

Educación STEM y robótica educativa como propuesta de enseñanza y aprendizaje en primaria

Educação STEM e robótica educacional como proposta de ensino e aprendizagem no ensino fundamental

Joseane Marques Flores, Agostinho Iaquan Ryokiti Homa

Fecha de recepción: 3/10/2022
 Fecha de aceptación: 10/12/2022

Resumen	<p>La Robótica Educativa y la Educación STEM son estrategias que se unen buscando un aprendizaje significativo. Este trabajo busca destacar sobre los proyectos STEM que utilizan la robótica como un medio para ayudar en el desarrollo de competencias y habilidades de los estudiantes de primaria. Los estudiantes que participan en los talleres de robótica, a pesar de haber mostrado interés por la robótica, son jóvenes que aún no han decidido sus carreras profesionales, pero han expresado interés en las áreas STEM de una manera que puede considerarse que las actividades han dejado su huella pedagógica en los estudiantes.</p> <p>Palabras clave: Educación STEM, Robótica Educativa, Escuela Primaria</p>
Abstract	<p>Educational Robotics and STEM Education are strategies that come together in search of meaningful learning. This work seeks to evidence about STEM projects using robotics as a means of assisting in the development of skills and abilities of elementary school students. The students participating in the Robotics workshops, despite having shown interest in robotics, are young people who have not yet decided on their professional careers but expressed interest in STEM areas in a way that can be considered that the activities have left their pedagogical mark on the students.</p> <p>Keywords: STEM Education, Educational Robotics, Elementary School</p>
Resumo	<p>A Robótica Educacional e a Educação STEM são estratégias que se unem buscando para uma aprendizagem com significados. Este trabalho busca evidenciar sobre projetos STEM utilizando a robótica como meio de auxiliar no desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos do Ensino Fundamental. Os alunos participantes das oficinas de Robótica, apesar de terem mostrado interesse pela robótica, são jovens que ainda não decidiram suas carreiras profissionais, mas externaram interesse pelas áreas STEM de forma que se pode considerar que as atividades deixaram sua marca pedagógica nos alunos.</p> <p>Palavras-chave: Educação STEM, Robótica Educacional, Ensino Fundamental</p>

1. Introducción

La educación tiene como objetivo el "pleno desarrollo de la persona, su preparación para el ejercicio de la ciudadanía y su calificación para el trabajo" (Brasil, 1988) y esto requiere que la educación esté relacionada con la sociedad en la que se inserta. Se entiende que la ciudadanía se ocupa de tres elementos, el civil, el político y el social, y la educación se encarga de la formación del estudiante para que pueda integrarse en la sociedad a la que pertenece. La educación para la cualificación

laboral no significa que la formación sea técnica, sino que las habilidades y destrezas desarrolladas hacen que el alumno sea capaz de integrarse en el mercado laboral.

En Brasil, la Base Curricular Nacional Común - BNCC (Brasil, 2018) indica que el aprendizaje en Educación Básica debe garantizar que los estudiantes desarrollen diez competencias generales, afirmando valores y estimulando acciones que contribuyan a la transformación de la sociedad, para que sea una sociedad más justa, humana y enfocada en la preservación de la naturaleza. Según el BNCC, la competencia se define como: la movilización de conocimientos (conceptos y procedimientos), habilidades (prácticas, cognitivas y socioemocionales), actitudes y valores para resolver demandas complejas de la vida cotidiana, el ejercicio pleno de la ciudadanía y el mundo del trabajo (Brasil, 2018).

La sociedad industrial 4.0, centrada principalmente en las tecnologías, requiere una formación que desarrolle habilidades y competencias capaces de superar los retos inherentes al uso de las tecnologías, integradas en casi todos los ámbitos socioeconómicos.(Aires, Moreira, & Freire, 2017). En este contexto, destaca las propuestas educativas centradas en el desarrollo de competencias relacionadas con la creatividad, la innovación, el emprendimiento, el razonamiento lógico y la resolución de problemas, como las metodologías activas, empleadas con diferentes enfoques integrados a las tecnologías para el desarrollo de habilidades y destrezas propias de la sociedad industrial 4.0(Alarcon, Rosa, Silva, Müller, & Souza, 2019).

Es importante destacar que la Industria 4.0 abarca un conjunto de tecnologías integradas como la inteligencia artificial, la robótica, el Internet de las Cosas (IOT) y la computación en la nube con el objetivo de promover la digitalización en los sistemas de producción, mejorar los procesos y aumentar la productividad. (Santos, Alberto, Lima, & Santos, 2018).

En este sentido se considera esencial entender que, en el proceso de formación humana, las tecnologías son una parte importante, porque tienen gran influencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Para Levy (1998; 1993), Groenwald (2019) las tecnologías han cambiado la forma en que los seres humanos interactúan y piensan en relación con el mundo que los rodea, por lo que es necesario reflexionar sobre el papel del docente y el alumno en el proceso de formación con las tecnologías.

Una de las posibilidades que se presentan en la educación para el desarrollo de la creatividad, la innovación, el emprendimiento, el razonamiento lógico y la resolución de problemas integrados con tecnologías, son las actividades con Robótica Educativa (RE). Cabe destacar que uno de los objetivos es el desarrollo de la competencia citada en el BNCC (Brasil, 2018):

Ejercitar la curiosidad intelectual y utilizar el enfoque específico de la ciencia, incluyendo la investigación, la reflexión, el análisis crítico, la imaginación y la creatividad, para investigar causas, elaborar y probar hipótesis, formular y resolver problemas y crear soluciones (incluidas las tecnológicas) basadas en el conocimiento de diferentes áreas. (Brasil, 2018, p.9, traducción libre).

De esta manera, RE puede ser una forma de fomentar la curiosidad intelectual de los estudiantes cuando trabajan con robótica en la resolución de problemas. Este artículo presenta actividades con Robótica Educativa para desarrollar las habilidades y destrezas requeridas por la sociedad contemporánea, para despertar el interés de los jóvenes por carreras profesionales en áreas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

2. Educación STEM

La educación STEM es según Roman (2016) un paradigma educativo que surgió con la idea de motivar a los jóvenes para seguir carreras en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Además Roman (2016) define STEM como una combinación de contenido y procesos de resolución de problemas para crear nuevos productos y servicios, utilizando el proceso de investigación científica, el proceso de invención y el proceso de diseño de ingeniería.

Morrison (2006) sugiere que los estudiantes que están capacitados en STEM deben tener los atributos de solucionadores de problemas, innovadores, inventores, pensadores seguros de sí mismos, lógicos y tecnológicamente cultos, pero para ello, la Educación STEM tiene que proponer temas que integren el conocimiento de las diversas áreas STEM. Para Homa (2019) es posible incorporar computación, robótica, programación, ingeniería, tecnología, diseño, entornos virtuales, aplicaciones, teléfonos inteligentes, juegos, con un enfoque creativo y orientado a tareas.

Una de las posibilidades de trabajar en la educación STEM es utilizar los proyectos como una metodología activa para el aprendizaje y el desarrollo de habilidades y competencias para la resolución de problemas. Para Bastos (2006) las Metodologías Activas son "procesos interactivos de conocimiento, análisis, estudios, investigación y decisiones individuales o colectivas, con el fin de encontrar soluciones a un problema". Mitre et al. (2008) señalan que las metodologías activas utilizan la problematización como estrategia para el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje, con el objetivo de alcanzar y motivar al estudiante, porque ante el problema, se detiene, examina, reflexiona, relata los conocimientos que ya tiene y comienza a resignificar sus descubrimientos, entendiendo que la problematización puede llevar al alumno al contacto con la información y la producción de conocimiento.

Para Olgin, Groenwald e Kaiber (2021) la metodología del proyecto proporciona interacción entre estudiantes, trabajo en equipo, la relación entre conocimientos de diferentes áreas, ya que es una actividad eminentemente de construcción de conocimiento, permitiendo a los estudiantes resolver problemas, tener nuevas experiencias y construir nuevos conocimientos. Para Groenwald, Silva e Mora (2004), este método se puede definir como una búsqueda organizada de respuestas a un conjunto de preguntas en torno a un problema o tema relevante desde el punto de vista social, individual o colectivo, que se puede trabajar dentro o fuera del salón de clases, con un trabajo colaborativo y cooperativo que involucra a toda la comunidad escolar. Según Berndt (2014), los proyectos buscan respuestas a preguntas relacionadas con un tema previamente elegido por alumnos, profesores u otras personas que forman parte del entorno escolar, o de la realidad de la sociedad en la que se inserta el alumno.

Trabajar con la Educación STEM o la idea de enseñar conceptos de áreas STEM de manera integrada no es algo nuevo o innovador, pero esta práctica es poco explorada en el salón de clases. También se considera que, al realizar un trabajo interdisciplinario en el aula, es posible cruzar contenidos de dos o más disciplinas (áreas de conocimiento) para permitir al estudiante elaborar una visión más amplia de estos temas. Según Fazenda (2013), la metodología interdisciplinaria se basa en la libertad científica, basada en el diálogo y la colaboración, se basa en el deseo de innovar, de crear, de ir más allá y de ejercerse en el arte de la investigación, no sólo apuntando a una valorización técnico-productiva o material, pero, sobre todo, a desarrollar la capacidad creativa para transformar la realidad concreta mundana e

histórica en una mayor adquisición de la educación en su sentido amplio, humanizador y liberador del significado mismo del ser-en-el-mundo.

El aprendizaje interdisciplinario en un contexto de realidad trae como beneficio la mejora de las habilidades de pensamiento de nivel superior, la capacidad de resolver problemas, la retención (Fillis & Fouts, 2001; King & Wiseman, 2001; Smith & Kidwell, 2000), además de oportunidades para que los estudiantes sean innovadores, inventores, autosuficientes, pensadores lógicos (Morrison, 2006). Utilizando un enfoque interdisciplinario, se proporcionan situaciones no fragmentadas y son más interesantes y relevantes para los estudiantes. (Frykholm & Glasson, 2005; Furner & Kumar, 2007; Jacobs, 1989; Koirala & Bowman, 2003).

Según Berlín y White (1995), para la implementación de la Educación STEM es necesario basarse en los conocimientos previos de los estudiantes; organizar el conocimiento en torno a ideas, conceptos o temas; desarrollar el conocimiento del estudiante para involucrar interrelaciones de conceptos y procesos; comprender que el conocimiento es específico de la situación o contexto; permitir el avance del conocimiento a través del discurso social; entender que el conocimiento se construye socialmente a lo largo del tiempo.

La Educación STEM e basa en conexiones entre el conocimiento de las áreas STEM que combinadas entre sí tienen como objetivo resolver problemas del mundo real. Para Stolmann, Moore y Roehrig (2012), esto requiere materiales y recursos como herramientas manuales y de medición, kits de robótica y materiales de construcción como madera, estaca, cartón y pegamento, así como materiales electrónicos y computadoras. Para Wu, Anderson (2015) y Homa (2019) el uso de tecnologías educativas como simuladores, entornos de aprendizaje interactivos, realidad aumentada y robots hacen que la Educación STEM sea más efectiva. Aunque presentan recursos diferentes, se entiende que los materiales concretos y tecnológicos se complementan entre sí cuando se trata de resolver problemas en el enfoque de la Educación STEM.

En este contexto, la Robótica Educativa puede ser una opción integradora de conceptos para la educación STEM, y se pueden utilizar recursos concretos y tecnológicos proporcionando herramientas para el desarrollo de la creatividad, la innovación, la invención y el pensamiento lógico computacional en la búsqueda de soluciones a los problemas propuestos en actividades abiertas o cerradas.

3. Robótica Educativa

La robótica a veces se ve solo como la construcción de robots, en los que generalmente se asocian con humanoides con brazos, piernas y cuerpo. La palabra robótica proviene de robot, derivada de la palabra checa "robota", que significa "trabajo forzoso" (Kaye & Urman, 2017). A lo largo de la historia, la aplicación de la robótica ha estado dirigida a desarrollar mecanismos y dispositivos para ayudar a los humanos en sus actividades, especialmente aquellas de producción que presentaban riesgo para los humanos o actividades repetitivas que terminaban generando lesiones por esfuerzo repetitivo. (LER).

En sus inicios la robótica era vista como una forma de entretenimiento con robots autómatas, palabra que proviene del griego. *αὐτόματον* (automaton) lo que significa lo que se mueve solo, es decir, un robot con un mecanismo que realiza alguna tarea o movimiento sin intervención humana. Al comienzo de la idealización de estos dispositivos, la tecnología empleada era mecánica y utilizaba mecanismos con

sistemas de engranajes, resortes o pesas. Un ejemplo de autómatas fue el robot león de Leonardo da Vinci, desarrollado en Francia, para el entretenimiento.

La idea del desarrollo de autómatas (un mecanismo que opera automáticamente, imitando los movimientos humanos) todavía genera curiosidad en los estudiantes y si puede aprovechar este interés para utilizar la Robótica Educativa (RE) como recurso para el aprendizaje de conceptos y el desarrollo de habilidades y destrezas.

La Robótica Educativa es un método de aprendizaje centrado en la investigación, descubrimiento y construcción de un prototipo como resultado de la adquisición de conocimientos. Por lo que la robótica depende del uso de kits de montaje o transformación de otros materiales, como chatarra y artículos reciclables para conformar las partes del prototipo investigado. Así, la RE como recurso didáctico integra material concreto y tecnológico que se utiliza en situaciones problemáticas adecuadas que permite el aprendizaje de las diversas áreas como Ciencia, Tecnologías, Ingeniería y Matemáticas, es decir, el aprendizaje de conceptos de áreas STEM de forma integrada.

RE aplicada en situaciones problemáticas desafiantes puede ser una forma atractiva y motivadora de fortalecer habilidades, como la investigación, y mejorar el aprendizaje del contenido del currículo. (ChanJin Chung, Cartwright, & Cole, 2014; Chung, Cartwright, & DeRose, 2017), porque la RE proporciona prácticas en situaciones en las que los estudiantes necesitan resolverlas por sí mismos, y que el aprendizaje sea eficiente con la posibilidad de ver resultados tangibles derivados de sus esfuerzos. (Papert, 1985).

Para Bravo y Forero (2012) el uso de la robótica como herramienta de enseñanza desarrolla habilidades y competencias al proporcionar respuestas a problemas multidisciplinares. Cuando los estudiantes están involucrados (Márquez & Ruiz, 2014), las actividades promueven la creatividad y la motivación, lo que más tarde les permitirá desarrollar habilidades cognitivas y manuales. Para Flores y Homa (2022) la RE es un medio para disfrutar también de las tecnologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje de una manera lúdica, posibilitando una expansión del conocimiento a través de la interdisciplinariedad de las áreas de conocimiento STEM y las interacciones colaborativas de los estudiantes.

4. Proyectos que involucran áreas STEM con Robótica Educativa

Teniendo como propuesta el desarrollo de habilidades y destrezas para la vida contemporánea, con una propuesta interdisciplinaria e integradora, el proyecto de robótica se desarrolló en las escuelas São José y Dr. Alberto Pasqualini, en la ciudad de São Sebastião do Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. El proyecto se desarrolló con talleres en horas extra lectivas, con una duración de 2 horas de clase por semana, por un período de 15 semanas, con las actividades que se desarrollan con grupos de estudiantes de 11 a 14 años, matriculados en el 2º y 3º de secundaria. Destaca-se que la ciudad de São Sebastião do Caí tiene aproximadamente veinticinco mil habitantes con la economía centrada en el sector del calzado y la producción rural.

Al integrar el conocimiento de las áreas STEM, durante los talleres buscamos identificar el interés y animar a los estudiantes a conocer las carreras profesionales del área STEM. El objetivo fue llevar a cabo un proyecto interdisciplinario, integrando las áreas STEM, a través del desarrollo de actividades con robótica educativa en escuelas primarias.

El proyecto de robótica fue adoptado por el ayuntamiento con el fin de promover la educación tecnológica con los alumnos matriculados en los colegios de la municipalidad, así como proporcionar actividades que estimulen la creatividad y el razonamiento lógico. Los talleres desarrollaron proyectos educativos fomentando el protagonismo de los alumnos y mediando acciones por parte del profesor, buscando fomentar y utilizar preguntas reflexivas, mientras que los alumnos desarrollaron actividades robóticas.

La robótica se utilizó como medio para el aprendizaje, proponiendo desafíos, fomentando la participación y la interactividad social, con discusiones y reflexiones sobre qué y cómo crear un prototipo que ayudara a resolver un problema identificado por los estudiantes de la región donde viven.

Se puso a disposición el kit de robótica *LEGO Mindstorm Ev3 Education*, que se compone de piezas de la *LEGO Technics*, para construcciones estructurales, sensor táctil, luminosidad, ultrasonidos, color, motores y una unidad programable que lee los sensores y comanda los motores. *LEGO Technics* es una línea de productos LEGO centrada en la creación de modelos estructurales más complejos, con conexiones móviles y piezas más sofisticadas que los bloques de línea básicos de lego. Para la programación *LEGO* ofrece *software* de programación en lenguaje de bloques.

La programación de bloques es un lenguaje de programación en el que cada caja, o bloque, tiene los parámetros para el comando deseado, con la programación definida por la organización de estos bloques de acuerdo con el comportamiento planificado. Esta programación es mucho más amigable porque se basa en la organización visual de comandos no presentando problemas semánticos como la programación online que requiere respeto por la sintaxis del comando según el lenguaje trabajado.

Los talleres del proyecto Robótica se llevaron a cabo en sentido inverso al de las clases y no tenían como objetivo cumplir con un currículo específico, sino integrar los conocimientos previos de los estudiantes (Berlin & White, 1995) en situaciones presentadas como desafíos, lo que llevó a la participación de los estudiantes en la ejecución de actividades, como ocurrió en los talleres.

A continuación, se presentan dos de los proyectos desarrollados por dos grupos de alumnos, el grupo 1, que desarrolló el Robot Cosechador con 3 alumnos, y el grupo 2, que desarrolló el Robot Recolector de Basura, formado por 6 alumnos. Los estudiantes fueron identificados por A1 a A9, buscando preservar sus identidades. El proyecto desarrollado fue aprobado por el comité de ética de seres humanos de Brasil, con el número 59959822.0.0000.5349.

EXPERIMENTO 1 - Robot de cosecha

El proyecto Robot de cosecha fue desarrollado por estudiantes de 2º y 3º de secundaria, con el objetivo de identificar los posibles aportes de la robótica y las tecnologías con el desarrollo de un prototipo para los citricultores de São Sebastião do Caí. El proyecto fue presentado en la Feria de Proyectos de Investigación de la Escuela y utilizó los recursos y el tiempo de los talleres de robótica.

Como los estudiantes viven en una región agrícola rural, donde se plantan y cosechan cítricos como la bergamota, el limón y la naranja. El reto era armar un robot que ayudara a la cosecha, siendo considerado un problema perteneciente a la realidad de los estudiantes.

Los estudiantes aplicaron un cuestionario, con agricultores de la región, con preguntas abiertas y cerradas, buscando identificar las principales dificultades que enfrentan los agricultores. Después de que se recogieron los datos de los cuestionarios aplicados, se realizaron los análisis que indicaron las dificultades de los agricultores con respecto a la cosecha y el transporte de cítricos.

Para enfrentar las dificultades identificadas, los estudiantes realizaron una investigación para comprender y aprender sobre la agricultura, en particular, la siembra y cosecha de cítricos, buscando identificar cuáles serían los impactos de las tecnologías y la robótica en la agricultura, así como los pros y los contras en el uso de la tecnología. Se pudo observar, durante estas acciones, que los estudiantes tenían las características de investigación, autonomía y protagonismo en el aprendizaje, destacando el pensamiento crítico al evaluar los impactos de las tecnologías en la agricultura y las elecciones realizadas para el desarrollo del robot.

La Figura 1 muestra a los estudiantes realizando investigaciones en el laboratorio de la escuela, buscando ampliar los conocimientos relacionados con las dificultades que identificó el proyecto y buscando alternativas tecnológicas que ayuden en el problema identificado.



Figura 1. Estudiantes investigando. Fuente: a pesquisa.

Con la apropiación sobre las características del entorno donde estarían trabajando, los estudiantes decidieron crear un prototipo de robot de cosecha y transporte para los frutos que se siembran en la región. Para hacer este prototipo se utilizó el kit *LEGO Mindstorm Ev3 Education*, el mismo utilizado en los talleres de robótica de la escuela.

Antes de montaje, se llevaron a cabo discusiones sobre las demandas a satisfacer, el funcionamiento general, los movimientos a controlar y qué posibles configuraciones satisfarían las demandas identificadas. La primera definición fue cómo sería moverse por los árboles para la cosecha y el almacenamiento de frutas. La Figura 2 muestra a los estudiantes trabajando en grupos con el kit de montaje del robot.

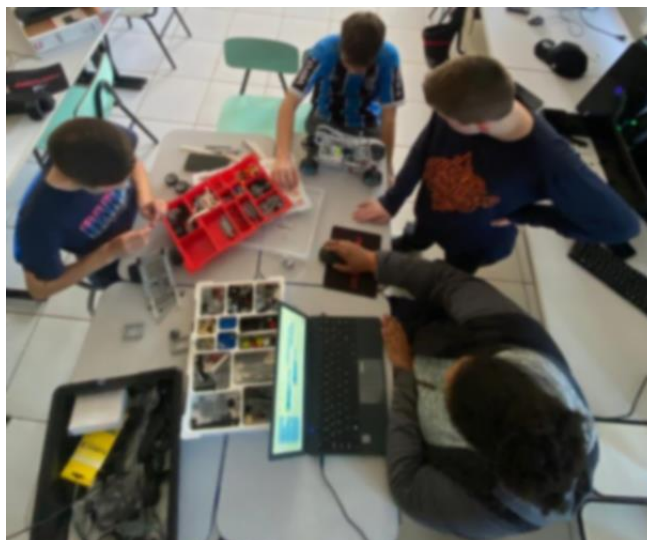


Figura 2. Montaje de la estructura del robot. Fuente: a pesquisa.

Para la estructura del robot, los estudiantes investigaron el funcionamiento de excavadoras y grúas, observando las proporciones entre los segmentos de los brazos articulados. Como las piezas disponibles no cumplían precisamente con la idea inicial del proyecto, fue necesaria la creatividad y las adaptaciones para que el brazo se volviera funcional y adecuado para los movimientos necesarios para la recolección de frutas.

Con la estructura lista, se inició la programación del módulo de control, que debía leer el sensor de color colocado en el brazo robótico, que al identificar un objeto naranja iniciaría el movimiento del brazo y la garra de recolección de frutas.

La programación requería conocimientos sobre los grados y la dirección de rotación para realizar los movimientos angulares del brazo robótico y la garra. En la programación, los enteros negativos adquirieron otro significado, ya que se asociaron con la rotación en el sentido de las agujas del reloj y el movimiento inverso. También se utilizó el conocimiento de Física sobre la palanca asociando engranajes pequeños y grandes para que el agarre tuviera fuerza (Figura 3).

El prototipo del robot cosechador se volvió funcional para la Feria de Proyectos de Investigación, los estudiantes incluso construyeron modelos de árboles con frutos de naranja para simular la cosecha. Las dificultades enfrentadas para resolver los problemas llevaron a los estudiantes a investigar soluciones que condujeron al aprendizaje de nuevos conceptos, como las tecnologías de los cítricos en la agricultura, así como la comprensión y fijación de otros conocimientos que hasta entonces no tenían aplicación en la realidad de los estudiantes.

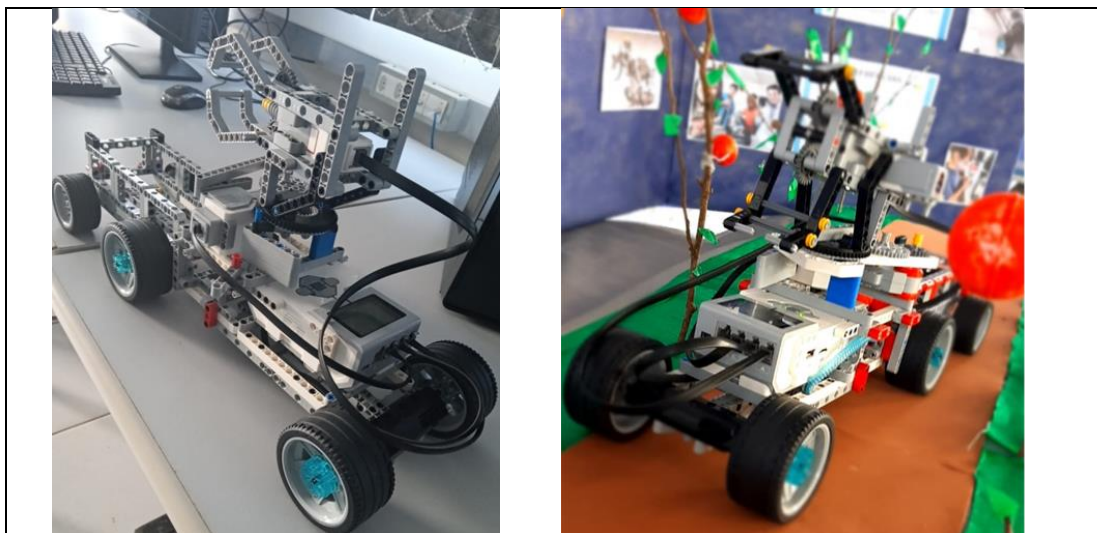


Figura 3. Robot de cosecha. Fuente: a pesquisa.

La relevancia del proyecto en la cuestión del conocimiento está representada por el discurso del estudiante A7:

“La experiencia de hacer este proyecto fue genial, maravillosa porque me hizo saber cosas que nunca pensé en la vida saber. Más sobre agricultura, tecnología y robótica y aprende más sobre ellas.”

La Educación STEM y el objetivo de los proyectos interdisciplinarios fueron explicados a los estudiantes al inicio de los talleres de robótica y, al final de las actividades, se les preguntó sobre cómo entendían las actividades realizadas dentro de la propuesta presentada. Se destaca el argumento del Estudiante A9:

”Esta muy conectado con el área STEM, como en ingeniería, porque durante todo el proceso tuvimos que tener mucha ingeniería para crearlo (el robot) y montar las piezas LEGO... matemáticas en el uso de la programación con grados, en la locomoción del robot, y la tecnología muy conectada.... porque la robótica es tecnología, LEGO en sí ya es tecnología.”

Cabe señalar que, aunque los estudiantes todavía están en la escuela primaria y sin una posición definitiva sobre el futuro profesional, uno de los participantes (estudiante A6), cuando se le preguntó acerca de carrera en el área STEM, ella dio el siguiente informe:

”¡Estoy seguro de ello! Este proyecto me animó a ir al área de tecnología, porque al hacer este proyecto descubrí un área que me gusta trabajar, que soy buena trabajando, un área que nunca se me pasó por la cabeza para trabajar o estudiar algo en el negocio.”

Este proyecto requirió que los estudiantes trabajaran en la investigación (investigación sobre temas como la agricultura, la plantación de cítricos, el transporte de cítricos), la discusión y la reflexión sobre el uso del kit *LEGO.Mindstorm Ev3 Education*, búsqueda de alternativas para la construcción del prototipo construido, así como un trabajo colaborativo y protagonista del propio aprendizaje. Este proyecto fue elegido para ser presentado en la Feria de Proyectos de Investigación de la Escuela.

EXPERIMENTO 2 - Robot recolector de basura

El proyecto *Garbage Collector Robot* fue desarrollado por alumnos de 6º de primaria, con el objetivo de desarrollar una acción integradora de los temas de

sostenibilidad y medio ambiente. El tema fue propuesto por los propios estudiantes quienes, en discusiones durante las clases sobre posibles temas, destacaron la basura en las playas del estado, llevando al grupo a trabajar con el tema sostenibilidad y medio ambiente del área de ciencias.

El grupo realizó investigaciones sobre el medio ambiente, su preservación, la basura y el reciclaje, así como sobre posibles acciones para la sostenibilidad. Se utilizó el kit de *LEGO Mindstorm Ev3 Education* para el desarrollo de un robot para la recolección automática de basura que se ha presentado en la Feria de Proyectos de Investigación de la escuela.

Se definió la necesidad de una base motriz que se adoptara como referencia el "Robot Trainer", que ya había sido ensamblado varias veces por el grupo para las clases de programación. En sus análisis, los estudiantes identificaron cambios necesarios en el sistema de locomoción que utilizaba grandes motores para su uso en la garra de recolección de basura. La perseverancia estuvo presente con nuevos montajes en cada dificultad y obstáculo que se presentaba, como el tema del peso y el sistema de tracción del robot.

La estructura final de los estudiantes continuó siendo compacta a medida que se adoptaba el proyecto base, pero utilizando los motores para satisfacer la necesidad de los movimientos que necesitaban. Además de los motores, los estudiantes definieron que el robot detectaría la basura con el sensor ultrasónico, que calcula la distancia de los objetos utilizando el principio de sonar. En particular, el uso de este sensor nos permitió explorar el concepto de ondas sonoras, la velocidad del sonido, el funcionamiento del radar y el sonar, e incluso cómo el murciélago identifica los objetos frente a él durante su vuelo.

Los estudiantes definieron que el robot se movería libremente y al identificar un objeto frente a ellos, lo recogería. Para la recolección de basura, se identificó la necesidad de un receptáculo para depositar el material recolectado, y se definió que se agregaría una caja a la estructura, pero para no agregar demasiado peso extra al robot, los estudiantes terminaron usando una caja de papel, como se muestra en la Figura 4.

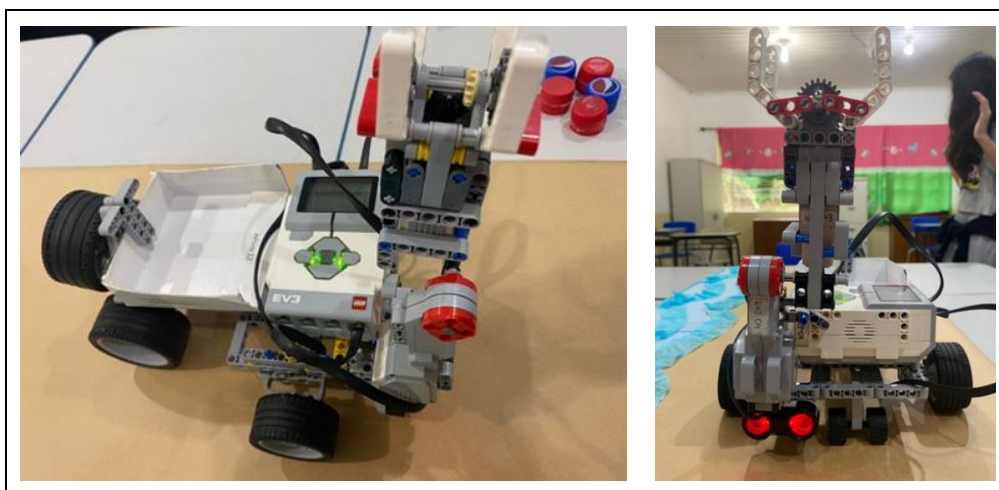


Figura 4. Robot recolector de basura. Fuente: a pesquisa.

La estructura de este robot tardó más en desarrollarse, porque la clase era de 6º grado y estaba utilizando el kit de robótica por primera vez. Pero esto demostró lo interesante que es la ER para los estudiantes, así como sus habilidades frente al

desafío propuesto, mostrándose analíticos, creativos, inventivos, siendo así protagonistas de su aprendizaje y demostrando que este tipo de trabajo fomenta y posibilita el desarrollo de estas habilidades. La estructura mecánica final utilizó un motor para la locomoción, un motor para bajar el brazo y otro motor para la garra.

Durante la realización del proyecto se explicaron algunas ideas por parte de los alumnos de cómo ven y relacionan la RE con las actividades del salón de clases. También en lo divertido que es concretar la visión de ser futuros ingenieros o seguir áreas de tecnología.

Cuando se le preguntó sobre la feria y el desafío propuesto, el estudiante A2 presentó la siguiente declaración:

“El robot está ligado a las ciencias tecnológicas, y fue una experiencia increíble, porque incluso participamos en la feria de proyectos de investigación a los que nunca habíamos ido. Con la robótica aprendemos cosas nuevas relacionadas con las matemáticas porque tenemos que calcular el tamaño del robot y las piezas, y después de hacer el proyecto empecé a interesarme más por las clases de ciencias.”

Los estudiantes del grupo declararon que aprendieron diferentes conceptos y también entendieron cómo usar lo que ya se daba en el aula. Asimismo, argumentaron que la robótica es interesante, que es una forma de aprender conocimientos que involucran tecnología, además de explorar conceptos de Ciencias, Matemáticas y Computación.

Manifestaron que el proyecto permitió el trabajo en equipo y que las actividades desarrolladas permitieron un aprendizaje conjunto, con discusiones colectivas y trabajo colaborativo. La Figura 5 muestra al grupo conociendo el *kit* LEGO y luego discutiendo lo que sería posible desarrollar con las piezas disponibles.



Figura 5. Estudiantes desarrollando y presentando el proyecto. Fuente: a pesquisa.

Se percibe que el conocimiento estudiado (por elección propia) se convierte en un significado diferenciado, porque los conceptos no se almacenan individualmente, sino en forma de una red que permite acceder a ellos porque tienen vínculos con otra información. Se entiende que esto sucede cuando los estudiantes están expuestos a situaciones que requieren análisis y decisión, dejando meramente actividades reproductivas, lo que les permite ser protagonistas de su proceso de aprendizaje.

La Feria de Proyectos de Investigación se realiza anualmente en varias escuelas, con el fin de involucrar a nuevos investigadores y brindar diferentes experiencias a estudiantes y docentes, quienes se alientan a desarrollar proyectos de

investigación con clases de acuerdo con temas de interés para la colégio, los estudiantes y que buscan alternativas a los problemas de la realidad de los estudiantes.

Así, surgen ideas de nuevos trabajos de investigación y, la posibilidad de que los estudiantes opten por investigar sobre un problema de interés es un factor motivador para la realización de proyectos. Además, la participación en las Ferias de Proyectos de Investigación abre la oportunidad para que los estudiantes presenten su trabajo a la escuela y a la comunidad a la que pertenecen, lo que los lleva a desarrollar habilidades de argumentación y diálogo con personas de la comunidad fuera del entorno escolar, además de tener que realizar un resumen de las actividades desarrolladas y presentar los resultados obtenidos.

Fue evidente que la participación en la Feria de Proyectos de Investigación causó un incentivo único a los talleres de robótica y se atribuye a la característica de la competencia, porque según Chung (2014; 2017), las competencias conllevan un mayor esfuerzo por parte de los alumnos que no solo realizan una actividad, sino que necesitan realizarla de la mejor manera posible, discutiendo sobre sus objetivos y resultados.

Los dos proyectos desarrollados por el taller de robótica fueron elegidos para participar en otras ferias, siendo reconocidos por su importancia frente a la comunidad de la que forman parte. El Robot Recolector de Frutas ha participado en la Mostratec Jr. do Colégio Técnico Liberato, en el municipio de São Leopoldo, y el Robot Recolector de Basura participará en el IV Mostra de Iniciação Científica do Colégio Sinodal, del municipio de São Leopoldo, para que los estudiantes se sintieran reconocidos por el trabajo realizado, dando más motivación en la continuidad de los talleres de robótica, y convirtiéndose en agentes alentadores para la participación de otros colegas que no estaban realizando los talleres de robótica.

Aunque los estudiantes participantes eran jóvenes, el sentimiento de reconocimiento como investigador o científico (como algunos se llamaban a sí mismos) por parte de la familia, la escuela y la sociedad fue un fuerte incentivo para la continuidad de los estudios de robótica que involucran STEM. Según informa el alumno A5: "la gente, participantes de la feria, están encantados y elogian mucho nuestro trabajo".

5. Conclusión

Los proyectos desarrollados con la Robótica Educativa permitieron integrar el conocimiento de las áreas STEM, permitiendo explorar conceptos considerados abstractos y sin significado como conocimiento práctico. Como ejemplo es posible mencionar: el sonar, el sistema de fuerza de palanca aplicado a los engranajes, los números negativos, los problemas sociales y económicos de la agricultura, la basura y la sostenibilidad.

Otra conclusión importante fue que los estudiantes fueron activos en su aprendizaje, realizando investigaciones con motivaciones intrínsecas, no siendo necesarias acciones directas del docente, quien mantuvo una postura mediadora y orientadora. Las mediaciones del profesor se producían cuando los alumnos tenían dudas sobre qué información podía ayudar a resolver las dificultades que se presentaban, así como indicación de sitios y material con los conocimientos necesarios para la resolución de las actividades.

Además del aprendizaje de conceptos, las actividades realizadas proporcionaron momentos para el desarrollo del pensamiento lógico computacional de los estudiantes, con la programación y visualización de las acciones representadas por los movimientos de los robots. La programación del movimiento en representaciones virtuales es diferente del mundo real, porque los temas de peso, fuerzas, obstáculos, velocidad de movimiento, interfieren considerablemente en el mundo real, por lo que los estudiantes se vuelven más analíticos, críticos predictivos frente a los problemas y soluciones encontradas, haciendo acciones de planificación antes de las ejecuciones.

Cabe señalar que, aunque los estudiantes han mostrado interés en la robótica y han expresado su deseo de seguir sus estudios en cursos STEM, no es posible afirmar qué carrera profesional seguirán, porque son estudiantes muy jóvenes e inscritos en la escuela primaria. Sin embargo, se puede afirmar que las actividades dejaron su huella pedagógica y que los proyectos desarrollados animaron a los estudiantes a explorar y conocer las áreas STEM y sus posibilidades.

Referencias

- Aires, R. W. do A., Moreira, F. K., & Freire, P. de S. (2017). Indústria 4.0: Competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. *Anais Do Congresso Internacioanal de Conhecimento e Inovação-Ciki*, 1, 1–15. Retrieved from <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/314%0A>
- Alarcon, D. F., Rosa, L. Q. da, Silva, R. S. da, Müller, F. de M., & Souza, M. V. de. (2019). Os Desafios Da Educação Em Rede No Contexto Da Indústria 4.0. *Estudos Interdisciplinares Nas Ciências Exatas e Da Terra e Engenharias* 3, 279–293. <https://doi.org/10.22533/at.ed.716191030926>
- Bastos, C. da C. (2006). Metodologias Ativas. Retrieved from <http://educacaoemedicina.blogspot.com/2006/02/metodologias-ativas.html>
- Berlin, D., & White, A. (1995). Connecting school science and mathematics in House. In P. House & A. Coxford (Eds.), *Connecting mathematics across the curriculum: 1995 Yearbook*.
- Berndt, S. (2014). *Ensino de matemática na 5ª série do ensino fundamental: Uma proposta com o tema transversal trabalho e consumo. Teses e Dissertações PPGECIM*. Universidade Luterana do Brasil.
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*.
- Brasil. Constituição. Art. 205 (1988). Brasília. Retrieved from http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- Bravo Sánchez, F. Á., & Forero Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 13(2), 120–136. Retrieved from <http://revistas.usal.es/index.php/revistatesi/article/view/9002>
- ChanJin Chung, C. J., Cartwright, C., & Cole, M. (2014). Assessing the Impact of an Autonomous Robotics Competition for STEM Education. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 15(2), 24–34. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=98981938&lang=es&site=ehost-live>
- Chung, C.-J. C., Cartwright, C., & DeRose, J. (2017). *Robotics festival and competitions designed for STEM+ C education. Robotics in STEM education*. Michigan, USA: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9>
- De Assis Olgin, C., Groenwald, C. L. O., & Kaiber, C. T. (2021). The high school

- student protagonism through a research with the projects methodology. *Acta Scientiae*, 23(8), 102–140.
- Fazenda, I. C. A. (2013). *Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa*. São Paulo: Papirus.
- Fllis, A. K., & Fouts, J. T. (2001). Interdisciplinary curriculum: The research base: The decision to approach music curriculum from an interdisciplinary perspective should include a consideration of all the possible benefits and drawbacks. *Music Educators Journal*, 87(5), 22–68.
- Flores, J. M., & Homa, A. I. R. (2022). Robótica Educacional: uma proposta com LEGO Mindstorm Ev3 Education. In *XIV Encontro Nacional de Educação Matemática*. São Paulo.
- Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127.
- Furner, J. M., & Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(3), 185–189. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75397>
- Groenwald, C. L. O. (2019). Refletindo sobre a inclusão das tecnologias digitais na formação inicial de professores de matemática. In *XVI Conferencia interamericana de Educación Matemática*. Madellín, Colombia.
- Homa, A. I. R. (2019). Robotics Simulators in STEM Education. *Acta Scientiae*, 21(5), 178–191. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5417>
- Jacobs, H. H. (1989). *Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation*. (H. H. Jacobs, Ed.) (Vol. 8). Alexandria, VA: Edwards Brothers.
- Kaye, A. D., & Urman, R. D. (2017). *Perioperative Management in Robotic Surgery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- King, K. P., & Wiseman, D. L. (2001). Comparing science efficacy beliefs of elementary education majors in integrated and non-integrated teacher education coursework. *Journal of Science Teacher Education*, 12(2), 143–153. <https://doi.org/10.1023/A:1016681823643>
- Koirala, H. P., & Bowman, J. K. (2003). Preparing middle level preservice teachers to integrate mathematics and science: Problems and possibilities. *School Science and Mathematics*, 103(3), 145–154.
- Levy, P. (1998). *¿Qué es lo virtual?* Barcelona: Paidós.
- Lévy, P. (1993). *As Tecnologias da Inteligência - O futuro do pensamento na era da informática*. (tradução de C. I. da Costa, Ed.).
- Márquez, J. E., & Ruiz, J. H. (2014). Robótica Educativa aplicada a la enseñanza básica secundaria. *Didáctica, Innovación y Multimedia*, (Dim), 1–12. Retrieved from <http://dim.pangea.org/revistaDIM30/revista30ARrobotica.htm>
- Mitre, S. M., Siqueira-Batista, R., Girardi-de-Mendonça, J. M., De Moraes-Pinto, N. M., Meirelles, C. D. A. B., Pinto-Porto, C., ... Hoffmann, L. M. A. (2008). Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: Debates atuais. *Ciencia e Saude Coletiva*, 13(SUPPL. 2), 2133–2144. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000900018>
- Morrison, J. (2006). TIES STEM Education Monograph Series: Attributes of STEM Education - The Student, The Academy, The Classroom. *Teaching Institute for Essential Science*, 6, 0–6.
- Papert, S. A. (1985). *LOGO: Computadores e Educação*. São Paulo: Brasiliense.
- Roman, H. T. (2016). *Why STEM is Important*. Washington, D.C.: IEEE-USA.

- Santos, B. P., Alberto, A., Lima, T. D. F. M., & Santos, F. M. . (2018). Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4(1), 13.
- Smith, J., & Kidwell, K. (2000). The Interdisciplinary Curriculum: A Literary Review and a Manual for Administrators and Teachers. *Educational Resources Information Center (ERIC)*, (ED443172), 1–69.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Wu, Y., & Anderson, O. R. (2015). Technology-enhanced STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 245–249. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0041-2>

Joseane Marques Flores: Graduada en Matemáticas por la Universidad Luterana de Brasil (2021), máster en Ciencias y Enseñanza de las Matemáticas por la Universidad Luterana de Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-7851-7275>. joseanemarques_flores@hotmail.com.

Agostinho Iaqchan Ryokiti Homa: Profesor del Programa de Posgrado en Enseñanza de Ciencias y Matemáticas de la Universidad Luterana de Brasil. Desarrolla investigaciones sobre tecnologías en Educación Matemática. Graduado y n Matemáticas Aplicadas a la Informática de la Universidad Luterana de Brasil (2008), e doutor en Enseñanza de Ciencias y Matemáticas de la Universidad Luterana de Brasil(2019). <https://orcid.org/0000-0002-5771-1319>. iaqchan@hotmail.com .