerar: a) conteúdos expressos na classificação e codificação de subárea da física por conjunto de objetos de conhecimentos na Educação Básica; b) demanda cognitiva: os itens devem considerar um objeto de conhecimento e serem constituídos em gradação crescente de complexidade de demanda cognitiva; e c) níveis segundo a função de interatividade digital no item.

Figura 4: Exemplo de item constitutivo da WebQuest.

Item Nº: 1	Valor do Item: 2	ID do Item: 10
Este item refere-se à lei de Boyle, como elemento preparatório para a compreensão da lei dos Gases.	Você deve manipular o aplicativo PhET que se encontra aqui (aba: propriedade dos gases), satisfazendo os critérios associados à lei de Boyle. Com isso, você deverá buscar a representação gráfica do fenômeno.	
Criador: 38556790100	Data de Criação: 8/26/2020 12:00:00 AM	
Dificuldade: 1	Gabarito: C	
Sub-área: OC6-08	Interatividade: I5	
Competência: CNM3	Habilidade: EM13CNT301	

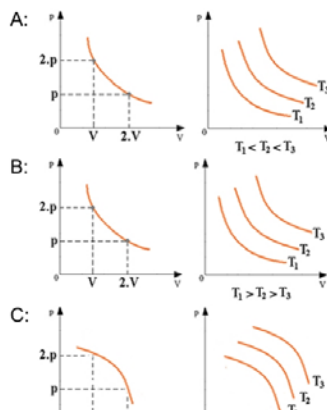
Descrição Breve:

Neste item trabalhamos com a ideia da lei de Boyle, que descreve o comportamento do gás ideal quando se mantém sua temperatura constante (transformação isotérmica). Pede-se que o estudante use um aplicativo PhET para encontrar o comportamento da pressão em termos do volume, mantendo-se a temperatura constante.

Texto do Item:

A lei de Boyle, formulada pelo químico irlandês Robert Boyle (1627-1691), descreve o comportamento do gás ideal quando este se mantém a uma temperatura constante (transformação isotérmica). No processo, faz-se necessário aplicar lentamente uma força sobre essa tampa, pois desse modo não alteraremos a temperatura do gás. Para responder a este item, você deverá manipular o simulador PhET que se encontra [aqui](#). Para as variações no volume, considere que o recipiente apresentado no simulador é, inicialmente, um cubo perfeito, com o comprimento da aresta lá apresentado e que, ao mover uma das paredes, apenas esta dimensão é alterada, levando o cubo a um paralelepípedo. A partir da manipulação do simulador PhET, assinale a alternativa que apresenta a relação mais adequada entre a pressão e o volume, quando se mantém a temperatura constante.

Alternativas:



Fonte: Elaboração dos autores.

No quadro a seguir, apresentam-se, de forma sucinta, os objetos de conhecimento considerados na WebQuest, bem como indicam-se a subárea e o código adotados:

Quadro 3 - Classificação e codificação de subárea da física por conjunto de objetos de conhecimentos na Educação Básica.

SUBÁREA	CÓD. OC	OBJETO DE CONHECIMENTO
---------	---------	------------------------

Mecânica: cinemática, dinâmica, gravitação, estática e hidrostática.	OC1	Conhecimentos básicos e fundamentais - Noções de ordem de grandeza. Notação Científica. Sistema Internacional de Unidades. Metodologia de investigação: a procura de regularidades e de sinais na interpretação física do mundo. Observações e mensurações: representação de grandezas físicas como grandezas mensuráveis. Ferramentas básicas: gráficos e vetores. Conceituação de grandezas vetoriais e escalares. Operações básicas com vetores.
	OC2	O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas – Grandezas fundamentais da mecânica: tempo, espaço, velocidade e aceleração. Relação histórica entre força e movimento. Descrições do movimento e sua interpretação: quantificação do movimento e sua descrição matemática e gráfica. Casos especiais de movimentos e suas regularidades observáveis. Conceito de inércia. Noção de sistemas de referência inerciais e não inerciais. Noção dinâmica de massa e quantidade de movimento (momento linear). Força e variação da quantidade de movimento. Leis de Newton. Centro de massa e a ideia de ponto material. Conceito de forças externas e internas. Lei da conservação da quantidade de movimento (momento linear) e teorema do impulso. Momento de uma força (torque). Condições de equilíbrio estático de ponto material e de corpos rígidos. Força de atrito, força peso, força normal de contato e tração. Diagramas de forças. Identificação das forças que atuam nos movimentos circulares. Noção de força centrípeta e sua quantificação. A hidrostática: aspectos históricos e variáveis relevantes. Empuxo. Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin: condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidrostática.
	OC3	Energia, trabalho e potência - Conceituação de trabalho, energia e potência. Conceito de energia potencial e de energia cinética. Conservação de energia mecânica e dissipação de energia. Trabalho da força gravitacional e energia potencial gravitacional. Forças conservativas e dissipativas.
	OC4	A Mecânica e o funcionamento do Universo - Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução.
Óptica e Ondulatória: óptica geométrica, óptica física, ondas e acústica	OC5	Oscilações, ondas, óptica e radiação - Feixes e frentes de ondas. Reflexão e refração. Óptica geométrica: lentes e espelhos. Formação de imagens. Instrumentos ópticos simples. Fenômenos ondulatórios. Pulsos e ondas. Período, frequência, ciclo. Propagação: relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Ondas em diferentes meios de propagação.
Termologia: termometria, calorimetria e termodinâmica.	OC6	O calor e os fenômenos térmicos - Conceitos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de Gases ideais. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água.
Eletromagnetismo: eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo.	OC7	Fenômenos Elétricos e Magnéticos - Carga elétrica e corrente elétrica. Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico. Linhas de campo. Superfícies equipotenciais. Poder das pontas. Blindagem. Capacitores. Efeito Joule. Lei de Ohm. Resistência elétrica e resistividade. Relações entre grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia. Circuitos elétricos simples. Correntes contínua e alternada. Medidores elétricos.

		Representação gráfica de circuitos. Símbolos convencionais. Potência e consumo de energia em dispositivos elétricos. Campo magnético. Ímãs permanentes. Linhas de campo magnético. Campo magnético terrestre.
Física moderna e contemporânea: relatividade, mecânica quântica e física nuclear	OC8	Física Moderna e Contemporânea – Radiação do corpo negro. A natureza da luz. Efeito fotoelétrico. Fluorescência e fosforescência. O funcionamento do laser. Relatividade Geral e Especial. Mecânica Quântica. Física Nuclear. Tópicos de Astronomia.

Fonte: Elaboração dos autores, de acordo com a BNCC (BRASIL, 2017) e Carvalho *et al.* (2010).

Há, ainda, a *Demanda cognitiva*. Nesse aspecto, os itens da WebQuest devem acolher um objeto de conhecimento e serem constituídos em gradação de complexidade de demanda cognitiva. Esses níveis são entendidos a partir da sequência apresentada no Quadro 1, de N1 a N4, representados na matriz a seguir, elaborada a partir da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) e da Taxonomia de Níveis de Aprendizagem Significativa.

Figura 5: Análise da matriz BNCC para a área de Ciências da Natureza e Matemática segundo Taxonomia de Aprendizagem Significativa.

COMPETÊNCIAS	HABILIDADES																										
	EM13CNT04	EM13CNT08	EM13CNT09	EM13CNT04	EM13CNT01	EM13CNT02	EM13CNT06	EM13CNT08	EM13CNT09	EM13CNT01	EM13CNT05	EM13CNT03	EM13CNT03	EM13CNT01	EM13CNT05	EM13CNT06	EM13CNT07	EM13CNT03	EM13CNT05	EM13CNT02	EM13CNT04	EM13CNT06	EM13CNT07	EM13CNT02	EM13CNT07		
	TAXONOMIA DE NÍVEIS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA																										
	N1: EXECUTAR			N2: INTERPRETAR										N3: AVALIAR			N4: REELABORAR										
CNM1	✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓		✓	✓										✓	
CNM2				✓	✓	✓										✓	✓										✓
CNM3							✓	✓						✓	✓				✓	✓							

Fonte: Elaboração dos autores.³

O terceiro elemento refere-se aos *níveis de interatividade digital* no item. Esse elemento está fundamentado nas propostas de Tomaz (2011), Sims (1999) e Hannafin (1989) – estudos abordados na metodologia deste estudo. Os níveis de interatividade considerados nesta proposta de WebQuest podem ser acompanhados no Quadro 4, que retoma as cinco funções de interação expostas no Quadro 2.

Quadro 4 - Funções de interação.

Nível de interatividade	Função da interação
I1	Navegação

12	Consulta
13	Verificação
14	Elaboração
15	Controle processual

Fonte: Elaboração dos autores, com base nas contribuições de Sims (1999) e Hannafin (1989).

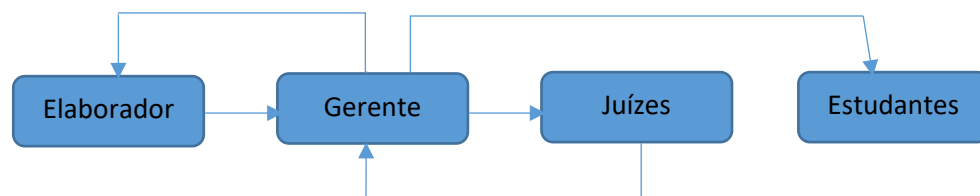
Cada nível de interatividade se relaciona com as premissas psicológicas, as estratégias comuns de interação e as estratégias adicionais de engajamento. O Quadro 4 retoma as funções de interatividade associando-as hierarquicamente a níveis que permitem a extrapolação em características operacionais das WebQuests propostas.

4.3 Projeto-piloto da WebQuest com itens de múltipla escolha

Para executar esse modelo de WebQuest composto por itens de múltipla escolha, foi realizada a implementação de um projeto-piloto em que foram desenvolvidas dez WebQuests, cada qual com três ou quatro itens, todos com cinco alternativas, seguindo as orientações da classificação e codificação dos objetos de conhecimentos (Quadro 3), de demanda cognitiva (Figura 6) e de interatividade (Quadro 4).

Como forma de concretizar o modelo teórico proposto, foi realizada uma implementação computacional em um *site* totalmente operacional, disponível no seguinte endereço: <https://thewebquest.net/thewebquest>. De modo geral, o sistema implementado no site funciona de acordo com papéis assumidos pelos usuários, a saber: administrador, elaborador, gerente, juiz, estudante. Para cada papel, há funcionalidades que lhe são próprias. Assim, foi possível estabelecer um fluxo de construção de WebQuests, que tem a seguinte dinâmica:

Figura 6: Fluxo de produção, gerenciamento, julgamento e realização das WebQuests.



Fonte: Elaboração dos autores.

Seguindo esse fluxo, o elaborador é acionado para construir as WebQuests. Uma vez elaborada, a WebQuest é enviada ao gerente, que a analisa e verifica se ela pode ser submetida aos juízes. Caso haja necessidade de ajustes, o gerente deve devolver ao elaborador. O processo se repete até que a WebQuest seja considerada pronta para ser submetida à apreciação dos juízes, para que façam sua análise. Os juízes analisam as WebQuests como especialistas na área e devolvem o resultado da análise para o gerente. A depender da análise dos Juízes, o gerente devolve a WebQuest para o elaborador, ou a libera para apresentação aos examinandos.

Ao Administrador cabe tarefas de mais baixo nível, como atribuição dos papéis no sistema, cadastramento das facetas, dos índices de interatividade e

suas descrições, entre outras ações. Do ponto de vista da estrutura de banco de dados, as WebQuests estão organizadas da seguinte forma:

Figura 7: Estrutura de dados das WebQuests, na forma de relacionamento entre seus diversos constituintes.



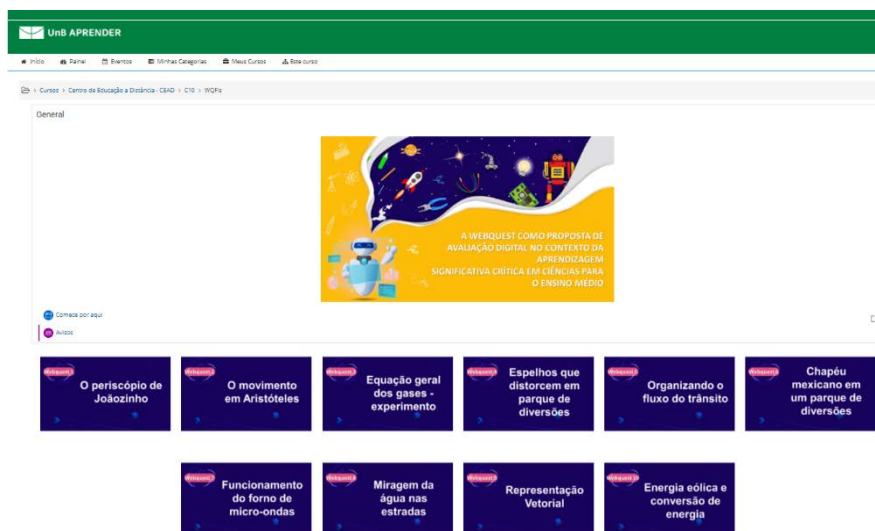
Fonte: Elaboração dos autores.

Na Figura 7, as setas indicam que o relacionamento entre os metadados da WebQuest e os elementos de conexão (Avaliação e Processo) são do tipo “um para muitos”, ou seja, os mesmos metadados de uma WebQuest podem ser associados a diferentes estruturas de Avaliação e Processo (conexão). A mesma possibilidade ocorre entre os Itens e a estrutura de conexão, de modo que um Item pode estar referido a muitas estruturas de conexão. Dessa forma, é possível, conectar diferentes conjuntos de itens a diferentes conjuntos de metadados, formando, assim, com uma mesma base existente, diversas WebQuests. Essa organização é particularmente importante para a implementação de uma estrutura CAT, que demanda maior flexibilidade no processo de apresentação de itens diferentes (a depender das características do examinando) a um mesmo conjunto de metadados.

Nessa organização, de forma geral, os elementos de Conclusão, Feedback e Amplie Seus Conhecimentos só ficam visíveis para o estudante após a realização da WebQuest. Ou seja, se o Estudante não responder aos itens da WebQuest, ele não avança para as outras etapas. Outro fator a se considerar é o relacionamento entre os metadados da WebQuest e os elementos de conexão, como Avaliação e Processo.

Essa estrutura também foi utilizada em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). O ambiente escolhido foi o Moodle, na versão 3.8, por meio da Plataforma Aprender 2, da UnB (2021). Essa escolha ocorreu, porque o grupo de pesquisa deste estudo tinha maior afinidade com esse ambiente – o que não impede que outros estudos apliquem o mesmo sistema em outro tipo de AVA, como, por exemplo, o Teams da Microsoft ou o Google Classroom. A seguir, apresentam-se figuras da implementação do referido sistema de WebQuest dentro da plataforma Aprender 2, da UnB.

Figura 8: Exemplo da versão de implementação das WebQuest no Moodle.



Fonte: Elaboração dos autores, extraída da plataforma Aprender 2, da UnB (2021).

Figura 9: Exemplo da versão de implementação das WebQuest no-Moodle.



Fonte: Elaboração dos autores, a partir do Aprender 2, da UnB (2021).

Na Figura 8, há a apresentação de dez WebQuests. Na Figura 9, há o exemplo da mesma WebQuest que aborda a Lei de gases, representada inicialmente nas Figuras 3 e 4.

Dando consecução ao processo de análise e validação do modelo de WebQuest, foi realizada, inicialmente, o levantamento de evidências de validade com base no conteúdo, a partir do processo de análise de juízes e do cálculo do Coeficiente de Validade de Conteúdo (CVC). Após as alterações realizadas a partir dos resultados da análise de juízes, as WebQuests foram inseridas em uma amostra, como dito, por meio de um projeto-piloto. Nessa amostra, as WebQuest foram submetidas às respostas de estudantes da educação básica pública do Distrito Federal, selecionados com base nos cadastros fornecidos por professores

indicados pelos integrantes da pesquisa. Cartas-convite foram enviadas aos responsáveis pelos estudantes que consentiram junto com seus tutelados em participar da pesquisa. Ao total, participaram nove estudantes, das três séries do EM, na faixa etária dos 15 aos 17 anos de idade. Na primeira etapa, foi realizado o processo de análise semântica que, segundo Pasquali (1999), serve para verificar se todos os itens do teste são compreensíveis para todos os membros da população à qual se destina o instrumento. Foram, então, realizadas três sessões *on-line* com os grupos, mediados por duas alunas do curso de Pedagogia da UnB. Em cada sessão, uma mediadora fez a leitura de cada WebQuest e questionou os estudantes acerca da sua compreensão.

Na segunda etapa, a de análise de processo de resposta, os estudantes responderam e analisaram as WebQuests. Ela ocorreu entre dezembro de 2020 e janeiro de 2021. Como dito, foi utilizada a versão-Moodle para apresentar os sistemas desenvolvidos (Figuras 8 e 9) aos estudantes.

No formulário disponibilizado, cada estudante respondeu e descreveu o respectivo processo de resposta de três ou quatro itens das quatro WebQuests disponibilizadas, totalizando, assim, 13 itens por estudante – com 65 alternativas no total. Em síntese, foi solicitado, para cada resposta, o registro do processo cognitivo para o respectivo entendimento, na perspectiva da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1969; 2000; MOREIRA, 2017a) bem como o relato das eventuais dificuldades.

Considerando essa amostra, foi possível constatar as seguintes observações. Primeiro, alguns examinandos supuseram, em suas descrições acerca do processo cognitivo durante a realização da WebQuest, que a organização desta, por si, deveria levá-los à resposta correta. Essa falsa impressão gera a demanda por avaliar as orientações a respeito do modelo avaliativo como um todo, porque o uso interno de seus recursos pode desencadear falsas associações cognitivas no processo de aprendizagem.

O segundo achado é que alguns usuários não vislumbraram justificativas contundentes para o acerto. Embora o objetivo da WebQuest tenha sido de explorar o recurso digital na sistematização do processo de aprendizagem acerca do conteúdo disciplinar – no caso, conteúdos de física –, uma parcela dos estudantes -respondentes foi incapaz de afirmar isso de forma contundente. Por isso, esse aspecto deve ser considerado e mais bem evidenciado em uma eventual reformulação dos itens que compõem a WebQuest, para que fique mais perceptível ao estudante o objetivo de pesquisa sistemática do tema por meio de recursos digitais.

Notou-se que houve posicionamento que acionou a sequência cognitiva definida por Ausubel (1969; 2000) para a aprendizagem significativa; em particular, a ancoragem (ou subsunção), com base na potencialização desencadeada pelos *links* como materiais ou a especialização/contextualização da resposta. Por isso, em algumas das situações relatadas – e particularmente nas descrições das respostas aos primeiros itens –, pode-se notar a utilização de recursos de subordinação conceitual, como previsto por Ausubel (2000) em processos dessa natureza.

É digno de nota, também, que alguns dos usuários examinados fizeram constar que as terminologias utilizadas pelos itens estariam fora dos seus alcances prévios e assinalaram que não tiveram acesso curricular a parte dos objetos abordados nos itens. Este último aspecto, particularmente, parece guardar

relação com o período letivo que temos vivenciado no Brasil a partir da Pandemia da Covid-19. De forma geral, observou-se, em quatro WebQuests, uma oscilação nos índices de acertos, o que se pode prever haja maior ou menor correlação das justificativas apresentadas pelos examinandos, em relação às habilidades associadas aos itens. Esse aspecto deverá ser objeto de reavaliação pela equipe que desenvolveu essa proposta.

Os ganhos com essa pesquisa amostral foram os seguintes: primeiramente, houve a validação da proposta com base no processo de resposta do examinando, sendo obtidas, ao total, três fontes de dados, a saber: a) a descrição individualizada dos processos de resposta às WebQuests da amostra analisada; b) o descritivo das respostas de cada estudante às WebQuests; e c) os relatórios de aplicação do teste na versão Moodle das WebQuests. Em segundo lugar, os resultados parciais dessa amostra permitiram evidenciar estatísticas relacionadas aos acertos e aos erros das respostas, mas, principalmente, identificar tendências; erros sistemáticos nas respostas; categorias emblemáticas de erros; dados acerca do atendimento (ou não) da habilidade proposta pelo item; e indicativos de reformulação.

Em terceiro lugar, esse projeto-piloto com a realização de uma proposta de WebQuest abre uma perspectiva pedagógica a ser explorada: WebQuests com itens de múltipla escolha com base em um processo estruturado de ensino e aprendizagem não presencial.

5 Avanços necessários: à guisa de uma conclusão

Na reflexão contida neste texto, buscou-se cumprir o objetivo de relatar fundamentos, aplicação e possibilidades de extrapolação de um modelo de WebQuest como instrumento de avaliação digital para o ensino de ciências no Ensino Médio. Para tanto, o estudo foi segmentado em três partes. Na primeira delas, foram apresentados pressupostos educacionais e avaliativos que poderiam sustentar uma proposta de WebQuest com itens de múltipla escolha. Na segunda, foram abordados os pressupostos metodológicos como pesquisa tecnológica. Já na terceira parte, foi descrito o modelo de WebQuest com itens de múltipla escolha, apresentando parte dos resultados alcançados no projeto-piloto, que contou com a participação de nove estudantes do EM.

A partir do que foi desenvolvido, apreende-se que a composição de itens de múltipla escolha e com *feedbacks* automáticos dá indicativos satisfatórios – pelo menos, inicialmente – às avaliações em larga escala e de cunho formativo, podendo adequar-se à estratégia da WebQuest. Isso acompanha o referencial de aprendizagem no qual essa proposta está baseada (MOREIRA, 2012; AUSUBEL, 2000), bem como sustenta a abertura para uma nova seara pedagógica a ser explorada na relação entre TDIC e ensino.

Uma limitação da pesquisa em seu estágio foi a quantidade diminuta dos dados empíricos coletados na amostra do projeto-piloto. Percebe-se que se faz necessária a realização de mais testes, em maior escala, bem como a análise fatorial, a calibragem dos dados e a análise Rash. Outra limitação foi a consideração de apenas quatro das dez WebQuest, sendo, portanto, preciso explorar as demais a partir de outras aplicações. Além disso, foram analisados apenas dados de examinandos do Distrito Federal, o que circunscreve a pesquisa a uma localidade. Para ampliar as possibilidades de aplicação da WebQuest, nota-

se que é imprescindível acolher pré-testes de examinandos oriundos de diversas e distintas localidades do Brasil, dada a dimensão continental do País e a desigualdade social de suas regiões.

Referências

- AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION - AERA; AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION -APA; NATIONAL COUNCIL ON MEASUREMENT IN EDUCATION - NCME. **Standards for educational and psychological testing**. Washington, DC: APA, 2014.
- ARREDONDO, Santiago Castillo; DIAGO, Jesús Cabrerizo. A avaliação na educação. In: ARREDONDO, Santiago Castillo; DIAGO, Jesús Cabrerizo. **Avaliação educacional e promoção escolar**. Curitiba: IBPEX; São Paulo: Unesp, 2009, p. 27-78.
- AUSUBEL, David Paul. **Educational psychology: A cognitive view**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1969.
- AUSUBEL, David Paul. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Boston: Kluwer, 2000.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum**. Ensino Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: Conselho Nacional da Educação, 2017.
- BLOOM, Benjamin Samuel; ENGELHART, Max D.; FURST, Edward J.; HILL, Walker H.; Krathwohl, David. R. **Taxonomy of educational objectives**. New York: David McKay, 1956.
- BUNGE, Mario. **Treatise on basic philosophy**. Boston: D. Reidel, v. VII, 1985.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; RICARDO, Elio Carlos; SASSERON, Lúcia Helena; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos; PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- COSTA, Sandra Regina Santana; DUQUEVIZ, Barbara Cristina; PEDROZA, Regina Lúcia Sucupira. Tecnologias Digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 19, n. 3, set.-dez, p. 603-610, 2015.
- COELHO, Patrícia Margaria Farias; COSTA, Marcos Rogério Martins Costa; NETO, João Augusto Mattar. Saber Digital e suas Urgências: reflexões sobre imigrantes e nativos digitais. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 43, n. 3, p. 1077-1094, 2018.
- CRAICK, Fergus I. M.; LOCKHART, Robert S. Levels of processing: A framework for memory research. **Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior**, v. 11, p. 671-684, 1972.
- DODGE, Bernie. WebQuests: a technique for internet – based learning. **The Distance Educator**, v.1, n 2, p. 10-13, 1995.
- ECKES, Thomas. Many-facet Rasch measurement. In: TAKALA, Sauli. (Ed.). **Reference supplement to the manual for relating language examinations to the Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment (Section H)**. Strasbourg, France: Council of Europe/Language Policy Division, 2009, p. 1-53.
- FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino; MOREIRA, Marco Antonio; FRANZ, Gustavo Borgnon; PORTUGAL, Khalil Oliveira; NOGUEIRA, Danielle Xábregas Pamplona. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. **Revista Brasileira de Ensino Física**, v. 42, e20200057, p. 1-3, jun., 2020.
- FERREIRA, Marcello; COUTO, Roberto Vinícius Lessa do; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino; PAULUCCI, Laura; MONTEIRO, Fábio Ferreira. Ensino de astronomia: uma abordagem

didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. 1-13, 2021.

FREITAS JUNIOR, Vanderlei; SOUZA, Victor Martins. **Guia para escrita de artigos científicos**: uma perspectiva da pesquisa tecnológica. Sombrio: Instituto Federal Catarinense, 2018.

GIERL, Mark J.; HALADYNA, Thomas M. **Automatic Item Generation**: theory and practice. Routledge: New York and London, 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLEMAN, Daniel. **Foco**: a atenção e seu papel para o sucesso. Tradução de Cássia Zanon. Rio de Janeiro: Objetiva, 2013.

HANNAFIN, Michael J. Interaction Strategies and Emerging Instructional Technologies: Psychological Perspectives, **Canadian Journal of Educational Communication CJEC**, v.18, n. 3, p. 167 -180, 1989.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB – Resultados e Metas**. 2019. Disponível em: <http://ideb.inep.gov.br/resultado/> Acesso em: 26 jan. 2022.

KÄMPF, Cristiane. A geração Z e o papel das tecnologias digitais na construção do pensamento. **ComCiência**, n. 131, p. 1-4, 2011.

KEMPFER, Liderci Maria de Andrade. **Impactos da Cibercultura na mediação pedagógica nas escolas públicas municipais do ensino fundamental da cidade de Goiânia (GO)**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias**: o novo ritmo da informação. 5 ed. Campinas: Papirus, 2009.

LÉVY, Pierre. **O que é virtual?** Tradução de Paulo Neves. Rio de Janeiro: Editora 34, 1996.

LINACRE, John Michael. **Many-facet Rasch Measurement**. Chicago: Mesa Press, 1994.

LUECHT, R. Michael. Automatic Item Generation for Computerized Adaptive Testing. In: GIERL, M. J.; HALADYNA, Thomas M. **Automatic item generation**: theory and practice. New York: Routledge, 2012, p. 196-216.

MARCH, Tom. The learning power of WebQuests. **Educational Leadership**, v. 61, n. 4, p. 42-47, 2004.

MARINHO, Simão Pedro P. WebQuest – um uso inteligente da Internet na escola. **Caderno do Professor**, n. 7, p. 55-64, fev. 2001.

MARZANO, Robert J. **A different kind of classroom**: teaching with dimension with dimensions of learning. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development, 1992.

MARZANO, Robert J.; KENDALL, John S. **The new Taxonomy of Educational Objectives**. 2. ed. Nova Iorque: Corwin Press, 2007.

MASETTO, Marcos Tarciso. Mediação pedagógica e o uso da tecnologia. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos Tarciso; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 12 ed. Campinas: Papirus, 2000, p. 133-173.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal: EDUFRN, 2012.

- MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2017a.
- MOREIRA, Marco Antonio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 01-13, 2017b.
- MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 2016.
- OLIVEIRA, Ana Paula de Matos. **Prova Brasil como política de regulação da rede pública do Distrito Federal**. 2011. 274f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- OLIVEIRA, Antonia Regina de. **O modelo multifacetado de Rasch na construção de subescalas**. 2019. 100f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Sociedade e Cooperação Internacional) - Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- PARRISH, Patrick. **Interactivity in computer-aided learning (CAL)**. 1996. Disponível em: http://www.comet.ucar.edu/pub_html/npi/interac3.html. Acesso em: 26 jan. 2022.
- PASQUALI, Luiz. **Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação**. Petrópolis: Vozes, 2013.
- PASQUALI, Luiz; PRIMI, Ricardo. Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI. **Avaliação psicológica**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 99-110, dez. 2003.
- PERRENOUD, Philippe. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas**. Trad. Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.
- SACRISTÁN, Gimeno J.; GÓMEZ, A. I. Perez. **Compreender e transformar o ensino**. Tradução de Ernani da Fonseca. 6. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2007.
- SANTOS, Tiarles Rosa dos; BARIN, Cláudia Smaniotto. Problematização da Metodologia Webquest na Prática Educativa: potencialidades e desafios. **Revista Tecnologias na Educação**, ano 6, n. 11, p. 1-11, dez. 2014.
- SILVA, Wellington. **Proposta de uma metodologia para a produção e interpretação de medidas educacionais em avaliação em larga escala por meio da utilização da Modelagem Rasch com duas ou mais facetas**. 2019. 150 f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Educação, Rio de Janeiro, 2019.
- SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; FERREIRA, Marcello. Modelo teórico para levantamento e organização de subsunçores no âmbito da Aprendizagem Significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. 1-13, 2022.
- SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; FERREIRA, Marcello. Teorias da aprendizagem e da educação como referenciais em práticas de ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 2, ago. 2018.
- SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; FERREIRA, Marcello; Polito, Antony Marco Mota; COELHO, André Luiz Miranda de Barcelos. Normatividade e descritividade em referenciais teóricos na área de ensino de Física. **Pesquisa e Debate em Educação**, v. 11, n. 1, p. 1–33, 2021.
- SIMS, Rod. Interactivity on stage: Strategies for learner-designer communication. **Australian Journal of Educational Technology**, 1999, v. 15, n. 3, p. 257-272, Summer 1999.
- TOFFOLI, Sônia Ferreira Lopes; SIMON, Cristina Valéria Bulhões. A utilização do modelo multifacetado de Rasch na análise das influências dos avaliadores sobre as avaliações com itens abertos. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, n. 101, p. 1303-1323, 2018.

TOMAZ, Júlia Maria Caldeira. Efeitos do nível de interatividade num recurso educativo digital - diferenças na satisfação e na aprendizagem. **Atas do II Congresso Internacional TIC e Educação**. Lisboa, 2011, p. 2654-2675. Disponível em: <http://ticeduca.ie.ul.pt/atas/pdf/318.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2022.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB. A WebQuest como proposta de avaliação digital no contexto da aprendizagem significativa em Ciências para o Ensino Médio. **Aprender 2**. 2021. Disponível em: <https://aprender2.unb.br/course/view.php?id=1459>. Acesso em: 26 jan. 2022.

Nota

¹ Utilizamos a tradução proposta por Jarbas Novelino Barato, que está disponível em: https://www.dm.ufscar.br/~jpiton/downloads/artigo_webquest_original_1996_ptbr.pdf. Acesso em: 26 jan. 2022.

² Short-Term Memory (STM) é a capacidade de reter pouca informação por um curto tempo.

³ As siglas utilizadas para indicar as habilidades e as competências são as mesmas que constam na BNCC (BRASIL, 2017).

Informações complementares

Financiamento

Esta pesquisa foi financiada pelo Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação (CAEd) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Contribuição de autoria

Concepção e elaboração do manuscrito: Marcello Ferreira; Danielle Xabregas Pamplona Nogueira; Olavo Leopoldino da Silva Filho.

Coleta de dados: Marcello Ferreira; Olavo Leopoldino da Silva Filho; Marcos Rogério Martins Costa; Danielle Xabregas Pamplona Nogueira.

Análise de dados: Marcello Ferreira; Olavo Leopoldino da Silva Filho; Marcos Rogério Martins Costa.

Discussão dos resultados: Marcello Ferreira; Olavo Leopoldino da Silva Filho; Marcos Rogério Martins Costa; Joaquim José Soares Neto.

Revisão e aprovação: Marcello Ferreira; Olavo Leopoldino da Silva Filho; Marcos Rogério Martins Costa; Joaquim José Soares Neto.

Preprint, originalidade e ineditismo

O artigo é original, inédito e não foi depositado como *preprint*.

Consentimento de uso de imagem

Não se aplica.

Aprovação de Comitê de Ética em Pesquisa

Não se aplica.

Conflito de interesse

Não há conflitos de interesse.

Conjunto de dados de pesquisa

Não há dados disponibilizados.

Licença de uso

Os autores cedem à Revista Pesquisa e Debate em Educação os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution \(CC BY\) 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Esta licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

Publisher

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Faculdade de Educação (FACED), Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação (CAEd), Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Avaliação da Educação Pública (PPGP). Publicação no Portal de Periódicos da UFJF. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

Editores

Especificação dos nomes dos Editores

Formato de avaliação por pares

O formato da avaliação por pares poderá ser: Revisão cega simples (*Blind peer review*) ou Revisão duplamente cega (*Double blind peer review*).

Sobre os autores

Marcello Ferreira

Graduado em Física (UnB). Mestre em Física (UnB). Doutor em Educação em Ciências (UFRS). Pós-Doutorado em Ensino de Ciências e Tecnologias (UFSCar). Pesquisa e orienta nos temas: fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de ciências e física; formação de professores de física; estudos foucaultianos; educação a distância; e políticas públicas da educação. Pesquisador CAEd/UFJF na área de avaliação digital em física. Atualmente, é Pró-Reitor do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) junto à Sociedade Brasileira de Física (SBF).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3108824986425884>

Danielle Xabregas Pamplona Nogueira

Graduada em Educação Artística, com habilitação em Música (UEPA). Especialista em Metodologia da Educação Superior (UEPA). Especialista em Administração Escolar (UCAM). Mestre em Educação (UnB). Doutora em Educação (UnB). É professora do Departamento de Planejamento e Administração da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília (UnB), atuando principalmente nos seguintes temas: políticas públicas, gestão e tecnologias educacionais.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7455418399257045>

Olavo Leopoldino da Silva Filho

Graduado em Física, Matemática, Filosofia e Ciências da Computação (UnB). Mestre em Física e em Filosofia (UnB). Doutor em Física (UnB). Atualmente é professor associado da Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Interpretação da Mecânica Quântica, em particular na interface quântico-clássico. Em filosofia, trabalha com lógica e linguagem, em particular com a aplicação da lógica na análise de línguas naturais.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2385734808526524>

Marcos Rogério Martins Costa

Graduado em Letras (USP). Mestre em Letras (USP). Doutor em Letras. Pós-Doutorando em Letramento científico no Instituto de Física (UnB). Membro da Equipe Multidisciplinar do Centro de Educação a Distância da Universidade de Brasília (Cead/UnB). Diretor de Eventos da Academia Contemporânea de Letras (ACL) e Diretor da Sucursal de Brasília da Academia Nacional de Artes, Letras e Ciências (Anacla).

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1948149291517472>

Joaquim José Soares Neto

Graduado em Física (UnB). Mestre em Física (UnB). Doutor em Química teórica (Aarhus University, UA). Pós-doutorado no California Institute of Technology (Caltech), nos Estados Unidos. Professor Titular da Universidade de Brasília. Trabalha em pesquisa na área de Avaliação da Educação Superior e da Educação Básica por mais de 18 anos. Atualmente, atua no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Sociedade e Cooperação Internacional do Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares (Ceam/UnB) e no Polo do Instituto de Física do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ambos da Universidade de Brasília.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1594664312846964>

