

## PROJETO TECNOLÓGICO DE ENSINO DE FÍSICA E MATEMÁTICA SOB A ÓTICA DA NEUROEDUCAÇÃO

**Lincoln Moura de Oliveira<sup>1</sup>, Larissa Mariany Freiberger Pereira<sup>2</sup>, Michele Moreira de Souza<sup>3</sup>, Francisco Aldinei Pereira Aragão<sup>4</sup>, Fábio Lombardo Evangelista<sup>5</sup>**

***Abstract.** The insertion of technology in the learning process promotes innumerable possibilities of educational innovation, however, it becomes mandatory the correct choice of the technological stimulus within an educational context that directs to the teaching of a specific subject, in a way that leads the learner to a specific learning. From the perspective of the concepts of neuroeducation and based on the approaches of Significant Learning, Peer Instruction Methodology and Scale-up Methodology, we present a project proposal of teaching of physics and mathematics titled “Projeto Educacional Mentas 3D” that uses the technological experimentation of the apparatus Human sensor as a basis to teach students concepts of physics and mathematics, taking into consideration that the student is the active subject in the classroom and four levels of interaction to be studied: student-student, student-teacher, student-environment, student-technology .*

***Keywords:** Educational innovation; neuroeducation; significant learning.*

***Resumo.** A inserção tecnológica no processo de aprendizagem promove inúmeras possibilidades de inovação educacional, porém, torna-se mandatório a correta escolha do estímulo tecnológico dentro de um contexto educacional que direcione ao ensino de uma matéria específica, de forma a conduzir a um aprendizado específico. Sob a ótica dos conceitos da neuroeducação e baseado nas abordagens da Aprendizagem Significativa, Metodologia Peer Instruction e Scale-up, apresenta-se uma proposta de projeto de ensino de física e matemática intitulado Projeto Educacional Mentas 3D que utiliza-se da experimentação tecnológica do aparelho sensor humano como base para ensinar aos alunos conceitos de física e matemática, levando em consideração que o aluno é o sujeito ativo em sala e quatro níveis de interação a serem estudados: aluno-aluno, aluno-professor, aluno-ambiente, aluno-tecnologia.*

***Keywords:** Inovação educacional; neuroeducação; aprendizagem significativa.*

---

<sup>1</sup> Mentas 3D – São José – SC – Brasil. Email: mentas3d.contato@gmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis – SC – Brasil. Email: Freiberger.lm@gmail.com

<sup>3</sup> Mentas 3D – São José – SC – Brasil. Email: mentas3d.contato@gmail.com

<sup>4</sup> Departamento de Controle e Processo Industrial – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – CE – Brasil, Email: aldinei.aragao@gmail.com

<sup>5</sup> Departamento de Física – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense – SC – Brasil, Email: fabio.evangelista@ifc.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de inovação educacional é, por vezes, relacionado à inserção de tecnologias no ambiente educacional. Todavia, se a tecnologia é inserida neste ambiente de qualquer maneira, acaba se tornando um mero artefato que compõe o ambiente. Quando se trata de inovação educacional, é importante compreender que a tecnologia não deve ser mero artefato no ambiente, mas deve atuar como um instrumento pedagógico significativo (Otero et al., 2005).

Na presente pesquisa a inovação educacional não é compreendida como a mera inserção de tecnologias em ambientes educacionais, tampouco como uma inovação que se dá apenas em nível pedagógico. Ao contrário, acredita-se que esta deve permear toda a dimensão metodológica do processo educacional, considerando os seus quatro atores, a saber: o aluno, o professor, a tecnologia e o ambiente.

Para a nova geração de alunos, a tecnologia é natural, uma vez que permeia o seu cotidiano. As crianças têm pouca ou nenhuma dificuldade de lidar com artefatos tecnológicos e isto deve ser levado em consideração no processo educacional, uma vez que altera a forma como o aluno aprende e, conseqüentemente, como o professor pode ensinar.

Embora a tecnologia seja um importante fator contributo no contexto da inovação educacional, este não depende unilateralmente da primeira (Martin et al., 2011), sendo assim, como desenvolver um projeto educacional tecnológico que seja inovador? Neste artigo é apresentada uma proposta de projeto de inovação educacional baseada na inserção de artefatos tecnológicos em ambiente educacional, utilizando-se de conceitos oriundos da neuroeducação como princípios e analisando as interações a partir da ótica do aluno. O núcleo da proposta busca aplicar o conceito de aprendizagem significativa para alunos de Física e Matemática.

O presente artigo está dividido em 5 seções: a seção 2 apresenta a definição de neuroeducação e traz alguns conceitos deste universo que impactam no processo de aprendizagem; na seção 3 é abordada a relação entre tecnologia e educação e aprofundada uma discussão neste contexto; a seção 4 apresenta a proposta de um projeto educacional que tem como base a aprendizagem significativa e conceitos oriundos da neuroeducação, bem como a inserção de artefatos tecnológicos em ambientes educacionais; e, por fim a seção 5 apresenta as considerações finais sobre a pesquisa.

## 2 NEUROEDUCAÇÃO

A neuroeducação é um campo de pesquisa interdisciplinar que busca aplicar insights da neurociência ao contexto educacional e cujo objetivo é aprimorar a compreensão teórica e a prática de aprendizagem no âmbito da educação (Ansari, de Smedt & Grabner, 2012; Nouri, 2016). Para Geake (2011, p. 43), a neuroeducação é “a neurociência cognitiva que investiga questões de pesquisa inspiradas pela educação”. Em suma, as investigações no campo da neuroeducação consistem em saber (1) como as pessoas aprendem melhor e (2) de que maneira deve se dar a abordagem dos professores para maximizar o aprendizado (Tokuhama-Espinosa, 2008).

Na literatura é possível observar alguns outros termos para se referir à neuroeducação, como neurociência educacional e mente-cérebro-educação, todavia neuroeducação é o termo mais utilizado e que melhor caracteriza este campo de pesquisa (Ansari, de Smedt & Grabner, 2012; Nouri, 2016). Inicialmente os estudos neste campo buscavam compreender a origem de transtornos de aprendizagem associados à leitura ou à habilidade de calcular, por exemplo, dislexia e discalculia, para desenvolver intervenções educacionais apropriadas para ajudar tais indivíduos (Ansari, de Smedt & Grabner, 2012).

Atualmente a neuroeducação busca compreender e colaborar para aprimorar o processo de ensino e aprendizagem (Fischer, 2009). As pesquisas no campo da neuroeducação avançam no campo científico sobre o cérebro e a aprendizagem e, por outro lado, acabam por fornecer uma consistente base de conhecimento útil para práticas e políticas educacionais (Fischer, Goswami & Geake, 2010).

### 2.1 O PROCESSO DE APRENDIZAGEM OBSERVADO PELA LENTE DA NEUROEDUCAÇÃO

Para a neuroeducação, o processo de aprendizagem é, em suma, a formação e consolidação das ligações entre os neurônios e, apesar de ser um processo individual e privado, os professores se tornam, neste contexto, uma espécie de facilitadores. Sobre a aprendizagem, Cosenza e Guerra (2011, p.38) ainda afirmam que esta “é consequência de uma facilitação da passagem da informação ao longo das sinapses [...]. Mesmo sem a formação de uma nova ligação, as já existentes passam a ser mais eficientes, ocorrendo o que já podemos chamar de aprendizagem”.

O processo de aprendizagem é permeado por diversos fatores críticos de sucesso e, o primeiro deles, diz respeito ao estímulo. Neste sentido, a forma como o ser humano é estimulado impacta diretamente nas mudanças que ocorrem no cérebro em nível de ligações entre neurônios e, conseqüentemente, impacta também no sucesso ou fracasso da aprendizagem (Münste, Altenmüller & Jäncke, 2002; Pelletier, Higgins & Bourbonnais, 2015). Cosenza e Guerra (2011, p. 34) afirmam que “a interação com o ambiente é importante porque é ela que confirmará ou induzirá a formação de conexões nervosas e, portanto, a aprendizagem”.

O segundo fator crítico de sucesso no processo de aprendizagem é a neuroplasticidade que, em suma, é a capacidade do sistema nervoso humano de arranjar e rearranjar ligações entre os neurônios, organizar o sistema nervoso e reorganizá-lo, ao longo da vida (Cosenza & Guerra, 2011; Pelletier, Higgins & Bourbonnais, 2015).

O treino e a aprendizagem podem levar à criação de novas sinapses e à facilitação do fluxo da informação dentro de um circuito nervoso. É o caso de um pianista, que diariamente se torna mais exímio porque o treinamento constante promove alterações em seus circuitos motores e cognitivos, permitindo maior controle e expressão na sua execução musical. Por outro lado, o desuso, ou uma doença, podem fazer com que ligações sejam desfeitas, empobrecendo a comunicação nos circuitos atingidos (Cosenza e Guerra, 2011, p. 36).

Outro fator crítico de sucesso, no contexto da aprendizagem, é a atenção e, neste sentido, o cérebro humano é capaz de filtrar as informações que chegam até ele e selecionar a informação que lhe é mais interessante, ou seja, “somos capazes de focalizar em cada momento determinados aspectos do ambiente, deixando de lado o que for dispensável” (Cosenza & Guerra, 2011, p. 41). Embora o cérebro humano tenha uma pré-disposição ao aprendizado, isto só irá acontecer, de fato, a partir do momento que o indivíduo dá atenção ao que é ensinado, reconhecendo significativo o que lhe é ensinado.

Terá mais chance de ser significativo aquilo que tenha ligações com o que já é conhecido, que atenda a expectativas ou que seja estimulante e agradável. Uma exposição prévia do assunto a ser aprendido, que faça ligações do seu conteúdo com o cotidiano do aprendiz e que crie as expectativas adequadas é uma boa forma de atingir esse objetivo.

Um ambiente estimulante e agradável pode ser criado envolvendo os estudantes em atividades em que eles assumam um papel ativo e não sejam meros expectadores. Lições centradas nos alunos, o uso da interatividade, bem como a apresentação e a supervisão de metas a serem atingidas são também recursos compatíveis com o que conhecimento do funcionamento dos processos atencionais (Cosenza & Guerra, 2011, p. 48).

Aqui é importante abordar a questão da aprendizagem significativa que, em suma, se trata da aprendizagem que tem um sentido para o aluno, ou seja, o indivíduo aprende relacionando o conteúdo novo às experiências já vividas por este (Fink, 2013). Assim, é possível perceber que chamar a atenção do aluno para o conteúdo a ser ensinado, inserindo este conteúdo

no dia-a-dia e nas experiências vividas do indivíduo, promovem a aprendizagem significativa. Desta forma, o aluno não mais levanta questões como: “Por que estou aprendendo isso?” ou “Onde e quando usarei isto em minha vida?”. Na verdade, o aluno dá significado ao que está sendo aprendido.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) promove em diversos países o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) aplicado por meio de uma prova para alunos do ensino médio com idade média de 15 anos. Dentro dos resultados foi possível observar que os alunos brasileiros possuem grande capacidade de decorar conteúdos e informações, todavia apresentam dificuldades em correlacionar o que é ensinado em sala de aula ao que se aprende e se vive em seu cotidiano (Pizyblski, Santos Junior & Pinheiro, 2009), ou seja, a aprendizagem significativa não acontece.

Outro fator crítico de sucesso no processo de aprendizagem é a memória e, neste sentido, o objetivo do processo de aprendizagem é que, ao fim do processo, o indivíduo tenha armazenado em sua memória de longo prazo o que foi aprendido, devendo este conteúdo ser resgatado de sua memória quando necessário.

Dar atenção às informações não quer dizer que o objetivo da aprendizagem foi completamente alcançado, isto porque é necessário, ainda, que ocorram “alterações estruturais em circuitos nervosos específicos cujas sinapses se tornarão mais eficientes, permitindo o aparecimento de um registro” (Cosenza & Guerra, 2011, p. 62). A repetição e a elaboração são importantes fatores neste contexto, uma vez que a repetição deve fortalecer as ligações sinápticas existentes e a elaboração se trata de associar o que está sendo aprendido com registros já existentes na memória, tornando mais durável e forte o traço de memória sobre aquele conteúdo. Ainda é necessário que o sistema nervoso consolide a informação.

Na consolidação ocorrem alterações biológicas nas ligações entre neurônios, por meio das quais o registro vai se vincular a outros já existentes, tornando-se mais permanente [...]. Trata-se de um processo que não ocorre instantaneamente, que demora algum tempo para ocorrer (Cosenza & Guerra, 2011, p. 63).

Outro fator crítico de sucesso no processo de aprendizagem é a emoção que, para a neuroeducação, são fenômenos que indicam a presença de um fato importante ou significativo em um tempo específico na vida de um indivíduo (Cosenza & Guerra, 2011), são sinalizadores de que algo importante está acontecendo e, por isso, devem ser consideradas e observadas no processo educacional.

As emoções podem ter cunho positivo (alegria, entusiasmo, curiosidade, envolvimento) ou cunho negativo (ansiedade, frustração, apatia). Neste sentido, é importante que o professor, em sala de aula, trabalhe para provocar emoções positivas nos alunos. Caso contrário, o

processo de aprendizagem pode ser prejudicado. A provocação dessas emoções positivas pode se dar por meio de trabalhos colaborativos e que fortaleçam a confiança no grupo, bem como pela promoção de momentos de descontração, que levem os alunos a saírem da formalidade da sala de aula e encararem o processo de aprendizagem como algo natural (Cosenza & Guerra, 2011).

### **3 TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO**

Para Bunge (1985, p. 231) a tecnologia é “o campo de conhecimento relativo ao desenho de artefatos e à planificação da sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento à luz do conhecimento científico”. Este artefato é a produção de algo artificial que não precisa, necessariamente, ser uma coisa concreta/física, todavia pode se tratar também da modificação do estado de um sistema natural ou a transformação de um sistema.

Neste sentido, desde a década de 90 uma gama de aplicações computacionais e artefatos tecnológicos vêm sendo introduzidos no modelo educacional. Inicialmente se tratavam de sistemas multimídia e de simulação, ferramentas de resolução de problemas e ambientes virtuais que proporcionavam a interação entre alunos e alunos, bem como alunos e professores (Volman & van Eck, 2001). Atualmente, com o advento da computação pervasiva, as aplicações computacionais e os artefatos tecnológicos passaram a atuar no ambiente educacional sem que as pessoas o percebessem de maneira consciente, como é o caso da Sala de Aula Inteligente, proposta por Shi et al. (2003).

Em 2011, Martin et al. citaram algumas tecnologias que vinham sendo incorporadas à educação, bem como apontaram algumas tendências para este contexto, como Web Social, Web Semântica, Objetos de Aprendizagem, Realidade Aumentada, Dispositivos Ubíquos e Móveis, Ambientes Imersivos e Gamificação. É possível perceber que, de fato, essas tecnologias se fazem presentes atualmente nos mais diversos ambientes educacionais.

É importante compreender o porquê da inserção de tecnologias no contexto educacional e da discussão eminente acerca da inovação educacional. Para Bennett, Maton & Kervin (2008) a nova geração de pessoas, denominada “nativos digitais” ou “geração conectada” aprendem de maneira diferente em relação às gerações passadas, isto porque esta nova geração aprende a partir de experiências, são proficientes em multitarefas e dependem de tecnologias de comunicação para acessar informações e se conectarem com outras pessoas. Prensky (2001, p.1) afirma que “os alunos sofreram mudanças radicais e não são mais as pessoas para as quais o sistema educacional foi modelado para ensinar”.

Com mudanças tão eminentes, os professores precisaram se adaptar e acabaram recebendo diversos treinamentos para se adequarem à nova realidade. Tondeur et al. (2012) afirma, porém, que existe uma lacuna entre o que os professores aprenderam nestes treinamentos e o que efetivamente é aplicado em sala de aula por meio de recursos tecnológicos. Para Misha e Koehler (2006) a tecnologia não deve ser inserida de qualquer maneira no processo educacional. É de suma importância que o professor conheça a tecnologia e saiba de que maneira esta deve ser inserida no ambiente educacional para potencializar o processo de aprendizagem do indivíduo.

O Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos (*The National Research Council – NRC*), em seu livro *How People Learn: Brain, Mind, Experiences and School* (2000) afirma que a tecnologia não deve ser apenas inserida numa estrutura de curso que já existe, como mera fonte de informação. Ao contrário, as tecnologias possuem grande potencial enquanto ferramentas pedagógicas. Sobre isso, Otero et al. (2005, p. 10) afirma que “esta perspectiva reconhece que a integração da tecnologia em cursos por instrutores pode exigir mudanças significativas não apenas em suas práticas individuais, mas também em sua compreensão de como a tecnologia pode ser usada para fins pedagógicos legítimos”.

Smeureanu e Isaila (2011) afirmam que a inserção de tecnologias no processo educativo acaba por trazer inúmeras vantagens, como a promoção da interdisciplinaridade, a possibilidade de adaptação das tecnologias às necessidades dos alunos e a redução dos custos essenciais deste processo.

A inserção da tecnologia no meio educacional é vista por Hooper e Rieber (1995) a partir de cinco fases, a saber: (1) familiarização; (2) utilização; (3) integração; (4) reorientação; e (5) evolução. Na fase de familiarização o professor aprende como usar a tecnologia e, posteriormente, na segunda fase, começa a fazer uso da mesma em sala de aula sem ter conhecimentos profundos e consolidados sobre esta. Na terceira fase a tecnologia vai se tornando parte integral do processo de ensino e aprendizagem, permeando todos os aspectos da sala de aula, como aprendizagem, gestão, entre outros. Na fase de reorientação, o professor passa a reconsiderar o propósito e a função da sala de aula e, por fim, na última fase, o professor acaba por modificar de maneira continuada a estrutura e a abordagem pedagógica a partir das experiências aprendidas e do surgimento de novas tecnologias.

É possível observar que a abordagem dos autores é focada no professor, especialmente em sua percepção da tecnologia inserida no ambiente educacional. É importante também que o processo de inserção da tecnologia em ambientes educacionais seja considerado a partir da percepção dos alunos que, de fato, são atores principais do processo.

De modo geral, a partir do exposto, é possível verificar que, inserida de maneira adequada em ambientes educacionais, a tecnologia impacta de maneira direta na forma como se ensina e como se aprende, especialmente quando se trata da nova geração de alunos que, de fato, têm seu dia-a-dia permeado por artefatos tecnológicos.

#### **4 PROJETO EDUCACIONAL MENTES 3D**

Foray e Raffo (2014, p. 1.707) definem a inovação educacional como “o ato de criar e, em seguida, difundir novas ferramentas educacionais, bem como novas práticas de ensino, organizações e tecnologias”. Já House (1979, p. 1) define a inovação educacional como “uma tentativa sistemática e deliberada de mudar as escolas através da introdução de novas ideias e técnicas”.

Embora a inserção de tecnologias na educação atue como importante suporte ao processo de aprendizagem, esta não elimina o papel do professor em sala de aula, que atua como um assistente de aprendizagem e, tampouco elimina o papel do aluno de se autoinstruir no processo de aprendizagem (Smeureanu e Isaila, 2011).

Do ponto de vista deste trabalho, a inovação educacional não se trata de uma mera inserção de tecnologias no processo educacional e tampouco se dá em nível pedagógico, unicamente. Na realidade, a inovação educacional deve permear a dimensão metodológica do processo educacional e acaba por fazer uso de quatro atores deste processo, a saber: aluno, professor, tecnologia e ambiente. Neste sentido, é apresentado nesta seção um projeto de inovação educacional intitulado Projeto Educacional Mentes 3D em referência a equipe multidisciplinar a qual desenvolveu o trabalho em torno da empresa Mentes 3D, que teve sua metodologia desenvolvida considerando os princípios da neuroeducação e três abordagens distintas: Metodologia *Peer Instruction*, Metodologia SCALE-UP e Aprendizagem Significativa (abordada na subseção 2.1).

A metodologia *Peer Instruction* tem como elemento central o protagonismo do aluno. Isto quer dizer que, por meio da metodologia, é requerido ao aluno que aplique os conceitos básicos que lhe são apresentados e, posteriormente, explique aos colegas estes conceitos. A metodologia foi desenvolvida para ser aplicada em classes com um grande número de alunos, todavia são verificados bons resultados também em aplicações em pequenos grupos, envolvendo todos os alunos (Crouch & Mazur, 2001).

Nas aulas que tem como base a metodologia *Peer Instruction* o professor expõe de maneira clara e objetiva alguns conceitos e, posteriormente, apresenta para os alunos uma questão objetiva referente ao conceito estudado. Os alunos respondem à questão por meio de um sistema de votação e caso haja uma baixa taxa de acerto (inferior a 70%, sugerida pela metodologia), os alunos são divididos em grupos de 2 a 5 pessoas e, de maneira preferencial, que tenham escolhido respostas diferentes. A partir desses grupos, os alunos discutem a questão e tentam convencer uns aos outros de suas respostas. Após algum tempo, o professor abre o processo de votação para a mesma questão mais uma vez e, posteriormente, a explica para a turma (Araujo & Mazur, 2013). Este processo de votação pode ser feito por meio de *flashcards*<sup>6</sup>, *clickers*<sup>7</sup> ou aplicativos mobile.

A metodologia SCALE-UP (*Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs*) tem como principal objetivo “criar um ambiente de aprendizagem cooperativo, que incentive os alunos a colaborarem com seus pares, questionando e ensinando uns aos outros” (Beichner et al., 2007, p. 5). Neste contexto, a tecnologia é utilizada para auxiliar o aluno a observar os fenômenos que devem ser estudados, permitindo a coleta, análise e modelagem matemática dos dados, fazendo uso de laboratórios tecnológicos.

Este projeto se dá a partir da potencialização das seguintes interações em um ambiente educacional:

- Aluno – Aluno;
- Aluno – Professor;
- Aluno – Tecnologia;
- Aluno – Ambiente.

No que tange ao processo de aprendizagem, independente da interação que ocorre, a aprendizagem significativa deve ser núcleo da aplicação da metodologia e o aluno centro do processo, pois enquanto os alunos captarem de forma direta ou indireta que os conceitos abordados fazem parte do seu dia-a-dia, as chances de sucesso do ensino aumentam consideravelmente, conforme explicitado pela neuroeducação.

Os alunos se tornam, então, atores ativos e corresponsáveis, junto ao professor, pelo processo de aprendizagem. O professor, neste contexto, atua como um guia do processo de aprendizagem, indicando o caminho a ser percorrido e os objetivos a serem alcançados. É

---

<sup>6</sup> Cartão de resposta com a letra que representa a alternativa escolhida

<sup>7</sup> Sistema remoto de resposta

importante ressaltar que o professor não atua mais como uma fonte de informação, mas é aquele que motiva e instrui os alunos na busca pelo conhecimento, direcionando-os dentro de cada atividade.

Em relação à tecnologia, esta não deve ser inserida de qualquer forma no ambiente educacional, mas de maneira que esta seja instrumentalizada como objeto de construção de conhecimento orientado a um fim específico. Caso contrário, o aluno acaba por se perder mediante à estimulação tecnológica e a atividade proposta pelo professor não leva a um aprendizado efetivo, como é o caso de grande parte dos jogos eletrônicos.

O estímulo produzido pela tecnologia no ensino deve ser devidamente selecionado e direcionado para que seu fim leve o aprendiz da maneira mais rápida à confirmação ou à formação de conexões nervosas em conformidade com as descobertas da neuroeducação. A tecnologia também deve fornecer meios que possibilitem construir avaliações pontuais para cada aluno, dando a oportunidade de explorarem os limites das experimentações e, desta forma, propor novas aplicações. Estas avaliações pontuais constituem uma diferenciação ao método tradicional.

O ambiente onde o aluno desenvolve as experiências educacionais deve ser confortável o suficiente para que este se sinta capaz de se desenvolver junto com a aula, porém é importante que no ambiente não existam elementos que concorram à atenção do aluno com os conceitos a serem estudados.

Neste ponto, é importante que o discurso da neuroeducação sobre a atenção seja retomado: o cérebro é seletivo em manter seu foco. Dessa maneira, quando o aluno é exposto à um ambiente com demasiados recursos, este pode ter sua atenção comprometida em relação ao conteúdo que está sendo estudado, uma vez que deverá selecionar o que lhe é mais atraente para manter seu foco. Dessa forma, o conteúdo e a própria dinâmica da aula passa a ter como concorrente o próprio ambiente no que tange à atenção do aluno.

A interação Aluno-Aluno, muito abordada pelas metodologias *Peer Instruction* e *SCALE-UP*, deve estimular os alunos a debaterem entre si as experimentações promovendo a análise crítica dos resultados. Entende-se que a interação Aluno-Professor exige um maior esforço do aluno, pois a exposição diante dos demais colegas proporcionará um momento de atenções focalizadas exclusivamente no aluno podendo causar constrangimentos a este.

Quando se dispõe de uma sala de aula distribuída em pequenos grupos, o questionamento flui de forma mais natural entre os pares, pois estes se encontram “no mesmo

nível”. Caso o questionamento evolua dentro do grupo, deve ser extrapolado para o professor e então as atenções estarão evidenciadas em todo o grupo. Além disso, a interação Aluno-Aluno é benéfica na humanização do ensino, devendo o professor promover a ajuda mútua entre os pares.

Neste sentido, o projeto educacional proposto tem como objetivo potencializar o processo de aprendizagem do aluno considerando os quatro atores de interação citados anteriormente, a saber: aluno, professor, ambiente e tecnologia. A proposta tem como núcleo a aprendizagem significativa, bem como os demais conceitos e descobertas da neuroeducação, abordados na seção 2.

O Projeto Educacional Mentis 3D tem como foco o ensino das disciplinas de física e matemática e, buscando promover a aprendizagem significativa para o aluno, tem como característica básica o estudo dos conceitos físicos e matemáticos relacionados aos sentidos humanos. A opção de abordar conceitos físicos e matemáticos a partir do estudo dos sentidos se deu pela universalidade deste último: todo ser humano possui os sentidos da audição, tato, visão, olfato e paladar. Desta forma, o processo educacional acaba por ultrapassar barreiras construídas por regionalismos, condições sociais, entre outros.

Em aula são utilizados artefatos tecnológicos (braços robóticos, sensores, plataformas de prototipagem eletrônica, entre outros) que, obedecendo a uma ordem de conceitos, leva ao estudo de conteúdos de física e matemática a partir de experimentações realizadas pelo próprio aluno. Em suma, o aluno é estimulado a testar seus sentidos e reproduzir a “ação-reação” no artefato tecnológico. Neste sentido, são abordados, por exemplo, conceitos da mecânica como “torque” e “velocidade” utilizando o sentido do tato, conceitos de “ondas eletromagnéticas” utilizando o sentido da visão e, ainda, são exploradas características logarítmicas da intensidade sonora percebida pelo ouvido humano. Esta abordagem permite que, de fato, a aprendizagem significativa aconteça, uma vez que relaciona conceitos físicos e matemáticos ao cotidiano do aluno.

O Projeto Educacional Mentis 3D, por meio de artefatos tecnológicos, propõe que, por meio das experimentações, o aluno compreenda os conceitos relacionados às disciplinas de física e matemática a partir de seu próprio corpo e o conhecimento prático que possui acerca dos seus sentidos o leva ao conhecimento teórico dos conceitos das disciplinas.

O aluno, até então questionado sobre a necessidade e utilidade de aprender tais conceitos, acaba por se surpreender quando, por meio das experimentações, descobrem que a

natureza é mais ampla do que os seus sentidos são capazes de perceber, por exemplo, não é possível determinar a temperatura de um objeto com o tato ou, tampouco entender o transporte da informação em frequências diferentes da faixa audível. Estes questionamento e descobertas tem o fim de envolver emocionalmente o aluno na busca do entendimento do mundo pelo meio científico.

Dentro desta concepção, os alunos são inseridos em grupos de três ou quatro de forma que as experimentações sejam enriquecidas com a observação particular dos fenômenos e discutidas em grupo. Quando se explora o aparelho sensor (sentidos humanos), é possível perceber que as pessoas possuem muitas diferenças – por exemplo, algumas pessoas são capazes de ouvir em faixas de frequências maiores que outras – e essas diferenças enriquecem as discussões que se dão entre os próprios alunos, bem como entre estes e o professor.

A proposta considera que a tecnologia inserida no ambiente educacional deva ser transparente para o aluno. Isto quer dizer que é de suma importância que o aluno compreenda a tecnologia como um todo e seja capaz de fazer uso desta. No programa educacional as experiências são construídas pelos próprios alunos. Este fato permite que seja criada intimidade entre a tecnologia e o aluno e que possam surgir, inclusive, a possibilidade de explorar diferentes aplicações não previstas no plano de aula, quando conveniente. Esta característica do projeto educacional visa tornar mais rica a interação entre aluno e tecnologia, bem como aluno e ambiente.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa buscou abordar a inovação educação a partir da relação da educação com a tecnologia, bem como com a neurociência. Neste sentido, foi possível verificar que a neuroeducação fornece uma visão de como o aluno aprende, levando em consideração aspectos como as emoções, a memória, os estímulos, a neuroplasticidade e a atenção.

Por outro lado, é possível perceber a crescente onda da inserção de tecnologias no contexto educacional e, por vezes, esta inserção não se dá de maneira correta, isto é, a tecnologia é observada apenas como um artefato e não como uma importante ferramenta didática e metodológica.

A partir disso, foi possível compreender a possibilidade de gerar uma inovação educacional a partir da utilização de dois universos, a saber: (1) neuroeducação e (2) inserção

de tecnologias no contexto educacional. Desde maneira, inovar a educação não se trata apenas de trazer para o ambiente educacional os artefatos tecnológicos, tampouco se trata de mudar questões metodológicas e didáticas em sala de aula. Na realidade, esses dois universos precisam estar presentes no contexto da inovação educacional e, além disso, devem-se levar em consideração os quatro níveis de interação que um aluno pode ter para que a aprendizagem seja potencializada: (1) Aluno – Aluno; (2) Aluno – Professor; (3) Aluno – Tecnologia; e (4) Aluno – Ambiente.

A partir desta abordagem foi apresentado o Projeto Educacional Mentis 3D construído a partir da inserção da tecnologia no ambiente educacional e de conceitos provenientes da neuroeducação, com o objetivo de potencializar o processo de aprendizagem do aluno. Em suma, o projeto educacional leva o aluno a compreender conceitos físicos e matemáticos a partir de experimentações que tem como base os sentidos humanos.

A proposta considera que os alunos construam o conhecimento teórico acerca da física e matemática a partir do conhecimento prático que possuem sobre seu próprio corpo e seus sentidos. Na verdade, muitas barreiras são quebradas quando os alunos conseguem encontrar significado naquilo que estão aprendendo e conseguem perceber que o conhecimento adquirido é aplicável em seu cotidiano.

Como trabalhos futuros, sugere-se que sejam analisadas em profundidade as quatro interações percebidas no processo a partir do aluno, bem como as percepções dos alunos no processo de aprendizagem a partir do projeto proposto.

## REFERÊNCIAS

- Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R. H. (2012). Neuroeducation—a critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5(2), 105-117.
- Araujo, I. S., & Mazur, E. (2013). Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 362-384.
- Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J. J., Deardorff, D., Allain, R. J., ... & Risley, J. S. (2007). The student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP) project. *Research-based reform of university physics*, 1(1), 2-39.
- Bennett, S., Maton, K., & Kervin, L. (2008). The ‘digital natives’ debate: A critical review of the evidence. *British journal of educational technology*, 39(5), 775-786.
- Bunge, M. (1983). *Treatise on basic philosophy: Volume 6: Epistemology & methodology II: Understanding the world* (Vol. 6). Springer Science & Business Media.

- Cosenza, R. & Guerra, L. (2011). Neurociência e Educação: como o cérebro aprende. *Porto Alegre: Artmed*.
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American journal of physics*, 69(9), 970-977.
- Fink, L. D. (2013). *Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses*. John Wiley & Sons.
- Fischer, K. W. (2009). Mind, brain, and education: Building a scientific groundwork for learning and teaching. *Mind, Brain, and Education*, 3(1), 3-16.
- Fischer, K. W., Goswami, U., & Geake, J. (2010). The future of educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, 4(2), 68-80.
- Foray, D., & Raffo, J. (2014). The emergence of an educational tool industry: Opportunities and challenges for innovation in education. *Research Policy*, 43(10), 1707-1715.
- Geake, J. (2011). Position statement on motivations, methodologies, and practical implications of educational neuroscience research: fMRI studies of the neural correlates of creative intelligence. *Educational philosophy and theory*, 43(1), 43-47.
- Hooper, S., & Rieber, L. P. (1995). Teaching with technology. *Teaching: Theory into practice*, 2013, 154-170.
- House, E. R. (1979). Technology versus craft: A ten year perspective on innovation. *Journal of curriculum studies*, 11(1), 1-15.
- Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), 1893-1906.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017.
- Münste, T. F., Altenmüller, E., & Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(6), 473-478.
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition*. National Academies Press.
- Nouri, A. (2016). The basic principles of research in neuroeducation studies. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)*, 4(1), 59-66.
- Otero, V., Peressini, D., Meymaris, K. A., Ford, P., Garvin, T., Harlow, D., ... & Mears, C. (2005). Integrating technology into teacher education: A critical framework for implementing reform. *Journal of Teacher Education*, 56(1), 8-23.
- Pelletier, R., Higgins, J., & Bourbonnais, D. (2015). Is neuroplasticity in the central nervous system the missing link to our understanding of chronic musculoskeletal disorders?. *BMC musculoskeletal disorders*, 16(1), 25.
- Pizyblski, L. M., Santos Junior, G., & Pinheiro, N. A. M. (2009). Relações entre o ensino da matemática e a neurociência. *Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 1138-1152.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the horizon*, 9(5), 1-6.

- Shi, Y., Xie, W., Xu, G., Shi, R., Chen, E., Mao, Y., & Liu, F. (2003). The smart classroom: merging technologies for seamless tele-education. *IEEE Pervasive Computing*, 2(2), 47-55.
- Smeureanu, I., & Isaila, N. (2011). New information technologies for an innovative education. *World Journal on Educational Technology*, 3(3), 177-189.
- Tokuhama-Espinosa, T. N. (2008). *The scientifically substantiated art of teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science)* (Doctoral dissertation, Capella University).
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134-144.
- Volman, M., & van Eck, E. (2001). Gender equity and information technology in education: The second decade. *Review of educational research*, 71(4), 613-634.