

Ronaldo Luiz Nagem
Siane Paula de Araujo
Maria de Fátima Marcelos
(Orgs.)

A & M

20 ANOS

Formação e Atuação de
Pesquisadores em Analogias,
Metáforas e Modelos



O que é possível fazer quando se tem conhecimento sobre uma Lei Universal? O que se fez e o que se faz com o conhecimento sobre a lei da Gravidade? É possível construir prédios enormes, mover um automóvel, comandar um navio, fazer voar um avião, sair da órbita da Terra... e... O que é possível fazer quando se tem conhecimento sobre a Lei da Analogia? Embora esse conhecimento esteja para nós ainda no início, é possível ao leitor de *A&M 20 anos: formação e atuação de pesquisadores em Analogias, Metáforas e Modelos* ter uma pequena ideia das imensas possibilidades e aplicabilidades, para muitas áreas do conhecimento humano, das pesquisas e atributos do pensamento analógico e ou metafórico. Indo além de seus papéis como figuras de linguagem, as Analogias e Metáforas - *A&M* - assumem outras funções ligadas à Educação, às Ciências, à Tecnologia e às Artes juntamente com os modelos.



Ronaldo Luiz Nagem é fundador dos grupos AMTEC e GEMATEC, pesquisador e líder (1998-2021) do grupo AMTEC/CNPq/CEFET-MG. Pós-doutor em Educação (UMINHO- Portugal), Doutor em Parasitologia (UFMG), graduado em Ciências Biológicas (UFMG). Foi docente na UFMG por 22 anos (1973-1995) atuando no COLTEC e no CECIMG/FAE e no Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG por mais 22 anos (1997-2019).



Siane Paula de Araujo é pós-doutora em Educação Tecnológica pelo CEFET-MG junto ao Grupo de Pesquisa AMTEC da mesma instituição, onde atua como pesquisadora colaboradora desde 2014. Membro da coordenação do GEMATEC desde 2019. Doutora em Artes pela EBA/UFMG, mestra em Estudos de Linguagens (CEFET-MG) e graduada em Educação Física (UFMG).



Maria de Fátima Marcelos é coordenadora do grupo GEMATEC/CEFET-MG, pesquisadora e vice-líder (2009-2021) do grupo AMTEC/CNPq/CEFET-MG. Mestra em Educação Tecnológica (CEFET-MG), especialista em Educação, graduada em Ciências (PUC Minas), graduanda em Psicologia (PUC Minas). Atuou como professora de Ciências e Biologia da Prefeitura de Belo Horizonte -PBH e da Fundação de Ensino de Contagem - FUNEC por 25 anos.



A&M 20 anos



Diretor da série:

Herlon Alves Bezerra (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Conselho Editorial:

Alexandre Franca Barreto (Univasf - Pernambuco, Brasil)

Ana Patrícia Frederico Silveira (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

André Ricardo Dias Santos (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Antonio Marcos da Conceição Uchoa (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Bartolomeu Lins de Barros Júnior (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Edivânia Granja da Silva Oliveira (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Bernadete de Lourdes Ramos Beserra (UFC - Ceará, Brasil)

Carlos Alberto Batista Santos (Uneb - Juazeiro, Brasil)

Carlos César Leal Xavier (Ensp/Fiocruz - Rio de Janeiro, Brasil)

Carlos Eduardo Panosso (IFTO - Tocantins, Brasil)

Caroline Farias Leal Mendonça (Unilab - Ceará, Brasil)

Dilsilene Maria Ayres de Santana (UFT - Tocantins, Brasil)

Edson Hely Silva (UFPE - Pernambuco, Brasil)

Eduardo Barbosa Vergolino (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Eliana de Barros Monteiro (Univasf - Pernambuco, Brasil)

Francisco Gilson Rebouças Porto Júnior (UFT - Tocantins, Brasil)

Gabriel Kafure da Rocha (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Juliano Varela de Oliveira (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Helder Manuel Guerra Henriques (IPP, ESECS - Portugal)

Juracy Marques (Uneb - Paulo Afonso, Brasil)

Leandro de Proença Lopes (Unilab - Ceará, Brasil)

Léo Barbosa Nepomuceno (UFC - Ceará, Brasil)

Marcelo Silva de Souza Ribeiro (Univasf - Pernambuco, Brasil)

Márcia Farias de Oliveira Sá (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Matheus Henrique da Fonseca Barros (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Sebastião Francisco de Almeida Filho (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Tito Eugênio Santos Souza (IF Sertão-PE - Pernambuco, Brasil)

Mariana Tavares Cavalcanti Liberato (UFC - Ceará, Brasil)

Pablo Dias Fortes (Ensp/Fiocruz - Rio de Janeiro, Brasil)

A&M 20 anos

Formação e atuação de pesquisadores em analogias,
metáforas e modelos

Organizadores

Ronaldo Luiz Nagem
Siane Paula de Araujo
Maria de Fátima Marcelos



Assessoria editorial: Eliene Diniz dos Santos

Consultoria editorial: Karla Menezes Lopes Niels

Diagramação: Marcelo A. S. Alves

Capa: Carole Kümmecke - <https://www.conceptuaeditora.com/>

Arte da Capa: Luhan Dias

Revisores colaboradores: Andrea Cristina Maggi, Arielle Aline da Cruz Pereira, Cristiane Ribeiro Coelho, Karla Menezes Lopes Niels, Fernanda Tonholi Sasso Curanishi.

Apoio institucional: Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG e pesquisadores dos grupos AMTEC e GEMATEC

O padrão ortográfico e o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas de cada autor. Da mesma forma, o conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu respectivo autor.



Todos os livros publicados pela Editora Fi estão sob os direitos da Creative Commons 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

NAGEM, Ronaldo Luiz; ARAUJO, Siane Paula de; MARCELOS, Maria de Fátima (Orgs.)

A&M 20 anos: formação e atuação de pesquisadores em analogias, metáforas e modelos [recurso eletrônico] / Ronaldo Luiz Nagem; Siane Paula de Araujo; Maria de Fátima Marcelos (Orgs.) -- Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2022.

420 p.

ISBN - 978-65-5917-373-0

DOI - 10.22350/9786559173730

Disponível em: <http://www.editorafi.org>

1. Formação; 2. Pesquisa; 3. Analogias; 4. Metáforas; 5. Modelos; I. Título.

CDD: 370

Índices para catálogo sistemático:

1. Educação 370

Índice

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Apresentação e Breve Histórico | 15 |
|---------------------------------------|-----------|

Parte 1

| | |
|----------|-----------|
| 1 | 32 |
|----------|-----------|

Guarda-chuva de ideias

Ronaldo Luiz Nagem
Maria de Fátima Marcelos
Siane Paula de Araujo

Parte 2

| | |
|----------|------------|
| 2 | 103 |
|----------|------------|

O papel do design na divulgação da ciência: o projeto animando o ano da luz

Anderson Antônio Horta
Clara Santana Lins Cerqueira
Daniela Martins Barbosa Couto
Délcio Julião Emar de Almeida
Michelle Alvarenga Pinto Cotrim
Júlio César Alessi de Carvalho Lafetá
Rita Aparecida da Conceição Ribeiro

| | |
|----------|------------|
| 3 | 124 |
|----------|------------|

Comparação analógica entre o corpo humano e uma orquestra musical: possibilidades pedagógicas para o ensino de biologia

Érica Dinorá Portela
Leila Saddi Ortega
Alexandre da Silva Ferry
Ronaldo Luiz Nagem

| | |
|----------|------------|
| 4 | 148 |
|----------|------------|

Produção e aplicação de modelos de aprendizagem e o STEAM Education

Siane Paula de Araujo
Ronaldo Luiz Nagem
Luhan Dias Souza
Ivo de Jesus Ramos
Maurício Silva Gino

Analogias nas ciências da saúde

Eliene Diniz dos Santos
João Rodolfo Lauton M. de Souza
Ronaldo Luiz Nagem

Jogo de empresas como modelo na educação gerencial

Suryam Guimarães Lima
Ronaldo Luiz Nagem
Raquel Quirino

A teoria do mapeamento estrutural das analogias como referencial teórico para estudos e pesquisas no GEMATEC

Alexandre da Silva Ferry

Ciência e comunidades – desafios e criatividade no desenvolvimento de objetos de aprendizagem baseados em modelos

Cláudia Gomes França
Leila Saddi Ortega

Uma reflexão sobre o ensino de ciências e o STEAM: a função da criatividade

Josefina Barrera Kalhil
César E. Mora Ley

O raciocínio lógico no contexto de ensino e de aprendizagem

Tamires Sousa Batista
Marina Chaves Silva
Ronaldo Luiz Nagem

O raciocínio analógico no contexto de ensino e de aprendizagem

Marina Chaves Silva
Tamires Sousa Batista
Ronaldo Luiz Nagem

Parte 3

Produção e aplicação de modelos de aprendizagem e o STEAM *Education*

*Siane Paula de Araujo*¹

*Ronaldo Luiz Nagem*²

*Luhan Dias Souza*³

*Ivo de Jesus Ramos*⁴

*Maurício Silva Gino*⁵

Introdução

A proposta do acrônimo STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) se refere a uma metodologia que integra as cinco áreas do conhecimento que lhe denominam. Apesar de não ser uma tendência nova, ainda é incipiente no Brasil e aparece como um movimento educativo com o intuito de promover o desenvolvimento global e integrado, além de buscar uma qualificação profissional aprimorada dentro dos processos de ensino e de aprendizagem nas instituições escolares. (BACICH; HOLANDA, 2020).

Essa metodologia educativa traz, em sua abordagem, possibilidades formativas inovadoras, interdisciplinares e contemporâneas de maneira a integrar sua proposta de ensino aos variados níveis da educação brasileira. Aos poucos, seus aspectos educacionais estão sendo apoiados e agregados nos projetos pedagógicos e curriculares das escolas, desde o início da educação básica, até a formação mais especializada, como o ensino nos

¹ Pós-doutora pelo PPGET/CEFET-MG. Doutora em Artes (UFMG).

² Professor Titular do CEFET-MG (1997-2019).

³ Professor efetivo da Escola de Design da UEMG. Doutor em Artes pela UFMG.

⁴ Professor efetivo do PPGET/CEFET-MG.

⁵ Professor doutor da Escola de Belas Artes da UFMG.

níveis técnico ou superior. (LOPES et al., 2017; PEREIRA; RIBEIRO, 2019; HARDOIM et al. 2019).

Nessa perspectiva, o *STEAM Education* assume características conceituais próprias que o identificam como uma concepção educacional abrangente envolvendo não somente o requisito da capacitação múltipla e integrada para o mercado de trabalho, mas da formação humana em seu sentido amplo. Dessa forma, esse estudo pretende relacionar algumas características dessa metodologia aos processos de produção e de aplicação de três modelos de aprendizagem propostos para a disciplina *Anatomia para o Movimento* do curso de Licenciatura em Dança da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Esses modelos de aprendizagem correspondem aos softwares⁶ *Monte o Esqueleto* (MOE), *Tipos de Articulações Sinoviais* (TAS) e *Coordenação Motora* (COM) que foram desenvolvidos de maneira interdisciplinar, colaborativa e integrada entre distintas áreas do conhecimento, níveis escolares e de atuação profissional. O processo de produção abrangeu pesquisas de doutorado, mestrado e iniciação científica (Projeto Jovens Talentos) da Escola de Belas Artes da UFMG, como também professores e estudantes do curso de graduação em Dança, modalidade licenciatura, da mesma instituição, além de dois programadores e dois designers.

A aplicação de MOE, TAS e COM em sala de aula buscou promover o auxílio ao processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos científicos neles abordados para os estudantes do curso de licenciatura, artistas da dança. Esse processo de aplicação se deu por um viés experimental, explorando a criatividade, a integração, a interdisciplinaridade e a interatividade tecnológica. Aspectos também relevantes presentes na abordagem STEAM. Em vista disso, este trabalho apresenta uma reflexão

⁶ Disponíveis para *download* em <http://dancaravida.blogspot.com/2015/10/moe-tas-e-com-objetos-de-aprendizagem.html>. Acesso em: 28 dez. 2020.

sobre como os processos de produção e aplicação dos modelos de aprendizagem podem ser relacionados com essa perspectiva educacional, desvelando suas inter-relações a partir das características do *STEAM Education*.

A Expansão do STEM para STEAM e o Objeto de Estudo

Segundo Watson e Watson (2013) o acrônimo STEM foi proposto inicialmente em 2001 por Judht A. Ramaley, bióloga, administradora acadêmica estadunidense e membro da *National Science Foundation* (Fundação Nacional da Ciência), nos Estados Unidos. A proposta do STEM, nesse cenário, se referia basicamente à oportunidade de desenvolvimento de um projeto educacional integrativo voltado para a resolução de problemas com o intuito de gerar instrumentos de inovação (da engenharia, por exemplo).

Shaughnessy (2013) complementa afirmando que a definição do seu termo está alinhada aos procedimentos didáticos pedagógicos que incluem tomadas de decisões dos estudantes a partir do conhecimento e da aplicação dos conteúdos de ciências e matemática. Esse processo ocorre em um trabalho conjunto dos estudantes que também agrega a atenção com as atividades de engenharia em que a tecnologia atua de forma imprescindível, em suas palavras: “Educação STEM refere-se à resolução de problemas os quais se baseiam em conceitos e procedimentos de matemática e ciências, incorporando o trabalho em equipe, o desenho metodológico das engenharias e a utilização da tecnologia apropriada.” (SHAUGHNESSY, 2013, p. 324, tradução nossa⁷).

O trabalho educacional, por meio dessa perspectiva, visa, segundo o autor, o desenvolvimento das disciplinas Ciências da Natureza e

⁷ STEM education refers to solving problems that draw on concepts and procedures from mathematics and science while incorporating the teamwork and design methodology of engineering and using appropriate technology.

Matemática nos propósitos da Engenharia e com o suporte da Tecnologia, de modo a gerar mais afinco, motivação e interesse por parte dos estudantes. Bem como, o consequente engajamento e preparação ao mundo do trabalho. Watson e Watson (2013) afirmam ainda que, para a implementação dessa proposta metodológica de ensino, se faz necessário intenso planejamento, fontes de financiamento e vontade política de forma a garantir a execução e relevância dos projetos baseados nessa abordagem educacional, nas instituições escolares.

Contudo, a partir do desenvolvimento da metodologia STEM no processo de ensino-aprendizagem de distintos projetos educacionais, notou-se a importância de se trabalhar a capacidade criativa e imaginativa nos discentes a fim de lhes garantir a integração entre “forma e função” (WATS; WATS, 2013, p. 01, tradução nossa⁸) dos produtos e processos gerados. A função, para os autores, se refere aos conteúdos e conhecimentos abordados nas disciplinas e a forma à plasticidade que presentifica e aplica os conceitos abordados. O propósito é que a disciplina de Artes promova a capacidade criativa e imaginativa dos estudantes e colabore com o aprimoramento do senso estético de maneira a se tornarem mais efetivos, significativos e atrativos os produtos e processos previstos e gerados por essa (e por meio dessa) metodologia, como a produção de modelos de aprendizagem. Nesse contexto, se integra a área de Artes ao conceito, agora STEAM (*Education*).

Pugliesi (2020) destaca que a integração da disciplina artística ao STEM ocorre de maneira particularizada, uma vez que foi incluída a *posteriori* e de maneira complementar aos princípios do STEM. O foco se dá na forma como os conceitos de Arte (e os de produção artística), bem como o desenvolvimento de suas habilidades, podem contribuir com os

⁸ (...) function and form.

processos educativos do STEM/STEAM. Segundo Cilleruelo e Zubiaga (2014), tais possibilidades estéticas, proporcionadas por meio das Artes, se consolidaram como parte fundamental dessa abordagem educativa, conforme testificam no trecho a seguir:

A integração das Artes na corrente STE(A)M nos situa frente a um novo marco de aprendizagem, onde a partir de problemas gerados, das áreas do saber, a curiosidade se converte em motor e guia do conhecimento, um ponto de partida para a exploração de diferentes soluções em uma busca permanente da satisfação pessoal. Este modelo de educação promove uma aproximação interdisciplinar integrada, conectada com o mundo real e dirigida à resolução de problemas (...). (CILLERUELO; ZUBIAGA, 2014, p. 02, tradução nossa⁹)

Importa destacar que, nesse estudo, a disciplina de Artes está presente de duas formas distintas, uma vez que seu objeto empírico de análise se destina a um meio e fim artístico, ainda que pedagógico. De maneira elementar, essa disciplina também faz parte do conceito *STEAM Education* desvelado também nos processos de produção e aplicação dos modelos MOE, TAS e COM, como proposto. Dessa forma, embora alguns autores ainda prefiram o termo STEM para designar a metodologia, será preferido o termo STE“A”M por agregar as Artes, considerada imprescindível nesse trabalho.

Além disso, nota-se algumas características próprias e comuns nos projetos de ensino baseados nessa metodologia de modo a configurar o que se considera enquanto conceito *STEAM Education*, neste trabalho. Tais características podem ser identificadas como a presença da interdisciplinaridade (a integração das cinco disciplinas que intitulam o

⁹ La integración de las Artes en la corriente STE(A)M nos sitúa ante un nuevo marco de aprendizaje, donde a partir de **problemas deseados**, de las ganas de saber, la curiosidad se convierte en motor y guía del conocimiento, un punto de partida para la exploración de diferentes soluciones en una búsqueda permanente de la satisfacción personal. Este modelo de educación provee una **aproximación interdisciplinar integrada** conectada con el mundo real, y dirigida a la resolución de problemas (...). (Grifos dos autores)

acrônimo), das atividades de resolução de problemas e tomadas de decisões, do desenvolvimento de projetos personalizados, do trabalho colaborativo entre os estudantes e professores, do aprender fazendo (relação explícita entre teoria e prática), do engajamento tecnológico inovador, da Arte como ferramenta auxiliar nos propósitos do Ensino de Ciências e este, por sua vez, assumindo uma proposta não convencional. Essas características se constituem como os aspectos orientadores das relações traçadas entre os processos de produção e aplicação dos modelos MOE, TAS e COM e o conceito *STEAM Education*.

O Ensino de Ciências e os Processos de Produção e Aplicação de MOE, TAS e COM

A proposta dos modelos MOE, TAS e COM nasce do constante desafio de se ensinar conteúdos acerca da Anatomia Humana para o profissional de Artes, em especial, em cursos de formação docente do artista da Dança. Nesse sentido, o propósito do Ensino de Ciências se volta para um público particular, o artista, o qual requer uma metodologia também apropriada e alinhada aos interesses e perspectivas dessa formação e atuação específicas. Tão logo, pensar em estratégias de ensino que auxiliassem na familiarização dos conceitos científicos para esses estudantes - de maneira também dirigida ao exercício da docência e para a aplicabilidade no fazer artístico -, se tornou uma necessidade e foi o que impulsionou a proposta de produção dos modelos de aprendizagem.

Nesse contexto, MOE, TAS e COM foram desenvolvidos para auxiliar a disciplina *Anatomia para o Movimento* do Curso de Licenciatura em Dança da Universidade Federal de Minas Gerais, em 2015. (ARAÚJO, 2018). O ensino de Anatomia Humana, para esse público dançante, está engajado em uma perspectiva em que o artista discente precisa perceber o próprio corpo e suas estruturas em movimento. A partir disso, tece-se um caminho pedagógico para se compreender a morfologia corporal (no

que se refere à forma e às características físicas das estruturas anatômicas) e os princípios de movimento (no que tange à função anatômica do ponto de vista da motricidade humana). As aulas desses conteúdos são expositivas, mas também práticas cujo propósito é a ativação de estímulos sensorio-motores de forma a desenvolver a percepção somática do e no corpo. (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2010).

O processo de delineamento dos modelos de aprendizagem partiu da constatação, em sala de aula, das dificuldades e interesses tanto dos estudantes quanto do professor, de forma a contribuir com o processo de ensino-aprendizagem da disciplina *Anatomia para o Movimento*. Para o desenvolvimento de MOE, TAS e COM, levou-se em consideração, ainda, a organização dos conteúdos no programa da disciplina que correspondem aos três sistemas do Aparelho Locomotor Humano: esquelético, articular e muscular (DANGELO; FATTINI, 2007). A partir disso, planejou-se a produção de um modelo de aprendizagem para cada sistema.

Para o sistema esquelético, produziu-se o MOE (*Monte o Esqueleto*), um jogo digital cujo funcionamento básico se dá por analogia ao brinquedo de quebra-cabeça. O MOE foi construído a partir da orientação de constituição do esqueleto humano em ossos variados que se ordenam em duas subdivisões: o esqueleto apendicular (cíngulos superior e inferior) e o esqueleto axial. (DANGELO; FATTINI, 2007).

Na tela do jogo propriamente dito, as peças de montagem (ossos do corpo humano) estão dispostas na tela em duas barras laterais e, ao centro, está a zona de montagem. O jogador deve encontrar a peça na lateral e arrastá-la até a sua localização anatomicamente correta. O jogo possui os níveis 1 e 2 de dificuldade. No nível 1, há uma silhueta humana na posição anatômica presente na zona de montagem que orienta o jogador a formar o esqueleto a partir da escolha dos ossos correspondentes. No nível 2, o jogador precisa montar o esqueleto na posição anatômica, sem a

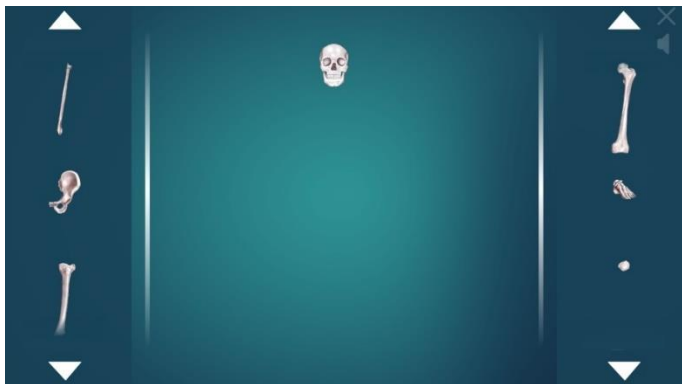
orientação da silhueta, se lembrando da sua experiência de montagem no nível 1 e com apenas o osso do crânio posicionado corretamente como uma referência espacial. Na figura 1, a seguir, tem-se as imagens que mostram o momento de transição entre os níveis 1 e 2. A primeira imagem representa a tela de jogo do nível 1 com o esqueleto montado por completo. A segunda imagem apresenta a tela de jogo do nível 2 apenas com o osso do crânio ao centro.

Figura 1: Transição entre os níveis 1 e 2

Tela de término do nível 1 do jogo MOE



Tela de início do nível 2 do jogo MOE



FONTE: Capturas de tela do software MOE disponível em:

<https://drive.google.com/open?id=oB4kXau6WVVDhS2ooTEpXTkVweFU&authuser=0>

Para o sistema articular, produziu-se o TAS (*Tipos de Articulações Sinoviais*) que funciona como um *player* de vídeos em *live action* e animação 3D digital. Esse modelo de aprendizagem tem como propósito facilitar a visualização e compreensão da mobilidade articular de algumas regiões do corpo humano. Possui uma interface de manipulação cuja tela inicial leva para a dança do bailarino na tela seguinte. Ao fim da dança, a pose final do bailarino se transforma na imagem de um esqueleto onde estão mapeadas ao menos um tipo de articulação sinovial: Plana, Dobradiça (ou Gínglimo), Pivô (ou Trocoide), Condilar (ou Elipsoide), Esferoide e Selar. As articulações estão representadas em curtos vídeos e destacadas por pequenos círculos cujo propósito é a comparação com seus análogos (peças análogas encontradas na obra de Netter (2003)). A visualização do vídeo é possível após clicar na articulação desejada. A figura 2 representa a tela de menu desse modelo de aprendizagem, quando o cursor está sobre um dos círculos de indicação, destacando um tipo de articulação e seu análogo.

Figura 2: Tela de menu do TAS



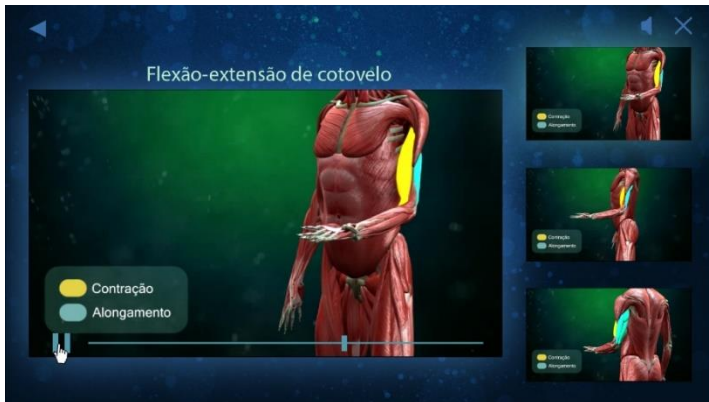
FONTE: Captura da tela de *menu* do software TAS disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/oB4kXau6WVVdHvoc5eWhXR04yaW8/view>

Para o sistema muscular, produziu-se o COM (*Coordenação Motora*) que também funciona como o TAS, porém sua proposta é contribuir com o entendimento sobre as ações mecânicas de contração-alongamento muscular. Por esse motivo, embora possua similaridade plástica e de funcionamento do TAS, apresenta algumas diferenças. A principal delas é a tela de transmissão dos vídeos para um mesmo movimento, que ocorre de maneira simultânea de três vídeos que mostram a sua execução em ângulos distintos, como representado na primeira imagem da figura 3. Para mostrar a ação contração-alongamento muscular, os músculos de um boneco 3D digital foram pintados em duas cores distintas. Os músculos considerados agonistas, que realizam a ação principal do movimento, foram pintados em amarelo, e os antagonistas, que se alongam para que a contração aconteça, em azul.

Figura 3: Telas do vídeo COM

Uma das telas de transmissão dos vídeos do COM e os destaques em amarelo e azul



Tela de menu do COM e as elipses de acesso aos vídeos



FONTE: Capturas de telas do software COM disponível em:

<https://drive.google.com/open?id=oB4kXau6WVVDhVnJsNUTpV1BXWko&authuser=o>

Todo o trabalho de seleção dos movimentos representados e das regiões do corpo destacadas nas cores amarelo e azul foi elaborado a partir da análise de uma sequência coreográfica produzida e filmada para o COM - que é a mesma sequência também do TAS - e se encontra na segunda tela de cada modelo. Após a análise dessa sequência, foram mapeadas algumas regiões musculares para a elaboração do seu menu de acesso aos vídeos. Essas regiões foram destacadas com elipses sobre elas, como mostra a segunda imagem da figura 3, sendo a forma de acesso aos vídeos quando o cursor está sobre uma delas, destacando um frame do movimento.

A aplicação dos modelos MOE, TAS e COM, em sala de aula, ocorreu ao longo de um semestre letivo da disciplina *Anatomia para o Movimento*. Foi destinado um dia da disciplina para cada modelo com duração de dois módulos de 50 minutos por dia. Todas as três aulas foram registradas em vídeo e os dados, com os depoimentos dos alunos e da professora, foram coletados nesse processo¹⁰.

¹⁰ Dados coletados após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da instituição.

A professora da disciplina optou por lecionar sobre os conteúdos anatômicos que abarcam os modelos antes de testá-los em sala de aula. Dessa forma, a docente buscou utilizar os modelos de forma a auxiliar no seu processo didático pedagógico, reforçando a assimilação dos conceitos por parte dos alunos. Isso de seu ao proporcionar maneiras diferentes e contextualizadas de se trabalhar o conteúdo ministrado, de forma a inserir, por meio da prática pedagógica adotada, os modelos MOE, TAS e COM no processo de ensino-aprendizagem e na formação docente.

Durante a aplicação do MOE, esse fato ocorre quando, por exemplo, a professora propõe outras formas de se jogar o nível 2. A docente orientou que um estudante por vez fosse jogar, usando apenas um computador conectado em uma TV com tela de 42 polegadas. Esse aluno colocava apenas um ou dois ossos que foram escolhidos pelos demais alunos da turma, passando a vez para o próximo. Durante a atividade, as escolhas das peças pelos alunos recaíam sobre os ossos que estavam distantes da localização do osso de referência (o crânio), proporcionando maior interesse em relação ao jogo e reforçando o aprendizado da nomenclatura, localização e forma dos ossos. Outra questão observada foi a professora solicitar aos discentes que desenhassem um “nível 3” para o MOE como atividade avaliativa do conteúdo para o sistema esquelético. Tarefa essa dada, segundo informado pela professora, visando a futura atuação docente dos estudantes.

No início da aplicação do TAS, a docente distribuiu folhas de tamanho A4 para os alunos e solicitou que eles anotassem “a cada articulação mostrada, o máximo de informações sobre ela”¹¹, bem como possíveis dúvidas sobre o modelo ou conteúdo. Os estudantes realizaram a atividade e se expressaram também oralmente além da forma escrita, questionando

¹¹ Vídeo-registro de aplicação do TAS, tempo 00':42". Disponível em: <<https://youtu.be/aZfb1UG6Fqg>> (vídeo privado). Acesso em: 24 abr. 2020.

e comentando sobre o conteúdo ao longo da aula. Para a aplicação do COM a professora solicitou que os discentes executassem os movimentos assistidos nos vídeos e detectassem em qual região do corpo estaria determinado músculo que realizava a contração e qual se alongava. Esses procedimentos didáticos adotados durante as aulas buscavam relacionar o Ensino de Ciências, em particular de Biologia, ao campo da Arte/Dança por meio dos modelos de aprendizagem. Nesse trabalho, propomos relacionar essa experiência de produção de MOE, TAS e COM e sua aplicação didática em sala de aula às características conceituais presentes no *STEAM Education*.

Características *STEAM Education* aos Modelos

Em uma primeira perspectiva, considera-se como uma aproximação possível do conceito *STEAM Education* aos modelos de aprendizagem produzidos a relação com a interdisciplinaridade visto a presença das distintas áreas integradas, desde seu processo de elaboração, até a aplicação em sala de aula. Segundo Machado e Junior (2019, p. 01), em se tratando dessa característica e o STEAM: “A interdisciplinaridade ode ser interpretada como um princípio de construção do ensino através da integração entre áreas do conhecimento que possuem o mesmo objetivo culminando em um processo efetivo de ensino e aprendizagem.”

Nesse mesmo sentido, observa-se o objetivo comum firmado entre as diferentes áreas de conhecimento que se dialogam para proporcionar os processos de produção e aplicação didática de MOE, TAS e COM e sua relação ao conceito *STEAM Education*. Além disso, English (2017) alerta sobre as diversas maneiras de se promover essa integração entre as áreas do conhecimento. Segundo o autor, essa integração pode ser estabelecida de duas formas: de maneira igualitária ou segregada, isto é, por vezes destacando ou não alguma disciplina em particular, orientada conforme o

projeto educativo visado. A partir disso, nota-se a integração entre as distintas áreas que constituem o STEAM nos processos em análise frente ao propósito maior do Ensino de Ciências e para o campo das Artes com o uso da Tecnologia, ainda que a Matemática e Engenharia também sejam áreas presentes no processo.

Embora não exista um molde exato de se fazer a integração das disciplinas, English (2017) enfatiza ainda que seria frágil enaltecer o ensino e a aprendizagem sobre uma área em específico e alega que esse modelo educacional leva em consideração o contexto e interesse curricular de cada instituição. Diante disso, o autor apoia os projetos que adotam as Ciências e a Matemática no levantamento dos conteúdos no que diz respeito aos conceitos e mensurações, a Engenharia enquanto uma atuante de primeira na parte da aplicabilidade dos conteúdos levantados, sendo parte fundamental do mapeamento pedagógico, e a Tecnologia de importância no desenvolvimento das habilidades de raciocínio computacional, integrando todo o processo. Conforme essa mesma perspectiva, destaca-se também a integração das áreas do STEAM nos processos de produção e aplicação em sala de aula de MOE, TAS e COM.

Vale destacar que o objetivo almejado por esses processos de produção e aplicação referentes aos modelos de aprendizagem abarcou o auxílio no desenvolvimento tanto do ensino quanto da aprendizagem sobre os conceitos científicos da biologia de um corpo humano movente e vivo, cuja percepção ocorre sob os princípios sensório-motores. Esse viés intentou permitir uma corporificação sensitiva dos conteúdos que abarcam a estrutura e o funcionamento do aparelho locomotor humano. Propôs-se também que esse processo perceptivo ocorresse de uma forma metafórica¹² e, de certa forma, lúdica uma vez que os ossos, os músculos e

¹² O conceito de metáfora aqui adotado se refere aos pressupostos de Lakoff e Johnson (2002) sobre a Teoria da Metáfora Conceptual no que se refere a experiência de uma coisa em termos de outra.

as articulações se tornaram os protagonistas das narrativas audiovisuais presente nos softwares, mas sem dispensar o rigor científico da Anatomia Humana básica.

Nesse contexto, a integração entre as cinco áreas de conhecimento do STEAM pode ser percebida a partir da identificação de cada uma delas nos processos em análise. A Tecnologia, por exemplo, pode ser percebida no que se refere ao próprio suporte e às suas possibilidades computacionais presentes nos modelos virtuais produzidos. MOE, TAS e COM são softwares interativos cujo desenvolvimento ocorreu a partir da utilização de recursos e procedimentos próprios para tal fim, desde seu delineamento até a sua aplicação didática, a saber: manuseio de computadores, câmeras filmadoras, estúdio de filmagem, uso de outros modelos 3D digitais, softwares de animação e para geração de vídeos, a programação, produção sintética de movimento, modelagem, ilustração, além do tratamento de imagens e design de interface.

A disciplina Artes se integra enquanto fim do processo educativo em Dança, uma vez que se volta para esse contexto. Além disso, também se faz presente no processo de produção dos modelos ao que corresponde à elaboração dos elementos de design instrucional necessários ao delineamento do projeto gráfico e de funcionamento, bem como de suas características plásticas e sonoras (relações entre cores, formas e sons). Esses processos evidenciam a correspondência de sentidos e significados ímpares que tecem e caracterizam o processo didático que corresponde o Ensino de Ciências em um curso de formação docente em Artes/Dança.

A área da Engenharia, por sua vez, pode ser percebida no processo de delineamento (plástico e funcional) dos modelos, bem como sobre cada fase dele produzida e de suas demandas: engenharia de software, design de interface, projeto de animação - no que corresponde ao *storyboard* dos roteiros como as fases do jogo e a sequência das telas e dos vídeos - e das

estratégias de interatividade possíveis na programação dos softwares. Nesse processo, ressalta-se a importância de sua integração com a disciplina de Artes frente à produção dos modelos, agregando design apropriado e esteticamente satisfatório.

A Engenharia também pode ser percebida sobre o processo de produção em relação a escolha dos materiais e sistemas utilizados, bem como sobre a maneira mais apropriada para produzi-los. Para tanto, pode-se citar como exemplos, o tipo de animação utilizada (animação bi e/ou tridimensional - 2 ou 3D), o tipo de desenho (baseado na ilustração científica), o boneco 3D adquirido e a modelagem das peças, a filmagem do bailarino e sua transposição em vídeo animado, além do próprio ofício de programação. Além disso, considera-se ainda como projeto de engenharia, a própria intensão didática visada com os modelos de aprendizagem.

Quanto à Matemática, é possível notar sua integração no que diz respeito ao processo de produção das animações que se orientam, basicamente, na contagem de quadros por segundo (são 24 quadros por segundo). Mas, também, na determinação da duração dos vídeos e de sua interatividade sobre a relação espaço-temporal presente na barra de rolagem na tela do vídeo, na mudança das telas ou escolha dos vídeos e durante a ação de jogar. Percebe-se essa disciplina ainda na estrutura de montagem do jogo (na proporção entre as peças avulsas para montar e sua montagem que se dá a partir de um raciocínio lógico) e, principalmente, na prática da programação do material em si, para que ele se torne interativo.

Destaca-se que o projeto de elaboração dos modelos de aprendizagem previa ser um recurso pedagógico inovador para o ensino de anatomia para a dança, necessitando de criatividade para que fosse projetado e para que suas estratégias comunicacionais fossem desenvolvidas. Abrangeu um

trabalho colaborativo entre distintos participantes, desde alunos e professores de diferentes cursos, níveis e turmas da escola de Belas Artes da UFMG (graduação em curso e finalizado, mestrado e doutorado), como também de profissionais de distintas competências. Dessa forma, o processo de produção e aplicação dos modelos de aprendizagem MOE, TAS e COM em sala de aula envolveu a participação desses profissionais/docentes/estudantes e alcançou a interdisciplinaridade pela presença dessa pluralidade, que se integraram pelo fim de um mesmo propósito. Nas palavras da professora colaboradora que aplicou os modelos em sala de aula:

E, no caso, o que acontece para esse material ser dialógico nesse contexto, é que um outro material, também sofisticado, poderia produzir isso, mas o que me parece e o que eu penso hoje é que é um material criado para o diálogo. Então, faz diferença. Ele não é um material criado para o sistema muscular. É um material construído para participar de um processo de ensino-aprendizagem na disciplina X no curso Y. Ele tem endereço. (CHRISTÓFARO, 2015, p. 1-2).

Em relação as outras características também relevantes do conceito *STEAM Education*, nota-se a presença das atividades de resolução de problemas e tomada de decisões. Por exemplo, durante o processo de direção da produção dos modelos, em que necessitou-se alinhar o conteúdo e à forma em função de um objetivo educacional específico (de quais conceitos abarcar e de que maneira os representar). Assim como, para cada elemento produzido, foi preciso tomar as devidas providências a partir de cada problema levantado, gerando escolhas tais como: o tipo de ilustração e animação utilizados, os programas computacionais adotados, os tipos de movimento corporal realizados e representados, a forma como o design de interface foi organizado, dentre outras.

Em seu processo de aplicação em sala de aula, os problemas e tomadas de decisões foram de natureza pedagógica e voltados à formação docente. Nesse sentido, essa característica do STEAM pode ser verificada quando os modelos atuaram como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, bem como, quando os estudantes se apropriaram do conteúdo abordado para realização do exercício docente promovido nesse processo e por incitarem o estudo do movimento dançado durante as aulas expositivas de aplicação. Ainda nas palavras da docente colaboradora:

O material deu para o aluno mais possibilidades para acessar o próprio corpo. Então, o que me chamou atenção nas aulas em que o material foi apresentado e experimentado, foi que a gente finalizou a aula com as pessoas fazendo toque nelas mesmas, se perguntando. Elas faziam esse diálogo entre o material e o corpo delas. (...) Então, por exemplo, no sistema esquelético especificamente onde a avaliação proposta para os estudantes foi criar um terceiro nível para o jogo que vocês construíram, isso fez com que eles exercitassem o lugar do artista-docente que propõe, que pensa em como construir, como propiciar ao aluno um caminho de conhecimento. Então, o exercício deles além do conhecimento deles sobre o sistema muscular, e do sistema muscular, foi exercitar a docência. (CHRISTÓFARO, 2015, p. 2-3)

Conforme notado pela fala da professora e segundo os seus procedimentos didáticos pedagógicos levantados durante o processo de aplicação dos modelos de aprendizagem, infere-se que esses aspectos podem ser agregados à característica do “aprender fazendo” do STEAM *Education*. Dentre eles, segundo revelado pela professora colaboradora, tem-se como exemplo: o “exercitar à docência”, o “diálogo entre o material e o corpo dos alunos”, a “avaliação proposta para os estudantes criarem um terceiro nível para o jogo” e o “propiciar ao aluno um caminho de conhecimento”. Isso se deu pela relação destacada entre teoria e prática

que ocorreu em cada contexto das distintas áreas envolvidas, também característica própria do STEAM.

Durante os procedimentos de produção, verifica-se essa relação sobre o próprio desenvolvimento dos modelos de aprendizagem, em que muitos desafios foram lançados em busca do objetivo proposto: a produção “x” para um público “y” e a partir de uma demanda “w”. Os questionamentos, nesse sentido, correspondiam aos problemas específicos de cada etapa: do delineamento (do que abordar, de como abordar, do que produzir, de como produzir); da elaboração (dos desenhos, das animações, dos vídeos, das interatividades, dos suportes); e da disponibilidade (em quais formatos, em que meios, para quais sistemas operacionais e dispositivos).

Considerações Finais

A proposta de produção e aplicação dos modelos MOE, TAS e COM surgiu em função de um projeto de pesquisa de doutorado que envolveu também uma pesquisa de mestrado, uma pesquisa de iniciação científica e o curso de Licenciatura em Dança da EBA/UFMG. Contou com profissionais técnicos específicos em seu processo de desenvolvimento, como o designer de interface e o programador. Conforme proposto por este trabalho, entende-se o Ensino de Ciências, nesse processo, como alinhado aos propósitos do conceito *STEAM Education* a partir de suas características pedagógicas comuns encontradas na literatura.

Nesse sentido, optou-se pelo processo crítico-analítico de análise dos dados para alçar reflexões sobre as possibilidades educacionais em relação ao STEAM, como também por engajá-lo de outras maneiras quando o considera como um conceito complexo de aspectos que o determinam. Nessa perspectiva, a identificação das características do STEAM, em especial, relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem de produção e aplicação dos modelos de aprendizagem, possibilitou perceber

como o conhecimento é construído de maneira integrada e múltipla a partir do propósito de cada área. Assim como, o desmembramento das características do STEAM sobre um processo já concluído permite ressaltar sua potencialidade e versatilidade no processo de construção do conhecimento e de formação humana.

O Ensino de Ciências, nesse contexto, ultrapassa as fronteiras das Ciências da Natureza por se engajar em um campo também artístico-pedagógico, fazendo ciência-arte por intermédio da especialidade da formação docente em Dança. Nesse sentido, os processos de produção e aplicação de MOE, TAS e COM colaboram ao permitir o diálogo com o STEAM *Education*, ampliando suas possibilidades teórico-metodológicas quando dado como conceito educativo inflado de probabilidades analíticas. Nesse sentido, horizontes se conectam e possibilidades para o Ensino de Ciências também se abrem.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e à FAPEMIG pela concessão de bolsas durante o período de pesquisa.

Referências

- ARAUJO, S. P. **MOE, TAS e COM**: delineamento e avaliação de objetos de aprendizagem em anatomia para o movimento. 2017. 181f. Tese (Doutorado em Artes) – Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.
- BACICH, L.; L. HOLANDA. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, L.; L. HOLANDA. (orgs.). **STEAM em sala de aula**: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Porto Alegre: Penso, 2020. 12- 22 p.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: desvelando o sistema nervoso. Coordenação de tradução: Carla Dalmaz. 3. ed. Reimpressão. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CHRISTÓFARO, G. C. Transcrição da entrevista concedida a Siane Paula de Araújo. Belo Horizonte: UFMG, 08 de julho de 2015. 7p. Não publicada.

CILLERUELO, L.; ZUBIAGA, A. Una aproximación a la Educación STEAM. prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. In.: **Jornadas de Psicodidáctica**, Universidad del País Vasco, UPV/EHU, 2014, 1-18p. Disponível em: <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2020.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia humana sistêmica e segmentar**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

ENGLISH, L. D. Advancing elementary and middle school STEM Education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, n. 1, p. 5-24, 2017.

HARDOIM et al. Educação científica inclusiva: experiências interdisciplinares possíveis para o ensino de biologia e ciências naturais empregando o método STEAM. **Latin American Journal of Science Education**, v. 6, n.1, May 2019. 1-9 p. Disponível em: http://www.lajse.org/may19/2019_12056.pdf. Acesso em: 26 dez. 2020.

LOPES et al. Atividades de campo e STEAM: possíveis interações na construção de conhecimento em visita ao parque mãe bonifácia em cuiabá-mt. **Revista REAMEC**. Cuiabá - MT, v. 5, n. 2, jul/dez 2017, 304-323 p. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/5739>. Acesso em: 26 dez. 2020.

MACHADO, E. S.; JÚNIOR, G. G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 2, 2019, 43-57 p. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2492>. Acesso em: 26 dez. 2020.

NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed; Elsevier Saunders, 2003.

PEREIRA H.; RIBEIRO, J. Aprendizagens STEAM através de atividades de “caça” ao fóssil em contexto urbano. **Revista de Ciência Elementar**, v.7, n. 02, Junho 2019, 1-4 p. Disponível em: doi.org/10.24927/rce2019.029. Acesso em: 26 dez. 2020.

PUGLIESI, G. O. Um panorama do STEAM education como tendência global. In: L. BACICH; L. HOLANDA. (orgs.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. 23-38 p.

SHAUGHNESSY, M. By way of introduction: Mathematics in a STEM context. **Mathematics Teaching in the Middle School**, 2013, V.18 No.6, 324p.

WATSON, A. D.; WATSON, G. H. Transitioning STEM to STEAM: reformation of engineering education. **The Journal for Quality & Participation**. October, 2013, 1-4p. Disponível em: https://www.academia.edu/8766909/TransitioningSTEM_to_STEAMReformation_of_Engineering_Education. Acesso em: 26 dez. 2020.