

STEAM Education y el Diseño de los modelos de aprendizaje MOE, TAS y COM

STEAM Education and the Design of Learning Models MOE, TAS and COM

 **Siane Paula de Arujo**
UEMG Universidad Federal de Minas Gerais
sianepaula@yahoo.com.br

 **Luhan Dias Souza**
UEMG Universidad Estatal de Minas Gerais
luhandias2@gmail.com

Resumen.

Este trabajo intenta establecer un diálogo entre aspectos del concepto *STEAM Education* y el diseño de los modelos virtuales de aprendizaje MOE, TAS y COM. Estos modelos fueron desarrollados para la enseñanza de Anatomía Humana del curso de Grado en Danza de la Universidad Federal de Minas Gerais/Brasil. En este estudio, se realizó una revisión bibliográfica sobre el *STEAM Education* para identificación de sus aspectos más característicos –como la interdisciplinaridad, la resolución de problemas y toma de decisiones, el trabajo colaborativo y el aspecto innovador– a fin de relacionar con el proceso de diseño que corresponden a los modelos. En este sentido, es importante destacar las relaciones entre la enseñanza pretendida, la elección de los elementos audiovisuales y las posibilidades y necesidades colaborativas entre las diferentes áreas.

Palabras clave: producción de diseño, modelos virtuales, interdisciplinaridad, enseñanza-aprendizaje, danza y anatomía.

ABSTRACT.

This work attempts to establish a dialogue between aspects of the STEAM Education concept and the design of virtual learning models MOE, TAS and COM. These models

Artículo original / Original Article

Correspondencia / Correspondence
sianepaula@yahoo.com.br

Financiación / Fundings
Sin financiación

Recibido / Received: 02/11/2022
Aceptado / Accepted: 01/12/2022
Publicado / Published: 26/12/2022

Como citar este trabajo. How to cite this paper.

Araujo, S. P. y Dias Souza, L. (2022). STEAM Education y el diseño de los modelos de aprendizaje MOE, TAS y COM. I+Diseño. Revista Internacional de Innovación, Investigación y Desarrollo en Diseño, 17.

DOI: <https://doi.org/10.24310/ldisenio.2022.v17i.15683>

were developed for the teaching of Human Anatomy in the Dance Degree Course at the Federal University of Minas Gerais/Brazil. In this study, a literature review on STEAM Education was carried out to identify its most characteristic aspects –such as interdisciplinarity, problem solving and making decision, collaborative work and the innovative aspect– in order to relate to the process of design corresponding to the models. In this sense, it is important to highlight the relationships between the intended teaching, the choice of audiovisual elements and the collaborative possibilities and needs between the different areas.

Keywords: design production, virtual models, interdisciplinarity, teaching-learning, dance and anatomy.

Introducción

La propuesta de producción de modelos virtuales de aprendizaje nace del desafío constante de enseñar contenido sobre Anatomía Humana al profesional de las Artes, especialmente en cursos de formación docente para el artista de danza. En este sentido, el propósito de los modelos está dirigido a un público particular, el artista de la danza, lo que requiere un proceso de diseño alineado con los intereses y perspectivas de esta capacitación y desempeño específicos. Así, pensar en estrategias de diseño que ayudarían en la familiarización de los conceptos científicos para estos alumnos, de una manera más dirigida al ejercicio de enseñanza y la aplicabilidad de los conceptos anatómicos en la creación artística, se convirtió en una necesidad y fue lo que impulsó la idea de elaboración de los modelos.

En este contexto, los softwares MOE¹ (*Monte o Esqueleto/Ensamble el Esqueleto*), TAS² (*Tipo de Articulações Sinoviais/Tipos de Articulaciones Sinoviales*) y COM³ (*Coordenação Motora/Coordinación Motora*) se desarrollaron para contribuir con la disciplina de *Anatomía para el Movimiento* del Curso de Grado en Danza de la Universidad Federal de Minas Gerais, utilizados en el aula desde 2015. Para eso, el primer paso fuera conocer la metodología de enseñanza de la Anatomía Humana a bailarines del curso de Grado, una vez que se basa en una perspectiva en la que el alumno artista necesita percibir su propio cuerpo, sus estructuras en movimiento. A partir de eso, se teje un camino para comprender también la morfología corporal (la forma y las características físicas de las estructuras anatómicas) y los principios del movimiento (la función anatómica desde el punto de vista de la motricidad humana). Las clases de este contenido en el curso de Danza son expositivas, y también prácticas, una vez que el propósito es activar los estímulos sensoriomotores para desarrollar la percepción somática del movimiento (Bear et al., 2010).

De esta manera, el proceso de diseño de los modelos llevó a cabo también la constatación en el aula de las dificultades e intereses, tanto de los alumnos como del profesor,

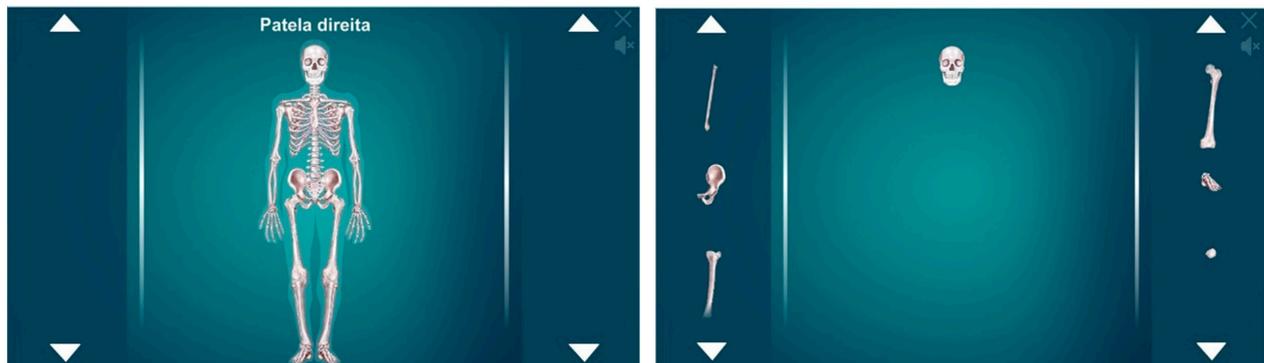
1. Disponible para descargar en <https://drive.google.com/open?id=0B4kXau6WVVDhS2o0TEpXtkVveFU&authuser=0> : Visitado en: 11-09-2022. Solo para el sistema operativo Windows.
2. Disponible para descargar en <https://drive.google.com/file/d/0B4kXau6WVVDhV0c5eWhXR04yaW8/view?resourcekey=0y7s9FeFmddix-x8yWEXLWw>. Visitado en: 11-09-2022. Solo para Windows.
3. Disponible para descargar en <https://drive.google.com/file/d/0B4kXau6WVVDhVnJsNUtp-V1BXWk0/view?resourcekey=00yFljjeBKTjqSGNo4skZcg>. Visitado en: 11-09-2022. Solo para Windows.

a fin de contribuir con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la *Anatomía para el Movimiento*. Para el desarrollo de este proceso se tuvo en cuenta además la organización de los contenidos en el programa de la disciplina que corresponden a los tres sistemas del aparato locomotor humano: esquelético, articular y muscular (Dangelo & Fattini, 2007). A partir de esto, se planificó la producción de un modelo virtual para cada sistema.

Para el sistema esquelético, se produjo el MOE (*Monte o Esqueleto/Ensamble el Esqueleto*), un juego digital cuya operación básica tiene lugar por analogía con un juguete de «rompecabezas». El MOE fue construido a partir de la orientación de la constitución del esqueleto humano en huesos variados que se ordenan en dos subdivisiones: el esqueleto apendicular (cintura y extremidades superiores e inferiores) y el esqueleto axial (Dangelo & Fattini, 2007).

En la pantalla del juego propiamente dicho, las piezas de ensamblaje (huesos del cuerpo humano) están dispuestas en dos barras laterales y en el centro está el área de ensamblaje. El jugador debe encontrar la pieza en las laterales y arrastrarla a su ubicación correcta en el centro. El juego tiene los niveles 1 y 2 de dificultad. En el nivel 1, hay una silueta humana en posición anatómica en el área de ensamblaje que orienta al jugador en la formación del esqueleto a partir de la elección de los huesos correspondientes. En el nivel 2, el jugador necesita ensamblar el esqueleto en la posición anatómica sin la orientación de la silueta, recordando la experiencia de ensamblaje del nivel 1, y tan solo con el hueso del cráneo en el centro como referencia espacial.

Las imágenes a continuación muestran el momento de transición entre los niveles 1 y 2. La figura 1 muestra la pantalla del juego de nivel 1 con el esqueleto completamente ensamblado. La figura 2 muestra la pantalla del juego de nivel 2 con solo el hueso del cráneo en el centro.



Para el sistema articular, se produjo el TAS (*Tipos de Articulações Sinoviais/Tipos de Articulaciones Sinoviales*), que funciona como un reproductor de video en *live action* (acción en vivo) y animación 3D digital. Este modelo tiene como objetivo facilitar la visualización y la comprensión de la movilidad articular de algunas regiones del cuerpo humano. Tiene una interfaz de manipulación cuya pantalla inicial conduce a la danza del bailarín en la siguiente pantalla. Al final del baile, la pose final del bailarín se convierte en la imagen de un esqueleto donde se mapea al menos un tipo de articulación sinovial: plana; en bisagra (o gínglimo); en pivote (o trocoide); condílea (o elipsoidal); enartrosis (o esferoidea); y en silla de montar.

Figuras 1 y 2.

A la izquierda, captura de pantalla al final del nivel 1 del juego MOE con la silueta de esqueleto completa y barras laterales vacías. La derecha, captura de la pantalla de inicio del nivel 2 del juego MOE con la silueta incompleta, solo el cráneo, el esqueleto y las barras laterales con los huesos correspondientes

Las articulaciones están representadas en videos cortos y resaltadas por pequeños círculos cuyo propósito es compararlas con sus análogas (piezas análogas encontradas en el libro de Netter, 2003). Es posible ver el video después de hacer clic en la articulación deseada. La figura 3 representa la pantalla del menú para este modelo.



Figura 3. Captura de la pantalla del menú TAS que muestra cómo acceder a los videos cuando el curso está debajo de uno de los círculos de indicación resaltando un tipo de articulación y su análogo

Para el sistema muscular, se produjo el COM (*Coordenação Motora/Coordinación Motora*), que también funciona como el TAS, pero su propuesta es contribuir con el entendimiento de las acciones mecánicas de contracción-estiramiento muscular. Por esta razón, aunque tiene una plasticidad y un funcionamiento similares al TAS, presenta algunas diferencias. La principal es la pantalla de transmisión de video para el mismo movimiento, que ocurre simultáneamente en tres videos que muestran su ejecución en diferentes ángulos, como se representa en la figura 4. Para mostrar la acción de estiramiento y contracción muscular, los músculos de un muñeco 3D digital fueron pintados. Los músculos considerados agonistas, que realizan la acción principal del movimiento, están pintados de amarillo. Los antagonistas, que se relajan para que ocurra la contracción, son de color azul.

Figuras 4 y 5. A la izquierda, captura de una de las pantallas de transmisión de los videos del COM que muestra la simultaneidad entre ellos y los diferentes ángulos para el mismo movimiento. La derecha, captura de la pantalla de menú del COM que muestra, mediante elipses, el mapeo de algunas regiones musculares y cómo acceder a los videos cuando el cursor está sobre una de ellas, resaltando un cuadro del movimiento

Todo el trabajo de seleccionar los movimientos representados y las regiones corporales resaltadas se elaboró a partir del análisis de una secuencia coreográfica producida y filmada para el COM, que también es la misma del TAS y está en la segunda pantalla de cada modelo. Después de analizar esta secuencia, se mapearon algunas regiones musculares para la elaboración del menú de acceso a los videos. Estas regiones se resaltaron con elipses sobre ellas, como se muestra en la figura 5.



El Concepto Educativo STEAM Education

La propuesta del STEAM Education (del inglés *Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) se refiere a una estrategia educativa que integra las cinco áreas que la denominan. Aunque no sea una tendencia «nueva», todavía es incipiente en algunas regiones, como en Brasil, y aparece como un movimiento para promover el desarrollo global e integrado con el objetivo de una mejor calificación profesional dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en las instituciones educativas. (Bacich y Holanda, 2020).

Este modelo educativo trae en su abordaje de enseñanza posibilidades de formas innovadoras, interdisciplinarias y contemporáneas para integrar su propuesta estratégica en diferentes niveles escolares. Poco a poco, sus aspectos educativos están siendo considerados e incorporados a las proposiciones curriculares brasileñas desde el comienzo de la educación básica hasta una capacitación más especializada, como la enseñanza en niveles técnicos o superiores (Bacich & Holanda, 2020; Machado y Junior, 2019; Pereira y Ribeiro, 2019; Hardoim et al., 2019; Lopes et al., 2017). En esta perspectiva, STEAM Education se da como un concepto educativo integral que abarca no solo el requisito de capacitación múltiple y orientada al mercado de trabajo, sino también la formación en su sentido amplio.

Cabe señalar que el diseño de los objetos de aprendizaje no se desarrolló utilizando estrategias STEAM Education. Lo que se pretende en este trabajo es realizar un análisis, en su sentido heurístico, del proceso –ya concluido– de diseñar estos objetos considerando algunas características relacionadas con el concepto STEAM. En otras palabras, el objetivo es proponer una lectura del proceso de diseño del MOE, TAS y COM, obteniendo tal concepto educativo como guía.

De esa manera, este trabajo intenta relacionar algunas características observadas en esta estrategia/concepto con los procesos de diseño de los tres modelos virtuales de aprendizaje propuestos una vez que fueron desarrollados de manera interdisciplinaria, colaborativa e integrada entre diferentes áreas de conocimiento, niveles escolares y de actuación profesional.

Además, otros aspectos relevantes presentes en el abordaje STEAM también fueron observados una vez que el diseño de los modelos buscó promover la contribución al proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina. Esto sucedió a través de la forma como fueron abordados los contenidos en los modelos para los alumnos-artistas por medio de un camino experimental, explorando la creatividad, la integración y la interactividad tecnológica.

En función de eso, este trabajo busca reflexionar sobre cómo los procesos de diseño que corresponden a los modelos virtuales de aprendizaje MOE, TAS y COM⁴ pueden relacionarse con esta perspectiva educativa que abarca las cinco áreas del conocimiento que la denominan, desvelando sus interrelaciones y entendiendo esta estrategia como un concepto STEAM Education.

4. Consulte el link <http://dancaravida.blogspot.com/> para obtener más información. Visitado en: 11-09-2022.

Lo que se pretende en este trabajo es realizar un análisis, en sentido heurístico, del proceso –ya concluido– de diseñar estos objetos considerando algunas características relacionadas con el concepto STEAM.

La Expansión del STEM a STEAM y el Diseño

Según Watson y Watson (2013), el acrónimo STEM fue propuesto inicialmente en 2001 por la bióloga y administradora académica estadounidense Judith A. Ramaley, miembro de la National Science Foundation. La propuesta del STEM, en este contexto, se refería básicamente a las oportunidades para desarrollar un proyecto educativo integrador dirigido a resolver problemas para generar instrumentos de innovación (de ingeniería, por ejemplo).

Shaughnessy (2013) complementa al afirmar que la definición de su término está alineada con los procedimientos didácticos pedagógicos que incluyen la toma de decisiones de los alumnos a partir del conocimiento y la aplicación de las ciencias y las matemáticas. Este proceso se da en un trabajo conjunto de los alumnos que también agrega atención a las actividades de ingeniería en las que la tecnología actúa de manera participativa y activa:

STEM Education se refiere a la resolución de problemas que se basan en conceptos y procedimientos de las matemáticas y las ciencias al tiempo que incorpora el trabajo en equipo y la metodología de diseño de la ingeniería y utiliza la tecnología adecuada. (p. 324)⁵

El trabajo educativo a través de esta metodología intenta, por lo tanto, el desarrollo de las propias disciplinas de Ciencias Naturales y Matemáticas en el ámbito de la Ingeniería y con el apoyo de la Tecnología para generar más dedicación y motivación en los alumnos y el consiguiente interés en el compromiso y la preparación para el mercado de trabajo. Además, Watson y Watson (2013) afirman también que para la implementación de esta propuesta metodológica de enseñanza, es necesaria una planificación intensa, fuentes de financiación y compromiso político, según lo presentan en su trayectoria de origen y ejecución prominente de los proyectos STEM estudiados por los autores, de forma que garantizan su efectividad y relevancia.

Sin embargo, a partir del desarrollo de la metodología STEM en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las escuelas, se observó la importancia de trabajar la capacidad creativa e imaginativa de los alumnos para integrar «forma y función» (Watson & Watson, 2013, p. 01, traducción propia⁶) en este contexto. La función, con respecto al contenido y conocimiento abordados en las disciplinas y la forma, con respecto a la plasticidad que presentifica y aplica los conceptos. La idea es que la capacidad creativa e imaginativa colabore con la mejora del sentido estético de los alumnos de manera que sean más efectivos, significativos y atractivos los propósitos y productos previstos y creados por y mediante esta metodología como la producción de modelos de diseño. En este contexto, la disciplina de Artes se integra con el concepto, ahora STEAM, de enseñanza. También considerado en este trabajo como una producción de diseño.

Pugliesi (2020) destaca que la integración de la disciplina artística se produce de una manera particular, ya que se incluye a posteriori y como una herramienta complementaria a los principios de STEM. La atención se centra en cómo los conceptos de Arte

En este contexto, la disciplina de Artes se integra en el concepto, ahora STEAM, de enseñanza.

5. 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. (Shaughnessy, 2013, p. 324). traducción propia.

6. (...) function and form. (Watson & Watson, 2013, p. 01).

(y los de producción de diseño), así como el desarrollo de sus habilidades, pueden contribuir a los procesos educativos de STEM/STEAM. Al mismo tiempo, se observa que las capacidades estéticas proporcionadas a través de la disciplina artística se consolidaron como una parte fundamental de este proceso, como afirman Cilleruelo y Zubiaga (2014):

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 (PBL). (p. 02, énfasis de las autoras)

Es importante resaltar que, en este estudio, la propia producción de diseño está presente de dos maneras diferentes, ya que, de manera elemental, como disciplina también es parte del concepto STEAM Education, y una vez también por destinar en el planteamiento de los modelos de aprendizaje MOE, TAS y COM, según lo propuesto. Por lo tanto, aunque algunos autores todavía prefieren el término STEM para designar la metodología, se preferirá el término STE“A”M al agregar elementos del diseño y de las Artes, consideradas esenciales en este trabajo.

Además, hay algunas características comunes y únicas del concepto STEAM Education relacionadas con los elementos de desarrollo del diseño de MOE, TAS y COM, tales como: la interdisciplinariedad, la resolución de problemas y la toma de decisiones, el desarrollo de proyectos personalizados, trabajo colaborativo, aprender haciendo (relación entre teoría y práctica), compromiso tecnológico innovador, Arte como disciplina común para los propósitos de las Ciencias, Matemáticas, Ingeniería y Tecnología, además de la Educación no convencional. Estos elementos se constituyen en este estudio como guías de las relaciones trazadas entre el diseño de los modelos producidos y el concepto STEAM.

Características del STEAM Education en el Proceso de Diseño de los Modelos

En una primera perspectiva se considera como una posible aproximación del «concepto» STEAM Education al proceso de diseño de los modelos virtuales de aprendizaje la relación con la interdisciplinariedad. Esto se puede notar dada la presencia de diferentes áreas que se conectan en este proceso. Según Machado y Junior (2019, p. 01,⁷), cuando se trata de esta característica: «La interdisciplinariedad (ID) puede interpretarse como un principio de construcción de la enseñanza a través de la integración entre áreas de conocimiento que tienen el mismo objetivo lo cual culmina en un proceso efectivo de enseñanza y aprendizaje».

English (2017) advierte sobre las diversas formas de promover la integración entre las áreas del STEAM, que se establece de manera igualitaria o segregada, a veces destacando cierta disciplina, en particular, de acuerdo con el proyecto educativo previsto.

7. A interdisciplinaridade (ID) pode 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. (Machado y Junior, 2019, p. 01). Traducción propia.

Aunque algunos autores todavía prefieren el término STEM para designar la metodología, se preferiría el término STE“A”M al agregar elementos del diseño y de las Artes.

Se observa la integración entre las diferentes áreas que componen el STEAM en los procesos de diseño de los modelos producidos frente al énfasis en la enseñanza de Ciencias y Artes junto a la Tecnología, aunque las Matemáticas y la Ingeniería también están presentes.

A pesar de que no exista un modelo exacto para integrar las disciplinas, English (2017) también enfatiza que sería frágil priorizar la enseñanza y el aprendizaje de un área específica y afirma que el proyecto STEAM debe tener en cuenta el contexto curricular y el interés de la institución. Además, apoya los proyectos que adoptan las Ciencias y las Matemáticas, en el levantamiento de contenidos con respecto a conceptos y medidas, la Ingeniería, como un activo principal en la aplicabilidad del contenido levantado, siendo una parte fundamental del mapeo pedagógico, y la tecnología, importante en el desarrollo de habilidades de razonamiento computacional, integrando todo el proceso. En esta misma perspectiva, se destaca la integración de las disciplinas del STEAM en el proceso de diseño de los modelos virtuales de aprendizaje producidos.

En esto sentido, el diseño de MOE, TAS y COM tuvo como propósito la elaboración de los modelos de aprendizaje que incluye la representación de conceptos científicos –de la biología– sobre y para un cuerpo humano vivo y en movimiento, como del bailarín. En este sentido, los modelos buscan desarrollar la percepción del cuerpo y sus conceptos a través del medio virtual para permitir una visualización interna y sensitiva sobre la estructura y el funcionamiento del aparato locomotor humano (los contenidos sobre los sistemas esqueléticos, articular y muscular). Este proceso ocurre de una manera metafórica y lúdica en que los huesos, músculos y articulaciones se convierten en protagonistas, pero sin perder el rigor científico de la Anatomía Humana básica.

En este contexto, la Tecnología se vuelve permisiva (por sus comandos y sus posibilidades computacionales) y es el propio material virtual producido (los softwares MOE, TAS y COM interactivos) en medio de los recursos y procedimientos utilizados para ese propósito, a saber: computadoras, cámaras de video, estudio de cine, modelos 3D digitales, software de animación y de generación de los vídeos, programación, producción de movimiento sintético, modelización, ilustración, tratamiento de imágenes y diseño de interfaz.

La disciplina de las Artes (y diseño) se aplica como fin del proceso comunicativo en Danza, una vez que se dirige hacia ese contexto. Además, también está presente en los modelos en lo que se refiere a los elementos de diseño instruccional necesarios para delinear el proyecto de diseño gráfico y operativo, así como sus características plásticas y de sonido (relaciones entre colores, formas y sonidos). Estas características evocan sentidos y significados únicos que tejen y resaltan la interdisciplinariedad correspondiente.

La Ingeniería se agrega en el proceso de delineación (plástico y funcional) del material, así como en cada una de sus fases producidas y de sus demandas: ingeniería de software, diseño de interfaz, proyecto de animación, en lo correspondiente al *storyboard* de los guiones así como a las fases del juego y la secuencia de pantallas y vídeos –y de las estrategias de interactividad posibles en la programación de software–. En este proceso, se enfatiza la importancia de su integración con el Diseño como disciplina frente a la producción de modelos, agregando un diseño apropiado y estéticamente satisfactorio.

La Ingeniería también se puede ver en el proceso de diseño y producción al elegir los materiales y sistemas utilizados, así como en la forma más adecuada de producirlos. Para esto, se pueden citar como ejemplos el tipo de animación (2D o 3D) utilizado, el tipo de dibujo (basado en ilustración científica), el muñeco 3D adquirido y la modelización de las piezas, la filmación del bailarín y su transposición en vídeo animado, además del trabajo de programación en sí.

En cuanto a las Matemáticas, es posible notar su integración en las siguientes situaciones: en el proceso de producción de las animaciones, que básicamente se guían contando cuadros por segundo (son 24 cuadros por segundo); para determinar la duración de los vídeos y en su interactividad sobre la relación espacio-temporal: presente en la barra de desplazamiento en la pantalla de vídeo, al cambiar de pantalla o elegir vídeos y durante la acción de reproducción; la estructura de ensamblaje del juego (número de piezas de repuesto para ensamblar y su ensamblaje que se realiza a partir de un razonamiento lógico); y, principalmente, en la práctica de programación del material en sí, para que se vuelva interactivo. De lo expuesto, todavía se observa, a partir de las características de cada área de STEAM señaladas dentro del proceso de diseño de los objetos, una integración transversal de sus elementos, destacando la horizontalidad de sus relaciones.

Además, se debe tener en cuenta que el proyecto para la elaboración de los modelos preveía ser un recurso pedagógico innovador para la enseñanza de la Anatomía para la Danza, que requería creatividad para ser diseñado y para desarrollar sus estrategias de comunicación. Conllevó un trabajo colaborativo entre diferentes participantes, desde alumnos y profesores de variados cursos, niveles y clases (graduación en proceso o completada, maestría y doctorado) en una universidad de Brasil, y también profesionales de diferentes áreas. Así, el proceso de producción y aplicación de modelos en el aula implicó la participación de estos profesionales/docentes/alumnos y logró la interdisciplinariedad a través de la presencia de diferentes áreas de conocimiento que se integraron con el mismo fin. En palabras de la profesora que aplicó los modelos en el aula:

Y, en este caso, lo que sucede para que este material sea dialógico en este contexto, es que otro material, también sofisticado, podría producir esto, pero lo que me parece, y lo que pienso hoy, es que es un material creado para el diálogo. Entonces, hace la diferencia. No es un material creado para el sistema muscular. Es un material construido para participar de un proceso de enseñanza-aprendizaje en la disciplina X en el curso Y. Tiene una dirección. (Christófaró, 2015, p. 1-2)⁸

En relación con las otras características también relevantes del considerado concepto *STEAM Education*, se observa la cuestión de la resolución de problemas y toma de decisiones. Por ejemplo, en el proceso de dirección del diseño y producción, ajustando el contenido y la forma de los modelos en función de su objetivo educativo y también en su proceso de aplicación en el aula. En este último, los modelos fueron facilitadores del ejercicio de enseñanza de las ciencias cuando estimularon la planificación de otros modelos dentro de la práctica pedagógica de la disciplina *Anatomía para el Movimiento*,

El proceso de producción y aplicación de modelos en el aula implicó la participación de estos profesionales/docentes/alumnos y logró la interdisciplinariedad a través de la presencia de diferentes áreas de conocimiento.

8. 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. (Christófaró, 2015, p. 1-2). Traducción propia

así como cuando incitaron el propio movimiento de danza de los alumnos en las clases de aplicación. Todavía en palabras de la profesora que recibió los modelos en aula:

El material dio al estudiante más posibilidades de acceder a su propio cuerpo. Entonces, lo que me llamó la atención en las clases donde se presentó e intentó el material fue que terminamos la clase con personas tocándose, preguntándose. Hicieron este diálogo entre el material y su cuerpo. (...) Entonces, por ejemplo, en el sistema esquelético específicamente donde la evaluación propuesta para los estudiantes era crear un tercer nivel para el juego que construiste, esto los hizo ejercer el lugar del artista-maestro que propone, quien piensa sobre cómo construir, cómo proporcionar al alumno un camino de conocimiento. Por lo tanto, su ejercicio más allá de su conocimiento sobre el sistema muscular, y del sistema muscular, era ejercitar la enseñanza. (Christófaró, 2015, p. 2-3)⁹

Se observa además que tanto los procedimientos de diseño cuanto los didácticos pedagógicos planteados por la profesora en el proceso de aplicación de los modelos se agregan a la característica de «aprender haciendo» de *STEAM Education*. Esto se debe a la relación destacada entre la teoría y la práctica que ocurre en cada contexto de las diferentes áreas involucradas.

Consideraciones finales

La propuesta de producción de los modelos virtuales de aprendizaje MOE, TAS y COM surgió en función de un proyecto de investigación de doctorado y postdoctorado que implicó una investigación de maestría y otras acciones del curso de Grado en Danza, modalidad Licenciatura de la Escuela de Bellas Artes de la UFMG. Todo eso también para su diseño, producción y aplicación en aula. Además, contó con profesionales técnicos específicos en su proceso de desarrollo tecnológico, como el diseñador de interfaz y el programador. Según lo propuesto en este trabajo, se entiende todo este proceso dentro del considerado concepto *STEAM Education* en base a sus características en las perspectivas teórica y práctica comunes que se encuentran en la literatura al respecto.

En este sentido, se optó por el proceso crítico-analítico de investigación en este estudio para plantear reflexiones sobre las posibilidades de producción de diseño de MOE, TAS y COM. Así como por involucrarlo de otras maneras cuando se considera un instrumento de análisis complejo de aspectos que lo determinan. En este proceso, la identificación de las características del *STEAM Education*, en especial las disciplinas que componen el acrónimo, permitió percibir cómo se construye el conocimiento de una manera transversal, integrada y transformadora desde un punto de vista más especializado como del diseño para la enseñanza de Anatomía en un curso de Danza.

En esto sentido, la integración prevista en el aspecto de la interdisciplinariedad tanto del *STEAM* cuanto del proceso de diseño varía según el interés y la calificación de

9. 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 construiriam, 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. (Christófaró, 2015, p. 2-3)

quienes lo proponen, pero también del enfoque conceptual del producto diseñado. A esto corresponde los aspectos que involucran su producción y, todavía, de su contexto de aplicación. Lo proceso de diseño de los tres modelos virtuales de aprendizaje, en este sentido, permite el diálogo con el concepto STEAM remodelando áreas, formas, funciones y conceptos de manera que horizontes se conectan, como también otras posibilidades para la enseñanza-aprendizaje –de diferentes áreas– también se abren.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a los participantes del grupo de estudios GEMATEC, en especial a los profesores Dr. Ronaldo Luiz Nagem y Dr. Maurício Silva Gino, y a los investigadores de los grupos AMTEC, COMTEC y CODDA, a la CAPES (<https://www.capes.gov.br/bolsas>) y a la FAPEMIG (<https://fapemig.br/pt/>).

Referencias

- Bacich, L. & Holanda, L. (2020). «STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências». En: Bacich, L. y Holanda, L. *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Puerto Alegre: Penso. (pp. 12-22)
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2010). *Neurociências: desvelando o sistema nervoso*. 3. ed. Reimpressão. Puerto Alegre: Artmed.
- Christóforo, G. C. (08/07/2015). *Transcrição de la entrevista dada al primer autor de este trabajo*. Belo Horizonte/Brasil. (pp. 1-7).
- Cilleruelo, L. & Zubiaga, A. (2014). «Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología». Trabajo presentado en: *Jornadas de Psicodidáctica* de Universidad del País Vasco, UPV/EHU, España, [1-18]. Recuperado de <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>.
- Dangelo, J. G. & Fattini, C. A. (2007) *Anatomia humana sistêmica e segmentar*. 3. ed. São Paulo: Atheneu.
- English, L. D. (2017). «Advancing elementary and middle school STEM Education». *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), [5-24].
- Hardoim, E. L., Hardoim T. F. L., Nakamura, C. R. & Hardoim, A. H. L. (2019). «Educação científica inclusiva: experiências interdisciplinares possíveis para o ensino de biologia e ciências naturais empregando o método STEAM». *Latin American Journal of Science Education*, 6(1), [1-9]. Recuperado de http://www.lajse.org/may19/2019_12056.pdf.
- Lopes, T. B., Cangussu, E. S., Hardoim, E. L. & Guarim-Neto, G. (2017). «Atividades de campo e STEAM: possíveis interações na construção de conhecimento em visita ao parque mãe bonifácia em Cuiabá-MT». *Revista REAMEC*. 5 (2), [304-323]. Recuperado de <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec>.
- Machado, E. S. & Júnior, G. G. (2019). «Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química». *Scientia Naturalis*, 1(2), [43-57]. Recuperado de <http://revistas.ufac.br/revista/index.php/SciNat>.

- Netter, F. H. (2003). *Atlas de anatomia humana*. 3.ed. Puerto Alegre: Artmed.
- Pereira H. & Ribeiro, J. (2019). «Aprendizagens STEAM através de atividades de “caça” ao fóssil em contexto urbano». *Revista de Ciência Elementar*, 7(2), [1-4] doi: <http://doi.org/10.24927/rce2019.029>.
- Pugliesi, G. O. (2020). «Um panorama do STEAM Education como tendência global». En: Bacich, L. y Holanda, L. *STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Puerto Alegre: Penso. (pp. 23-38)
- Shaughnessy, M. (2013). «By way of introduction: Mathematics in a STEM context». *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), [324].
- Watson, A. D. & Watson, G. H. (october, 2013). «Transitioning STEM to STEAM: reformation of engineering education». *The Journal for Quality & Participation*. [1-4].