

Guia de decisões de projeto para sistemas de realidade aumentada aplicada ao ensino, considerando a psicopedagogia e a psicomotricidade: Um estudo de caso no desenvolvimento de material didático na geografia

Larissa Dantas Vilaça, Alan Salvany Felinto, Luis Fernando Kawabata de Almeida

Departamento de Computação

Universidade Estadual de Londrina, UEL

Londrina, Brasil

laridv@hotmail.com, alan@uel.br, kawabata_pc@hotmail.com

Osvaldo Coelho Pereira Neto

Departamento de Geociências

Universidade Estadual de Londrina, UEL

Londrina, Brasil

coelho@uel.br

Resumo—Os avanços tecnológicos levaram a uma mudança de paradigma na forma do aprendizado. O grande desafio nesta Era Digital é saber como escolher as informações, definir o que é relevante, saber validar as fontes de pesquisa, ou seja, não é mais como obter as informações, mas como conseguir construir um conhecimento a partir delas. Este trabalho tem como objetivo propor um guia para auxiliar na escolha de qual tipo de sistema de Realidade Aumentada é mais adequado para o ensino de conteúdos e analisar este conteúdo, considerando os fatores cognitivos, motores - tendo como referência Piaget - e as particularidades de cada sistema, por meio de um questionário elaborado com base no construtivismo, na psicopedagogia, na psicomotricidade e nas características de cada tipo de sistema. O guia mostrou-se numa ferramenta útil e importante, por meio do estudo de caso do material didático, desenvolvido no Unity 3D usando imagens de satélite para gerar relevos em 3D, para identificar possíveis impedimentos técnicos, psicopedagógicos e psicomotores. O guia de decisão de projetos é aplicável no desenvolvimento de Jogos Educacionais, assim como no desenvolvimento de materiais didáticos que utilizam realidade aumentada.

Keywords-Realidade Aumentada; Tecnologias no ensino; Geografia; Piaget; Psicopedagogia; Psicomotricidade; Cognitivo; Construtivismo; Design instrucional; Projetos de Jogos educacionais;

I. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos levaram a uma mudança de paradigma na forma do aprendizado e no mercado de trabalho[1]. Devido a esta mudança de paradigma, o grande desafio nesta era digital não é mais como obter as informações, mas como construir um conhecimento a partir dessa informação.

Com as novas formas de acesso à informação causada pela evolução tecnológica levou ao surgimento dos Nativos Digitais. Os Nativos digitais são aqueles que nasceram com a tecnologia, sendo autodidatas e não consideram o professor como a principal fonte de informação.

Por causa do distanciamento que isso gerou, os métodos de ensino completamente passivos deixaram de ser relevantes para o ambiente de sala de aula[2].

De encontro com a metodologia tradicional, o método de ensino construtivista coloca o aluno em uma posição ativa no aprendizado e tem como base a teoria da construção do conhecimento de Piaget. O Phenomenon-based learning (PhBl) é um exemplo de ensino ativo[3].

Com o intuito de reaproximar o professor do aluno torna-se necessário o desenvolvimento de novas ferramentas de ensino. Uma possível solução é utilizar a Realidade Aumentada como uma ferramenta de ensino, na construção de jogos digitais e materiais didáticos em gerais. Com isso surgem diversos desafios para o desenvolvimento de um sistema apto.

Este trabalho, tem como objetivo propor um guia de decisões de projeto para a escolha do tipo de sistema de Realidade Aumentada mais adequado ao ensino do conteúdo e analisar este conteúdo, por meio de um questionário, elaborado com base nos tipos de sistemas para realidade aumentada, no construtivismo, na psicopedagogia e na psicomotricidade. Foi realizado um estudo de caso no ensino da geografia, para a construção do material didático a ser aplicado no ensino de relevos.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Algumas definições têm grande importância dentro do trabalho feito como: Nativos digitais; Psicopedagogia; Psicomotricidade; Ensino da Geografia e Realidade aumentada.

A. Nativos digitais

Com a evolução da tecnologia surgiu a população Nativa Digital, sua primeira geração é conhecida como geração Y e engloba os nascidos após 1980. Esta geração nasceu quando

foram criadas as tecnologias sociais digitais, porém não tão imersas na tecnologia como a geração Z. A geração chamada Z, nasceu num mundo completamente digital, por isto não conheceram o mundo analógico. Eles possuem acesso à rede de tecnologias digitais e as habilidades para utilizá-las. Esta geração - cada vez mais autodidata - utiliza a tecnologia como uma extensão do seu próprio corpo[4].

B. *Psicomotricidade e psicopedagogia*

Segundo Lima [5], para identificar a causa de possíveis problemas na aprendizagem é necessário entrelaçar a psicopedagogia com a psicomotricidade.

Segundo a Associação Brasileira de Psicopedagogia (ABPP), psicopedagogia é "a área de conhecimento, atuação e pesquisa que lida com o processo de aprendizagem humana, visando o apoio aos indivíduos e aos grupos envolvidos neste processo, na perspectiva da diversidade e da inclusão"[6].

Segundo a Associação Brasileira de Psicomotricidade (ABP), psicomotricidade é "o campo transdisciplinar que estuda e investiga as relações e as influências recíprocas e sistêmicas entre o psiquismo e a motricidade."[7], ou seja, estuda a presença ou não da ação associada à vontade e a capacidade motora do indivíduo de realizar a ação.

C. *Coordenação Motora*

É a capacidade que o corpo tem de desenvolver um movimento. A coordenação Motora pode ser dividida em [8]:

Motora Grossa: utiliza de grupos musculares maiores e envolve o desenvolvimento de habilidades como andar, correr, saltar, chutar, subir e descer escadas.

Motora Fina: utiliza de grupos musculares menores e envolve o desenvolvimento de habilidades mais precisas e delicadas como pintar, escrever ou manusear pequenos objetos.

D. *Teoria de construção do conhecimento de Piaget*

Piaget desenvolveu o conceito conhecido epigênese, para explicar o processo de evolução humano. O desenvolvimento humano está associado à sua interação com o ambiente que o rodeia, desta forma estabelecendo uma relação de interdependência entre o indivíduo e o objeto de conhecimento.

No modelo Piagetiano, o desenvolvimento humano é explicado por uma combinação de relações interdependentes entre o sujeito conhecedor e o objeto a ser conhecido. Essas relações complementares envolvem mecanismos bastante complexos e misturados que englobam o entrelaçamento de fatores também complementares.

Um exemplo desta relação entre o sujeito conhecedor e o objeto a ser conhecido é de uma criança aprendendo a diferenciar um cachorro de um cavalo.

Uma criança que nunca viu um cavalo pode observar a semelhança morfológica entre ele e um cachorro, assimilando que é um cachorro. Ao ser corrigida, a criança

modifica, ou cria, o esquema cognitivo para acomodar o novo conhecimento, resultando em um estado de equilíbrio.

E. *Fases do desenvolvimento humano*

Segundo Piaget, existem quatro fases do desenvolvimento humano. Com base em [9] e [10] temos as descrições dessas fases:

Sensório-motor (0 a 2 anos), onde há a limitação aos aparelhos reflexos inatos (chorar, sorrir e agarrar de forma involuntária e inconsciente).

Pré-operatório (2 a 7 anos), que é a fase dos "porquês". É uma fase marcada pelo egocentrismo devido à ausência de esquemas conceituais e da lógica. Desenvolve-se também durante esta fase a coordenação motora fina.

Operações concretas (7 a 11 anos), que é caracterizada pela capacidade da criança de estabelecer relações e ordenar pontos de vista diferentes. Ela começa a lidar com conceitos de números e relações. É possível realizar trabalhos em grupo sem a perda da autonomia pessoal.

Operações formais (12 anos em diante). Nesta fase a criança consegue raciocinar sobre hipóteses na medida em que ela é capaz de formar esquemas conceituais abstratos e através deles executar operações mentais dentro de princípios da lógica formal. Neste estágio surge o raciocínio lógico-dedutivo.

Piaget considera a divisão por faixa etária como "por aquilo que o indivíduo consegue fazer melhor"[11] citado por [9], por isto a divisão por faixa etária é uma referência, e não uma norma rígida.

F. *Teoria de aprendizagem cognitiva por Multimídia*

Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) foi desenvolvida por Mayer [12], possui sua base na Cognitive Information Process (CIP) e baseia-se em três pressupostos: Canal duplo, em que o ser humano possui canais separados para processar informações visual e verbal; Capacidade limitada, onde há uma limitação no processamento de informações de cada canal e Aprendizagem ativa, que é um processo ativo que requer processos cognitivos coordenados.

Para que o aprendizado ocorra o ser humano deve selecionar palavras e imagens relevantes, organizando-as em representações verbalmente e visual coerentes, integrando-as em uma representação com um novo conhecimento.

Wasko [13] utiliza de 6 princípios da CMTL para a construção do conteúdo RA: Coerência, onde somente as informações relevantes para o assunto são mantidas; Multimídia, onde aprende-se melhor unindo o visual e o verbal; Redundância, onde a mesma informação apresentada de múltiplas formas ou de forma desnecessariamente elaborada, atrapalha o aprendizado; Modalidade, onde há a utilização de elementos visuais e narrações; Contiguidade, informações relacionadas são dispostas próximas e de forma simultânea e por fim a Personalização, que define que aprendemos melhor quando é utilizado um estilo conversacional do que um estilo formal.

G. Metodologias de ensino

O método de ensino tradicional é o mais utilizado, onde o professor expõe o conteúdo, sendo o agente ativo. Cabe aos alunos ouvir a explicação e absorver o conteúdo.

O método Construtivista é um método de ensino inspirado na Teoria de Piaget. Ele é utilizado muitas vezes como um complemento do ensino Tradicional. Neste método, o aluno é o agente ativo no processo de aprendizagem e o professor é o orientador.

Segundo Kruger [14] este método baseia-se na concepção de Freire da educação problematizadora. O professor prepara a aula, apresenta e reflete com os seus alunos sobre o conteúdo, contribuindo com o desenvolvimento do seu senso crítico e criativo [15].

H. Ensino da geografia

Geografia é a ciência que estuda a relação do ser humano com o espaço geográfico. [16]

De acordo com as fases de aprendizado do aluno, temos que as informações do ensino de geografia têm de se adequar para melhor ensiná-lo.

Para a temática de assunto de tipos de relevo, caso o aluno esteja no quarto ou quinto ano do ensino fundamental, ele ainda não é capaz de abstrair conceitos. Para a compreensão são necessárias comparações do que é aprendido ou está sendo fisicamente visualizado.

O conjunto das diferentes formas de paisagem natural da superfície terrestre chama-se relevo[17].

Planície: é um terreno plano e mais ou menos baixo e plano.

Planalto: é um terreno plano e mais elevado.

Montanha: é uma grande elevação de terra.

Morro: é uma pequena elevação de terra menor do que o monte e a montanha.

Vale: é a região mais baixa situada entre montanhas.

Ilha: é uma porção de terra cercada de água por todos os lados.

Caso o aluno esteja no 7 ou 8 ano aproximadamente, ele está no ano que compreende a Fase Operacional Formal de Piaget. Nessa fase o aluno é capaz de compreender informações abstratas e não é mais necessário visualizar as informações de forma concreta para compreender.

Relevo é o conjunto de formas que moldam a superfície da crosta da Terra. Ele pode ser modificado pela ação de fatores internos, como terremotos e movimentos tectônicos (decorrente da pressão que vem do interior da Terra), os fatores externos, como a erosão devido a processos naturais, como a água da chuva e dos ventos, entre outros, e pela interferência humana com a paisagem [18].

Principais formas de relevo

Planaltos: superfícies irregulares, em geral superiores aos 300 metros de altitude, nas quais predominam os processos de erosão.

Montanha: grande elevação da superfície terrestre que apresenta forte declive e, em geral, pico pontiagudo e rochoso. Associa-se, normalmente, às forças internas (tectônicas), responsáveis pelos dobramentos.

Morro: elevação da superfície de forma arredondada.

Planícies: superfícies muito planas e baixas, geralmente com menos de 200 metros de altitude, nas quais predominam os processos de sedimentação.

Depressões: superfícies rebaixadas em relação ao seu entorno, geralmente com poucas irregularidades e predomínio de processos erosivos.

Podem ser classificadas em:

a) depressões absolutas, situadas abaixo do nível do mar (muito raras).

b) depressões relativas, situadas entre dois ou mais planaltos. Ex: vale é uma depressão relativa.

Vale: Depressão, compreendida entre duas áreas de maior altitude, geralmente atravessada por um rio ou ribeirão, podendo ser largo ou estreito.

Ilha[19]: uma ilha é definida como uma área do relevo que se encontra cercada de água por todos os seus lados.

Tipos de ilha:

Ilha oceânica: Cerca por água do mar.

Ilha Fluvial: Cercada por água doce.

I. Realidade aumentada

A Realidade Aumentada (RA) pode ser definida como uma variação dos ambientes virtuais. Ela é o meio termo entre o ambiente virtual (completamente sintético) e a telepresença (completamente real). De forma que para ser considerado um sistema de Realidade Aumentada, ele deve seguir às seguintes características: Alinhar o mundo virtual com o mundo real; Ser interativo em tempo real e Utilizar objetos em 3D. [20]

A área de Realidade Aumentada no ensino é, segundo [21], muito recente. Ainda não existe um consenso entre os pesquisadores de quais são as vantagens e as desvantagens e desafios do uso de RA no ensino. O uso de sistemas de RA não garante a melhora do aprendizado [22]. Para isto é necessário desenvolver o sistema de modo que facilite o aprendizado do conteúdo que deseja ensinar, ou seja a RA deve ser tratada como um conceito (ferramenta) de ensino pelos pesquisadores e educadores.

Unindo a caracterização da RA definida por [23] e a definição por Azuma [24] pode-se derivar outros três aspectos da RA: Imersão, onde envolve os aspectos físicos do ambiente e a condição que os usuários estão envolvidos na atividade em RA; Interação, onde mesmo que um sistema alinhe-se com o meio real e o virtual, se não for interativo não é um sistema em RA e por fim a Navegação, onde há a relação do alinhamento do meio real e virtual.

Estabelece as seguintes relações entre as características da RA de Azuma com o ensino construtivista de Piaget [25]:

A RA por combinar o mundo real com objetos virtuais dentro do ambiente real ajuda no desenvolvimento através de ações entre o indivíduo e o meio.

Por ser interativa em tempo real, a construção do conhecimento ocorre da interação do indivíduo com o meio.

Por ser ter os objetos alinhados com o mundo real o conhecimento depende de uma assimilação e de uma reelaboração dos esquemas internos.

J. Trabalhos relacionados

Segundo Serio [22], um sistema em RA não garante a melhora do aprendizado. Para isto é necessário desenvolver o sistema de modo que facilite o aprendizado do conteúdo que deseja ensinar, ou seja a RA deve ser tratada como uma ferramenta de ensino pelos pesquisadores e educadores.

No artigo de Schmitz [26] o dispositivo usado era muito pesado mesmo para os alunos do ensino médio, sendo o tablet utilizado um de 10.1 polegadas. Um outro tipo de sistema que não precise segurar um dispositivo de visualização na mão poderia ter sido escolhido dado as condições presentes.

Santos em seu artigo [27], foca em estabelecer uma correlação entre as teorias cognitivas e a aprendizagem:

- Teoria da aprendizagem experimental: Toda experiência é vista como uma fonte de aprendizagem. Parte-se de uma experiência concreta que torna-se, ou seja, experiências proporcionadas por atividades motoras também estão incluídas.
- CMTL
- Teoria da visão animada: Esta teoria conecta a percepção visual para agir e movimentar o mundo físico, utiliza da vantagem do estímulo visual e motor.

Pode-se fazer uma conexão das teorias da Aprendizagem Experimental e Visão Animada com a teoria de Piaget. Ambas defendem a correlação da aprendizagem com os fatores cognitivo e motor.

No artigo de Dunleavy [28], além da sobrecarga cognitiva, é relatado também que o software é inadequado para crianças na série alvo pois a sintetização é uma habilidade difícil para alunos da sexta série e o sistema é muito complicado de aprender. As falhas foram os seguintes fatores: Pela falta de consideração das limitações cognitivas e motoras, o sistema escolhido foi inadequado.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Materiais e métodos para o desenvolvimento dos questionários

A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho foi adquirida pela revisão sistemática de artigos no uso da realidade aumentada no ensino. Os critérios para inclusão de artigos são: Revisão pareada; os artigos têm que ter características experimentais e a presença de um levantamento de possíveis vantagens e desafios no ensino.

Todos os artigos elencados como interessantes foram analisados. Foi analisado dentre esses artigos se um ou mais fatores entre dificuldades cognitivas, motores ou o tipo de sistema, foi responsável pela dificuldade apontada. Também foram analisados artigos sobre o ensino de geografia e os desafios de uso para esse caso.

Com base na identificação e análise das dificuldades encontradas, considerando a identificação da necessidade de definir um padrão de desenvolvimento de sistemas RA [29] [21], foi proposto um guia de decisões para o ensino considerando 3 fatores: O desenvolvimento cognitivo; Desenvolvimento motor e as características do tipo de sistema de RA.

O guia de sistema de RA foi feito com base nas vantagens e desvantagens dos tipos de sistema RA e nas restrições motoras devido a faixa etária de desenvolvimento cognitivo e motor; e o tipo de visão dos dispositivos.

Para projetar um sistema em RA, é necessário equilibrar o conteúdo apresentado [13]. O guia de apresentação de conteúdo foi feito com base no guia de design instrucional de Wasko.

Em resumo os principais materiais usados para o desenvolvimento dos questionários são:

- Escala de Likert [30];
- Guia de design instrucional feito por Wasko [13];
- As características de vantagens, desvantagens, tipo de visão e campo de visão dos sistemas RA;
- Fases do desenvolvimento humano de Piaget
- Fundamentação sobre a coordenação motora.

B. Materiais do estudo de caso

Considerando que o foco deste artigo é o desenvolvimento do guia de decisão de projeto, baseado na união dos conceitos relacionados a psicopedagogia e a psicomotricidade, foi realizado um estudo de caso para fazer o relato da experiência da aplicação do guia de decisão de projeto desenvolvido.

O estudo de caso é o processo da criação de um material didático em RA.

O processo da criação do material didático contou com um docente Prof. doutor do departamento de geociência, com um docente doutor do departamento de computação e uma profissional formada em Ciência da Computação, todos autores deste artigo.

Para o desenvolvimento do estudo de caso foram utilizados:

- Um computador I7 4 geração 8GB GTX 850m
- A engine de Jogo UNITY 3D 5.6
- Para modelar o relevo foi utilizado Photoshop e bandas de satélite e DEM do site da SRTM
- Vuforia
- Smartphone com Android 7.0 com giroscópio
- Marcadores para alternar entre os módulos aula e avaliativo.

O material didático desenvolvido, é um protótipo de um software educacional de realidade aumentada aplicada no ensino de relevos em que o discente visualiza o relevo em diversos ângulos utilizando um marcador embutido em uma placa. Este software educacional possui 2 módulos.

O primeiro módulo consiste na exploração das estruturas geológicas em que o aluno utiliza o marcador juntamente com um celular para visualizar o relevo em 3D.

Nos relevos apresentados existem localizações marcadas por Placas que ao clicar são mostradas as características do relevo. Assim sendo o aluno tem a possibilidade de experimentar, em tempo real, o processo de aprendizagem associando a visualização em 3D do relevo enquanto lê suas características.

O segundo módulo consiste na avaliação dos conhecimentos do aluno, em que o aluno é ranqueado de acordo com os acertos obtidos na avaliação. Neste módulo o aluno explora o relevo e também existem placas que marcam certas estruturas geológicas. Quando o discente clica na placa um menu de avaliação é apresentado. Se o aluno erra a questão a alternativa fica vermelha. Se o aluno acerta a questão a alternativa fica verde. Caso acerte na segunda tentativa fica laranja.

A avaliação do aluno é salva num arquivo CSV, que pode ser utilizado para minerar dados em programas como o Studio R. É possível obter informações de desempenho da turma ou de cada aluno, pois os arquivos gerados são individuais por acesso.

As figuras 1,2,3,4 e 5 ilustram o software desenvolvido e usado para o estudo de caso. Elas apresentam uma tela de resposta selecionada e resposta correta respectivamente.



Figura 2. Tela Questionário com a resposta correta.



Figura 3. Tela Questionário com a resposta errada.



Figura 1. Tela Questionário com uma resposta selecionada.



Figura 4. Tela Questionário a resposta certa na segunda tentativa.



Figura 5. Tela Descrição.

O relevo em 3D da região da Itália próximo ao Vesúvio, utilizado neste estudo de caso foi gerado a partir de bandas de satélites e DEM obtidas no site da SRTM. O modelo 3D foi obtido por composição de bandas de satélite e geração do relevo no Unity. O resultado final pode ser visto na figura 6.



Figura 6. Relevo da Itália próximo ao Vesúvio.

A visualização em 3D de relevos reais fornecem uma experiência de visualização virtual imersiva de um relevo que só poderia ser experimentada no mundo real através de visitas de campos. Por outro lado, também viabiliza conhecer, em detalhes, estruturas geológicas que os alunos dificilmente teriam acesso.

IV. ANÁLISES E RESULTADOS

Nesta seção há a apresentação do questionário desenvolvido, que auxilia na tomada de decisões de projeto educacionais em RA.

O questionário é composto de duas partes: Coordenação Motora x características do tipo de sistema RA, que auxilia conforme as limitações motoras de cada sistema; Avaliação de conteúdo por Faixa Etária, que auxilia na identificação de possíveis problemas de sobrecarga cognitiva e falhas na escolha de conteúdo conforme Piaget.

Considerando o tipo de campo de visão de cada sistema podemos dividi-los conforme o tipo de coordenação motora exigida na sua interação. Existem 2 tipos de coordenação motora: a grossa e a fina. A figura 7 ilustra a relação do campo de visão e as restrições motoras existentes, considerando o tipo de coordenação motora possível de ser utilizada.

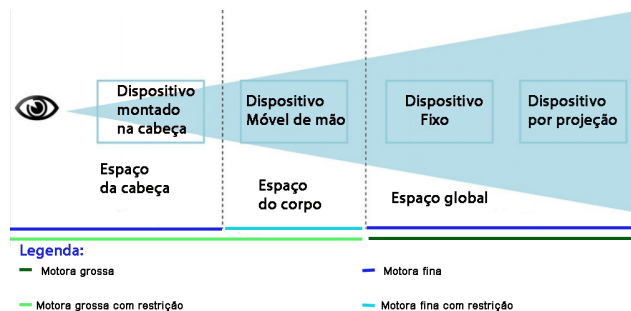


Figura 7. Relação campo de visão com restrição motora. Versão modificada para incluir as restrições motoras. Fonte da original:[31].

O campo de visão de um HMD, dispositivo de mão e/ou fixo é equivalente ao tamanho do display utilizado no dispositivo. Nos sistemas do tipo projeção, o seu campo de visão é equivalente à capacidade de projeção do sistema.

As restrições motoras no HMD são aplicáveis somente em dispositivos de visão óptica por vídeo, devido à possibilidade de ocorrer um problema e o usuário perder a visão do meio real.

Os sistemas por projeção permitem ao usuário enxergar a RA sem ter equipamentos presos ao corpo.

Se o seu público alvo tiver em torno de 5 anos, correspondendo à fase Pré-operatória, utilizar movimentos de coordenação fina como um requisito para interagir com o sistema não é adequado, pois é nesta faixa etária que começa o desenvolvimento motor fino. O recomendado seria só utilizar este tipo de interação quando a criança estiver na faixa etária operatória concreta, a partir dos 7 anos.

Os sistemas têm diversas restrições que devem ser consideradas:

- Sistemas de visão óptica direta por vídeo podem parar de funcionar e perder a visão, logo não é recomendado para atividades motoras complexas, como correr. Por ser em primeira pessoa, não permite a visualização simultânea de conteúdo.
- Sistemas de mão: como é necessário segurar o dispositivo com a mão, é recomendado evitar movimentos muito complexos de interação com o meio real [26].
- Sistemas fixos: possuem a mobilidade limitada onde não é possível transportá-lo facilmente de um ponto a outro.
- Sistemas por projeção: necessitam de ambientes com luminosidade controlada.

Para o guia ser aplicado corretamente deve-se saber em qual das 4 fases do desenvolvimento de Piaget está o seu público alvo e considerar o tipo de coordenação motora necessária para a interação com o sistema.

A tabela I contém a associação entre as fases do ensino brasileiro, segundo o Ministério da Educação (MEC) [32] com as fases do desenvolvimento utilizadas por Piaget e a coordenação motora predominante.

Tabela I
DIVISÃO DO SISTEMA DE ENSINO BRASILEIRO ASSOCIADO AS FASES DE
PIAGET E A COORDENAÇÃO MOTORA PREDOMINANTE

Nível	Série	Idade (anos)	Fases do Desenvolvimento Segundo Piaget	Coordenação Motora Predominante
Educação Infantil	Berçário	0 - 2	Sensório-Motor	Motora Grossa
	N1	3	Pré Operatório	
	N2	4		
	N3	5		
Ensino Fundamental (Séries Iniciais)	1 ano	6	Operatório Concreta	Motora Fina
	2 ano	7		
	3 ano	8		
	4 ano	9		
Ensino Fundamental (Séries Finais)	5 ano	10	Operatório Formal	
	6 ano	11		
	7 ano	12		
	8 ano	13		
Ensino Médio	9 ano	14		
	1 ano	15		
	2 ano	16		
	3 ano	17		

A. Questionário

O presente questionário foi elaborado com base nas vantagens e desvantagens de cada tipo de sistema em RA; O tipo de campo de visão de cada sistema e nas fases do desenvolvimento cognitivo-motor segundo Piaget. O objetivo do questionário é auxiliar na escolha de qual sistema é mais adequado conforme a fase de desenvolvimento cognitivo-motor do aluno.

A seguir temos a análise do questionário e do processo de desenvolvimento do material didático dividida em duas partes: Características de Sistemas em RA x Coordenação Motora; Apresentação de Conteúdo por Faixa Etária.

B. Características de Sistemas em RA x Coordenação Motora

1. Com que frequência é necessário interagir com o meio real para interagir com o sistema?

- a) pouco frequentemente
- b) mais ou menos frequentemente**
- c) frequente
- d) muito frequentemente
- e) tempo todo

Explicação: a interação com o meio real, principalmente quando necessário do uso das mãos é um fator importante na escolha do tipo de sistema. No Sistema do tipo dispositivo de mão é necessário segurar o dispositivo nas mãos. Por este motivo, se a resposta para esta questão for de c ou d, considere utilizar um tipo de sistema no qual não seja necessário segurar o dispositivo. Consulte a figura 7 para mais informações.

Todos os tipos de sistema exceto os de mãos são possíveis candidatos. A falha neste quesito pode resultar em um problema de escolha da forma de interação do sistema não ser o mais adequado, como aconteceu com [26] que utilizou tablets e constatou que eles foram considerados pesados. Isto prejudicou a interação com o sistema que precisava rotacionar e girar um cubo com marcadores. Neste caso o uso de qualquer um dos sistemas que permitem as mãos ficarem livres seria o mais adequado.

Pouco frequente: A interação é feita tocando-se na tela ou por mouse sem ser necessário interagir diretamente com algo do meio real. Exemplo: Livros com Realidade Aumentada.

Mais ou menos frequente: De vez em quando é necessário mexer algum objeto do meio real.

Um exemplo de sistema que possui interações categorizadas como muito frequente/ tempo todo é a ARSandBox [33] em que o usuário do sistema modela a areia(meio real) para modelar os relevos.

2. O quão é importante a mobilidade do dispositivo para o sistema?

- a) não é importante
- b) pouco importante
- c) importante
- d) muito importante
- e) indispensável**

Explicação: a mobilidade é um fator importante a ser considerado, pois algumas aplicações necessitam que o usuário ande pelo meio real. Porém é necessário avaliar com cuidado o tipo de interação que será feita, principalmente se for uma aplicação estilo *Pokémon GO*, deve-se tomar cuidado com a locomoção para não correr risco de acidentes [34] enquanto o aluno interage com o sistema. Consulte a figura 7 para mais informações.

Por isto se for utilizar de interações que envolvam andar, correr e pular e visualizar ao mesmo tempo a parte virtual em ambientes abertos, considere sistemas de espaço global em que o dispositivo não é preso ao corpo do usuário.

Se a mobilidade for muito importante, ou indispensável, e se ela envolver as atividades motoras citadas acima, uma alternativa seria utilizar capacetes de cabeça com visão óptica direta, pois não possibilita o risco de o aluno perder a visão da cena real. Porém este tipo de sistema costuma ter um custo mais elevado.

3. Utiliza de marcadores para interagir com o sistema?

- a) RA com Marcador**
- b) RA sem Marcador

Explicação: sistemas que utilizam marcadores possuem um problema de rastreamento - dificuldade de encontrar o marcador - o que pode influenciar na interação do sistema. A câmera deve ser apontada para o marcador e o sistema precisa fazer o reconhecimento.

4. A aplicação será usada em ambiente aberto ou fechado?

- a) aberto
- b) fechado
- c) ambos**

Explicação: O principal fator para essa questão é a luminosidade. Sistemas do tipo por projeção possuem restrições quanto a intensidade luminosa. Neste tipo de sistema é projetado o elemento virtual diretamente na superfície do meio real. Por isto, precisam ser utilizados em ambientes com iluminação controlada. Deste modo se a intenção é de utilizar em ambientes abertos a iluminação irá atrapalhar a visualização. Recomenda-se escolher qualquer um dos tipos menos o de projeção.

5. É necessário acompanhar o que o usuário está visualizando de forma constante?

a) **sim**

b) não

Explicação: aqui o quesito é em relação ao acompanhamento. Sistemas de visão direta são experiências em primeira pessoa, somente o usuário que está utilizando os óculos irá ver o conteúdo. Caso seja necessário um acompanhamento constante é recomendado a escolha qualquer um dos sistemas que não precisem do uso de capacetes. Consulte a figura 7 para mais informações.

C. Análise da apresentação de Conteúdo:

Após selecionar o sistema, considerando as características de sistemas em RA X Coordenação motora, é necessária uma análise da apresentação do conteúdo do software educacional ou jogo em RA por faixa etária. Conforme tabela I e restrições da CTML. Para isso foi desenvolvido um questionário de avaliação contendo 4 questões.

1. A explicação do conteúdo respeita as limitações da faixa etária alvo?

a) Discordo totalmente

b) Discordo

c) Não concordo nem discordo

d) De acordo

e) **Totalmente de acordo**

Breve explicação e/ou exemplificação das fases:

Sensório-Motor: A aprendizagem é unicamente pela tentativa e erro, ou seja completamente experimental.

Pré-operatória: Também conhecida como "fase dos porquês". Nesta fase a criança ainda não possui esquemas cognitivos. A aprendizagem deve ser focada no "o que é, como funciona" para a criança criar os seus esquemas cognitivos.

Exemplo: De grão em grão o galinha enche o papo.

Operatório Concreta: O conteúdo deve existir no mundo real e ser de alguma forma visível.

A criança entenderá de forma literal a sentido da frase e irá imaginar a galinha comendo de grão em grão.

Operatório Formal: Compreende conceitos abstratos, existentes somente na ideia. **Exemplo:** Variável.

A criança entenderá de forma metafórica o sentido da frase e chegará à conclusão de que juntando de pouco em pouco é possível juntar muito.

2. Os textos e informações visuais (imagens, vídeo, modelos em 3D, animações) são essenciais para entender o conteúdo?

a) Discordo totalmente

b) Discordo

c) Não concordo nem discordo

d) De acordo

e) **Totalmente de acordo**

Explicação: Essa pergunta está relacionada com os seguintes princípios da CTML: coerência, modalidade e redundância. Segundo esses princípios, respectivamente: As

informações irrelevantes para o entendimento do conteúdo devem ser eliminadas; A utilização de elementos visuais e narrações ao invés de elementos visuais e textos escritos; A mesma informação apresentada de múltiplas formas ou de uma forma muito elaborada. Além disso, devido a limitação que os canais possuem, esse excesso de informação pode levar a uma sobrecarga cognitiva no indivíduo.

3. Os textos e informações visuais estão sendo apresentados no momento correto?

a) Discordo totalmente

b) **Discordo**

c) Não concordo nem discordo

d) De acordo

e) Totalmente de acordo

Explicação: Esta pergunta está relacionada com o princípio da Contiguidade da CTML. Segundo este princípio informações complementares são dispostas próximas e simultaneamente.

4. É utilizado um estilo conversacional condizente com o público alvo?

a) Discordo totalmente

b) Discordo

c) Não concordo nem discordo

d) De acordo

e) **Totalmente de acordo**

Exemplo: Informar o usuário que não está rastreando o marcador

Forma correta: Marcador não encontrado. Forma Incorreta: Ocorreu um erro de rastreamento.

Explicação: Esta pergunta está relacionada com o princípio da personalização da CTML e com as fases do desenvolvimento humano. Segundo este princípio, aprendemos melhor quando é utilizado um estilo conversacional em vez de um estilo formal. Esse estilo deve ter uma explicação adequada para cada faixa etária e nível esperado de conhecimento do indivíduo. Utilizar termos que não são de conhecimento do público alvo prejudicam o entendimento da informação.

V. CONCLUSÃO

Com base na literatura foi possível identificar que no desenvolvimento de softwares voltados ao ensino não se costuma considerar o fator motor na análise da qualidade do material didático desenvolvido. Isto pode levar a dificuldades de aprendizado devido a uma inadequação do material didático a faixa etária do desenvolvimento. Por este motivo é importante definir qual é a faixa etária que este material será aplicado e conhecer as suas limitações psicognitivas e motoras.

Por meio do questionário de decisões de projeto foi possível identificar pontos de melhoria na apresentação do conteúdo e verificar se o sistema escolhido foi o mais adequado. O questionário pode ser aplicado em qualquer fase do projeto e em qualquer área de conhecimento. Recomenda-se

aplicá-lo no início para auxiliar na escolha do sistema e ao final para verificar a qualidade e adequação da apresentação ao seu público alvo. O guia criado é uma ferramenta para identificar possíveis impedimentos técnicos, psicopedagógicos e psicomotores durante o processo de desenvolvimento de Jogos Educacionais e/ou materiais didáticos baseados em RA.

Como trabalhos futuros, a expansão do guia adicionando o fator social na decisão de projeto no ensino na RA e a adaptação do guia para usar na decisão de projeto em outras tecnologias, como por exemplo a RV.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Londrina pelo apoio em infraestrutura fornecida para a elaboração deste artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] C. B. Frey and M. A. Osborne, “The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114, pp. 254–280, 2017, disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516302244>.
- [2] J. Palfrey and U. Gasser, *Born Digital: How Children Grow Up in a Digital Age*. Basic Books, 2016, versão revisada e atualizada do livro “Born digital: Understanding the first generation of digital natives”.
- [3] “What is PBL?” Disponível em: https://www.bie.org/about/what_pbl/, 2017.
- [4] S. N. Cabral, “Desafios da construção do conhecimento nas gerações y e z,” Disponível em: http://www.ce.senac.br/imprensa/Desafios_da_construcao_do_conhecimento_nas_geraoes_Y_e_Z.php, 2013.
- [5] F. T. Lima, “Psicopedagogia e psicomotricidade: entrelaçamento necessário de conhecimentos,” Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/37a7b1_2cf75a8b3ef5436aa5d1d2beb5446bff.pdf, 2016.
- [6] A. B. de Psicopedagogia. Diretrizes da formação de psicopedagogos no Brasil. Disponível em: https://www.abpp.com.br/documentos_referencias_diretrizes_formacao.html.
- [7] A. B. de Psicomotricidade. O que é psicomotricidade. Disponível em: <https://psicomotricidade.com.br/sobre/o-que-e-psicomotricidade/>.
- [8] P. Louredo. Coordenação motora. Disponível em: <http://brasilescola.uol.com.br/biologia/coordenacao-motora.htm>.
- [9] M. R. Terra. O desenvolvimento humano na teoria de piaget. Disponível em: <http://www.unicamp.br/iel/site/alunos/publicacoes/textos/d00005.htm>.
- [10] M. K. Pedroso. As fases do desenvolvimento infantil parte 1, 2, 3, 4, 5. Disponível em: <http://psicopedagogiacuritiba.com.br/?s=piaget>.
- [11] O. Furtado, A. M. B. Bock, and M. L. Teixeira, “Psicologias: uma introdução ao estudo de psicologia,” *São Paulo: Saraiva*, 1999.
- [12] R. E. Mayer, “Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction,” *American psychologist*, vol. 63, no. 8, p. 760, 2008, disponível em: http://www.education.ucf.edu/Rtp3/docs/RTP3_Mayer_Article_Applying_the_Science_of_Learning.pdf.
- [13] C. W. Wasko, “Instructional design guidelines for procedural instruction delivered via augmented reality,” Ph.D. dissertation, Virginia Tech, 2013, disponível em: https://techworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/23142/Wasko_CW_D_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [14] A. Villani and J. L. d. A. PACCA, “Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de ciências,” *Revista da faculdade de Educação*, vol. 23, no. 1-2, 1997.
- [15] P. Freire, “Pedagogia do oprimido. 17ª,” *Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra*, vol. 3, 1987.
- [16] R. A. Pena. O que é uma ilha? Disponível em: <http://escolakids.uol.com.br/o-que-e-uma-ilha.htm>.
- [17] C. Moreira. Atividades de geografia sobre o relevo para o 4º ano. Disponível em: <https://www.acessaber.com.br/atividades/atividade-de-geografia-relevo-4o-ano-2/>.
- [18] Relevo. Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/geografia/relevo>.
- [19] IBGE, “Manual técnico de geomorfologia,” Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>, 2009.
- [20] R. T. Azuma, “A Survey of Augmented Reality,” *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- [21] M. Akçayır and G. Akçayır, “Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature,” *Educational Research Review*, vol. 20, pp. 1 – 11, 2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X16300616>
- [22] Á. Di Serio, M. B. Ibáñez, and C. D. Kloos, “Impact of an augmented reality system on students’ motivation for a visual art course,” *Computers & Education*, vol. 68, pp. 586–596, 2013.
- [23] E. Klopfer, *Augmented learning: Research and design of mobile educational games*. MIT press, 2008.
- [24] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, “Recent advances in augmented reality,” *IEEE computer graphics and applications*, vol. 21, no. 6, pp. 34–47, 2001.
- [25] S. A. Larissa Cruz Brum and C. H. M. de Souza, “Aplicações da realidade aumentada (ra) como recurso pedagógico no ensino de língua estrangeira.”
- [26] E. Matheus Schmitz, D. Solano dos Reis, and M. Capobianco Lopes, “Desenvolvimento de um aplicativo para auxiliar no ensino de sistema solar utilizando realidade aumentada,” *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, vol. 7, no. 2, 2017.
- [27] M. E. C. Santos, A. Chen, T. Taketomi, G. Yamamoto, J. Miyazaki, and H. Kato, “Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation,” *IEEE Transactions on learning technologies*, vol. 7, no. 1, pp. 38–56, 2014.
- [28] M. Dunleavy, C. Dede, and R. Mitchell, “Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning,” *Journal of Science Education and Technology*, vol. 18, no. 1, pp. 7–22, 2009.
- [29] A. C. Cardoso, C. K. Kirner, I. F. Frango, and R. T. Tori, “O desafio de projetar recursos educacionais com uso de realidade virtual e aumentada,” in *Congresso da Sociedade Brasileira de Computação-CSBC*, 2017.

- [30] A. Amaro, A. Póvoa, and L. Macedo, “A arte de fazer questionários,” *Porto, Portugal: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*, 2005.
- [31] D. Schmalstieg and T. Hollerer, *Augmented reality: principles and practice*. Addison-Wesley Professional, 2016.
- [32] MEC. Ensino fundamental de nove anos orientaÇões para a inclusão da criança de seis anos de idade. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Ensfund/ensifund9anobasefinal.pdf>.
- [33] O. Kreylos, L. Kellogg, S. Reed, S. Hsi, M. Yikilmaz, G. Schladow, H. Segale, and L. Chan, “The ar sandbox: Augmented reality in geoscience education,” in *AGU Fall Meeting Abstracts*, 2016.
- [34] DN. Os perigos demasiado reais de jogar pokémon go. Disponível em: "<https://www.dn.pt/sociedade/interior/os-perigos-demasiado-reais-de-jogar-pokemongo-5296540.html>".