

Química de metales y disposición de residuos electrónicos: una secuencia didáctica en secundaria

Metal Chemistry and Electronic Waste Disposal: a Teaching Sequence in Secondary Education

João Pedro Mardegan Ribeiro¹

Resumen

Este trabajo pretende aplicar una secuencia didáctica, mediante la enseñanza basada en la investigación, que contextualice el creciente descarte inadecuado de dispositivos electrónicos y los innumerables daños a la salud humana y al medioambiente. La actividad se realizó con estudiantes de 1º año de secundaria en una escuela pública estatal del interior del estado de São Paulo, Brasil. Se llevó a cabo en la disciplina Prácticas de Ciencias Experimentales. Para tal efecto, estudiantes de posgrado en el área de enseñanza de las ciencias desarrollaron la secuencia didáctica y dos docentes (Física y Química) la aplicaron en la escuela junto a los cuarenta estudiantes. El instrumento de recolección de datos estuvo constituido por los materiales producidos por los estudiantes y las presentaciones realizadas. Así, con base en los resultados obtenidos, se observa que esta secuencia de actividades brindó a los estudiantes la oportunidad de comprender más sobre los daños que genera la disposición inadecuada de los residuos electrónicos, así como los conceptos químicos y físicos asociados.

Palabras clave: Química ambiental, Educación Básica, Argumentación, investigación, e-waste.

Abstract

This study aims to apply a teaching sequence, based on inquiry-based learning, that contextualizes the growing improper disposal of electronic devices and the numerous harms to human health and the environment. The activity was carried out with first-year secondary school students at a public state school in the interior of the state of São Paulo, Brazil. It was implemented in the course Experimental Science Practices. For this purpose, graduate students in the field of science education developed the teaching sequence, and two teachers (Physics and Chemistry) applied it at the school together with forty students. Data collection was based on the materials produced by the students and the presentations they delivered. Based on the results obtained, it was observed that this sequence of activities provided students with the opportunity to gain a deeper understanding of the damage caused by the improper disposal of electronic waste, as well as the associated chemical and physical concepts.

Keywords : environmental chemistry, basic education, argumentation, inquiry, e-waste.

CÓMO CITAR:

Mardegan Ribeiro, J. P. (2026, enero-marzo). Química de metales y disposición de residuos electrónicos: una secuencia didáctica en secundaria. *Educación Química*, 37(1). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2026.1.91284>

¹Secretaría de Educación de São Paulo Brasil.

Introducción

Actualmente, las investigaciones científicas han reportado que, con la creciente evolución en el uso de materiales tecnológicos, también existe una gran cantidad de desechos electrónicos que se desechan, como teléfonos celulares, cargadores, cables, auriculares, computadoras y portátiles. La eliminación de residuos electrónicos puede liberar metales pesados volátiles como el mercurio, el plomo y el cadmio, así como compuestos orgánicos volátiles, liberados por la quema de plásticos presentes en cables, carcasas y placas electrónicas, que pueden contaminar el agua y el suelo.

Además, esta eliminación ha tenido como consecuencia numerosos impactos sobre el medio ambiente y la salud de las personas. Por ello, es necesario que la gente comprenda la importancia de disponer correctamente de dichos residuos y los efectos que esto tiene en la calidad de vida de las personas, buscando formar jóvenes más conscientes.

Así, según Ogunseitan et al. (2009), este tipo de residuos constituyen uno de los mayores desafíos en la actualidad, ya que existe un consumo creciente de equipos electrónicos por parte de la sociedad en su conjunto, ya que estos son vistos como sinónimo de calidad de vida. Con este importante consumo se produce también un considerable desperdicio, ya que son fácilmente sustituidos por materiales más modernos y sofisticados, pretendiendo satisfacer los deseos de una sociedad consumista.

Además, los residuos electrónicos están vinculados a numerosos problemas socioambientales, ya que contaminan el agua y el suelo, además de ser capaces de liberar sustancias tóxicas a la atmósfera. Por lo tanto, son altamente contaminantes. Además, Lopes (2009) destaca que la bioacumulación de metales pesados en los órganos y tejidos de los seres vivos está directamente relacionada con factores bióticos y abióticos adversos, como el hábitat en que residen, la forma química en que se encuentran los metales, el pH, la temperatura y las condiciones particulares de los propios seres, como la masa corporal, el sexo y la edad.

Dadas las razones mencionadas anteriormente, la enseñanza de conceptos relacionados con la disposición final de residuos sólidos, en lo que respecta a los residuos electrónicos, adquiere cada vez mayor importancia en el escenario nacional. Por ejemplo, el tema de la Olimpíada Regional de Química de São Paulo 2022 fue “Procesos químicos para el reciclaje de residuos electrónicos” y, en la etapa inicial, una de las fases fue escribir un ensayo sobre el tema. Esto se debe a que este tipo de residuos contiene muchos metales pesados.

Según la evidencia de De Sá et al. (2023), el uso de metales pesados se ha convertido cada vez más en parte de la realidad de gran parte de la población, pero el conocimiento sobre estos metales y sus riesgos para la salud es bajo; por lo tanto, este tema debe ser abordado en las clases de química con el fin de brindar espacios para que cada vez más ciudadanos comprendan esta dinámica.

Así, para Lima y Merçon (2011), discutir los metales pesados en el contexto escolar permite numerosas discusiones sobre contenidos de la química, como clasificaciones periódicas de elementos, funciones y reacciones inorgánicas, equilibrio químico, electroquímica y reacciones orgánicas. Además, dichos conceptos pueden involucrar discusiones de naturaleza social y hechos que pueden estar directamente vinculados con la vida de las personas. Además, para los autores, abordar los metales pesados puede ser una estrategia que potencie la formación de estudiantes con pensamiento crítico y compromiso ciudadano.

En el trabajo de Monteiro y Vasconcelos (2022), por ejemplo, los autores desarrollaron una secuencia didáctica que trabajó con el tema Metales Pesados, con estudiantes de 1º año de secundaria, utilizando el cómic de Wolverine. Destacaron que, al ser un enfoque que permitió discusiones contextualizadas en una perspectiva sociocultural, fue posible trabajar con los conceptos y propiedades de los metales, así como las implicaciones sociales, culturales, económicas, ambientales y de salud. Además, el enfoque hizo que los estudiantes comprendieran los conceptos involucrados y también sus conexiones con la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Todavía, al trabajar con investigaciones sobre contaminantes y también sustancias tóxicas, como indican Villatoro y Reynoso (2025), ayudan a capacitar a los estudiantes para identificar los agentes contaminantes y trabajan para concientizarlos, y concientizar a sus compañeros, de los daños que estos causan a la salud humana, y buscar cambios en sus prácticas diarias.

Por ello, con este pensamiento en mente, se creó una secuencia de enseñanza investigativa que abarca la enseñanza de metales pesados en el contexto de la eliminación de residuos electrónicos. Además, al aplicar una Secuencia de Enseñanza Investigativa, Araujo et al. (2022) afirman que hubo una profundización, por parte del alumnado, de los conceptos estudiados, y una gran evolución del alumnado en cuanto al aprendizaje de los contenidos, diagnosticados a través de cuestionarios, además de haber ayudado al alumnado a saber argumentar de forma más crítica y también con más propiedad sobre los temas implicados, contribuyendo así a mejorar la argumentación del alumnado implicado en el proceso.

Ruta metodológica

Las Secuencias de Enseñanza Investigativa (SEI) de Bellucco y Carvalho (2014) se muestran como un importante recurso metodológico para la enseñanza de las ciencias, pues además de sistematizar resultados de investigaciones en el área, su aplicación está directamente relacionada con la motivación del estudiante para aprender.

Así, inicialmente la secuencia didáctica se desarrolló en el contexto de una disciplina denominada Didáctica de las Ciencias, en el contexto de un programa de posgrado en el área de Educación en Ciencias, en Brasil. La idea de desarrollar este modelo de actividad surgió con el objetivo de producir una secuencia didáctica que pudiera ser aplicada en la enseñanza de la química en la educación básica, principalmente en asignaturas de la parte diversificada del currículo, como son las Prácticas Experimentales. Además, esta secuencia didáctica se aplicó en un contexto de enseñanza real, en el que uno de los aplicadores era uno de los autores de la secuencia.

Para ello, se eligió el tema Eliminación de residuos electrónicos debido a su alcance e importancia en la actualidad. También se seleccionaron las estructuras de secuencia de enseñanza investigativa propuestas por Carvalho (2013), ya que, según el autor, este formato metodológico busca hacer la enseñanza más dinámica, significativa y centrada en el estudiante. Esta metodología está especialmente relacionada con la enseñanza de las ciencias, pero puede adaptarse a diferentes áreas de conocimiento.

Además, esta secuencia didáctica investigativa se propuso como una profundización en el contenido de metales, enfocándose en los metales pesados presentes en los residuos sólidos, principalmente presentes en los residuos electrónicos. El proyecto se desarrolló durante ocho clases de cuarenta y cinco minutos cada una, a lo largo de aproximadamente un mes. Se realizaron dos clases por semana en la disciplina Prácticas Experimentales, con cuarenta alumnos del 1º año de enseñanza media de una escuela pública ubicada en el interior del estado de São Paulo. La actividad realizada implica investigación científica con práctica en el campo teórico y formación conceptual.

La secuencia didáctica

Los objetivos de esta Secuencia de Enseñanza Investigativa fueron: 1) Evaluar los beneficios y riesgos para la salud y el medioambiente, considerando la composición y toxicidad; 2) Evaluar el nivel de exposición a diferentes metales; 3) Desarrollar una comprensión crítica de la eliminación de residuos electrónicos sólidos (e-waste) que contienen metales pesados, utilizando noticias e información recientes sobre la presencia de metales pesados en dispositivos electrónicos y de otro tipo. Y, con base en el Currículo Paulista (2019), se considerarán dos competencias, una de las cuales trata de la evaluación y predicción de los efectos de las intervenciones en los ecosistemas y sus resultados en términos de impactos sobre los seres vivos, y la otra que es evaluar los beneficios y riesgos a la salud humana, así como al medioambiente en relación con la toxicidad de materiales y productos, tomando posiciones críticas y proponiendo acciones individuales o colectivas.

Desarrollo SEI

Paso 1. Introducción al tema “metales pesados”. En esta etapa, los estudiantes discutieron el tema con sus compañeros y el docente, comprendiendo los conceptos involucrados y su contextualización a través de lecturas, discusiones, planteamiento de hipótesis e investigación.

Clase 1. Introducción al tema “metales pesados”: En esta primera clase se introdujo el tema al traer al aula un pequeño texto de divulgación científica de la Revista Fapesp sobre metales pesados. El texto es: Metales pesados en el Tietê (FAPESP, 2010). La lectura fue colectiva. Luego se propusieron las siguientes preguntas:

- a) “¿Sabes qué es un metal pesado?”
- b) “¿Qué productos consume usted que puedan contener metales pesados?”
- c) ¿Puede la eliminación incorrecta de estos metales causar daños a las personas y al medio ambiente?

Clase 2. Planteamiento de hipótesis: En esta clase, los estudiantes se dividieron en grupos de cuatro. Se les pidió que discutieran con sus compañeros y escribieran las hipótesis planteadas acerca de los metales pesados, así como los impactos ambientales,

sociales y en la salud humana relacionados con la eliminación inadecuada de equipos electrónicos y otros productos que contienen metales pesados. Para ello se utilizaron las siguientes problematizaciones:

1. “Si se desechan productos que contienen plomo en vertederos, se contaminarán el suelo y el agua”.
2. “Si los metales pesados de los productos electrónicos entran en la cadena alimentaria, pueden causar problemas de salud en las poblaciones humanas y animales”.

Clase 3. Lectura de noticias: En este momento, se proporcionaron a los estudiantes noticias recientes sobre la presencia de metales pesados en dispositivos electrónicos, y también los desafíos de la eliminación inadecuada. Inmediatamente después, se pidió a los estudiantes que leyeran, en grupos, los materiales proporcionados y resaltarán los puntos importantes, relacionándolos también con sus hipótesis inicialmente planteadas. La noticia fue:

Noticia 1. Inédito en Brasil, la ley que regula el reciclaje de residuos electrónicos cumple 15 años (ALESP, 2024).

Noticias 2. La levadura de cerveza ayuda a reciclar los residuos electrónicos (TERRA, 2024).

Clase 4. Prueba de hipótesis: En esta clase, los estudiantes llevaron a cabo una investigación, con el objetivo de ayudarlos a probar sus hipótesis. Para tal fin se utilizaron algunos temas orientadores:

- Investigación sobre los efectos de los metales pesados en la salud humana y el medio ambiente.
- Investigación sobre métodos de reciclaje y disposición adecuada de productos electrónicos y políticas de logística inversa.
- Datos sobre contaminación ambiental relacionada con la eliminación de residuos electrónicos.

Paso 2. Argumentación. En esta etapa se trabajó con argumentos científicos, en los cuales los estudiantes debían exponer los resultados de sus investigaciones, así como debatir con sus compañeros sobre los resultados obtenidos. Argumentando de la forma que consideraron apropiada y pertinente.

Clase 5. Argumentación científica: Inicialmente, el docente presentó a los estudiantes la estructura de la argumentación científica propuesta por Toulmin (2001), para que los alumnos fueran conscientes de cómo la presentación y debate de evidencias puede tener un sesgo más científico. Posteriormente, cada grupo deberá presentar sus hipótesis y los resultados de la investigación realizada. Luego de que todos presentaron sus trabajos, se realizó un debate en el aula. Se animó a los estudiantes a discutir con sus compañeros sobre la evidencia recopilada, presentada y compartida. También, en esta misma ocasión, se discutieron, utilizando la información recopilada, las posibles consecuencias de la inadecuada disposición de residuos electrónicos que contienen metales pesados.

Finalmente, a partir de las hipótesis planteadas, se dio espacio para su refinamiento de las hipótesis, es decir, los estudiantes, a partir de las nuevas ideas planteadas, podían refinar o reformular sus hipótesis iniciales.

Paso 3. Solución de problemas. En este punto, los estudiantes propondrán soluciones y alternativas a los datos y evidencias recolectadas, pensando en el contexto de las cuestiones socioambientales surgidas en las discusiones e investigaciones realizadas.

Clase 6. Producción de soluciones: Inicialmente, los estudiantes analizaron las hipótesis y también la información recolectada en el debate de ideas, y así desarrollaron soluciones. En esta solución, cada grupo propuso soluciones prácticas, con perspectivas de concientización, para el problema de la eliminación de residuos electrónicos que contienen metales pesados. Como forma de registrar la información, los estudiantes deberán elaborar un informe explicando el problema, las hipótesis planteadas, las evidencias encontradas y también las soluciones propuestas.

Paso 4. Construcción del razonamiento proporcional. En esta etapa, el docente orientó a los estudiantes para formular razonamientos condicionales para sus argumentos, mejorando lo ya discutido sobre la argumentación científica, y también se realizó la presentación final de los trabajos.

Clase 7 y 8. Razonamiento proporcional y presentación de resultados: Inicialmente, el docente guiará a los estudiantes en la formulación de razonamientos condicionales, a partir de las ideas y conceptos que se han apropiado, y luego, se produjo la identificación y también la introducción de nuevos conceptos relevantes, como la bioacumulación, el reciclaje y el tratamiento de residuos. Finalmente, los estudiantes, en sus grupos, presentaron sus trabajos finales, basados en sus informes y con una redacción guiada por argumentos científicos y razonamiento condicional, demostrando cómo llegaron a las soluciones propuestas, y también la importancia de cada etapa del proceso investigativo. Luego de todas las investigaciones, se produjo un debate sobre los principales aspectos planteados por todos los grupos.

Resultados de la aplicación

Al iniciar la primera clase, la profesora organizó la sala en forma de media luna y, junto a los alumnos, leyó el texto de divulgación científica: metales pesados en el Tietê. Luego de la lectura, la docente propuso preguntas orientadoras. Los estudiantes, debido a las clases teóricas, ya sabían lo que eran los metales pesados. Dijeron que los metales pesados son elementos metálicos que tienen una alta densidad atómica (generalmente superior a 5 g/cm^3) y que, en general, son tóxicos para los organismos vivos incluso en pequeñas cantidades. Incluso citaron algunos ejemplos, como: plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), níquel (Ni). Estos metales se encuentran muy frecuentemente en residuos industriales, baterías y pinturas. Además, afirmaron que muchos de estos metales se acumulan en el organismo y en el medioambiente, lo que produce graves daños a la salud, como neurológicos, renales e incluso cáncer. En otras palabras, es evidente que los estudiantes ya traían conocimientos conceptuales sobre el tema.

Inmediatamente después, se discutió sobre los productos que se consumen diariamente y que pueden contener metales pesados. Los estudiantes manifestaron que algunos alimentos como el pescado y el marisco, como el atún, pueden contener mercurio; citó verduras y frutas que, si se cultivan en suelos contaminados, pueden contener plomo y cadmio. Así, el profesor se preguntó si, además de los alimentos, también deberían consumirse otros productos como los de belleza y los cosméticos. Los estudiantes

comentaron que los labiales, y especialmente los tintes para el cabello, pueden contener algunos metales pesados como plomo y cadmio, pero no lo sabían con certeza.

Respecto a la disposición incorrecta de metales para la salud de las personas y el medioambiente, los estudiantes mencionaron que este tema lo discutieron en clases teóricas, diciendo que al desechar incorrectamente productos que contienen metales pesados, como baterías, electrónicos, pinturas y celdas, se puede contaminar el suelo, el agua y el aire, además de que, con el tiempo, estos metales ingresan a la cadena alimentaria o al medioambiente donde las personas viven y trabajan. De esta forma, queda claro que los estudiantes ya tenían una concepción primaria acorde con lo que se espera de la literatura. Esto se debe a que los temas tratados en las clases de ciencias prácticas eran los mismos que los tratados en las áreas de química teórica.

Esta idea corrobora lo defendido por Barbosa y Oliveira (2015) de que las actividades prácticas y disciplinarias son momentos que brindan oportunidades para el perfeccionamiento de los conocimientos técnicos y conceptuales, y también contribuyen a una mayor conexión de los estudiantes con la propia realidad, ya que pueden experimentar y practicar acciones que dialogan con los conceptos estudiados.

En la segunda clase, el docente dividió a los estudiantes en diez grupos de cuatro. Les pidió que discutieran con sus compañeros y plantearan cuestiones sobre los metales pesados y sus impactos ambientales, sociales y en la salud humana relacionados con la disposición inadecuada de equipos electrónicos. Todo esto debía hacerse guiados por las problematizaciones. Al observar los textos producidos por los estudiantes, todos los trabajos escritos por ellos respondieron a las preguntas propuestas en las oraciones problematizadoras.

En la tercera clase, en los mismos grupos que la clase anterior, se proporcionó a los estudiantes la noticia antes mencionada. Y éstos, al leer la noticia, hicieron un resumen de los principales conceptos planteados, creando hipótesis sobre las implicaciones de la contaminación por metales tóxicos sobre el medioambiente y la salud de la población. En la cuarta clase, el profesor planteó algunas preguntas a los alumnos, pero les dejó libertad para llevar a cabo investigaciones para comprobar las principales hipótesis e ideas planteadas.

La quinta clase inició la etapa 2, que es la preparación de argumentos científicos. Inicialmente, el docente presentó el modelo de argumentación propuesto por Toulmin (2001), y los grupos presentaron los resultados de sus investigaciones, y posteriormente, de forma colectiva, se realizó un debate sobre los resultados obtenidos.

Los estudiantes trajeron numerosas preguntas y argumentos para debatir en clase, y manifestaron, una vez más, que las clases prácticas estaban contribuyendo al mejoramiento de los conocimientos articulados en la disciplina teórica de Química. Los grupos destacaron que la disposición inadecuada de residuos electrónicos (e-waste), como celulares, computadoras, televisores y baterías, debido a la presencia de metales pesados, puede resultar en numerosos daños al medioambiente.

Respecto a la contaminación del suelo, el grupo G1 manifestó: *Creemos que los equipos electrónicos que utilizamos diariamente contienen metales pesados, como plomo y mercurio, y al ser desechados en la basura común, y llevados a vertederos o basureros, estos metales pueden filtrarse al suelo, contaminándolo y volviéndolo peligroso para los animales y los humanos.*

El grupo G2 abordó la cuestión de la contaminación del agua. Según ellos: *Los equipos electrónicos contienen metales pesados, y cuando estos metales llegan al nivel freático, contaminan ríos y lagos y hacen que el agua no sea apta para el consumo. Todo esto afecta la vida acuática y pone en riesgo la salud de las especies que viven en el agua, así como de quienes las consumen.*

El grupo 3 discutió la contaminación del aire, afirmando: *Cuando se queman componentes electrónicos en el intento de recuperar algunos metales, se liberan gases tóxicos, y estos gases son altamente contaminantes y contribuyen significativamente al aumento del efecto invernadero, cuando hablamos de medioambiente, y a los problemas respiratorios, cuando hablamos de daños a la salud de las personas.*

El grupo 4 discutió los impactos sobre la biodiversidad, señalando: *La contaminación por metales tóxicos, que se origina por la disposición inadecuada de los residuos electrónicos, contamina el suelo y el agua. Esto afecta a la fauna y la flora de los lugares donde fueron desechados, lo que puede provocar la muerte de innumerables especies y resultar en el desequilibrio de los ecosistemas.*

Al inicio de la sexta clase, los estudiantes formularon hipótesis sobre lo ocurrido basándose en las notas tomadas por los grupos durante el debate de ideas. También propusieron soluciones prácticas con el objetivo de concientizar a la comunidad y minimizar la problemática y los efectos del descarte de residuos electrónicos que contienen metales pesados. Para ello, los estudiantes elaboraron informes explicando el problema, las hipótesis planteadas a lo largo de las investigaciones y la propuesta de intervención.

En la etapa cuatro, a partir del séptimo grado, la docente orientó a todos los grupos a formular la propuesta de trabajo utilizando el razonamiento condicional y utilizando argumentos científicos para darle mayor coherencia a la información. Así, en la octava clase, cada uno de los grupos presentó los informes elaborados y las principales ideas planteadas, lo que culminó en un debate colectivo sobre cómo se podrían implementar las acciones en el ámbito escolar.

Entre las ideas desarrolladas por el alumnado destacan: 1) Creación de campañas de concienciación, realizando carteles por el centro educativo, realizando charlas a cargo de alumnos del centro de estudiantes o agentes externos, así como concursos para recaudar fondos, y también utilizando las redes sociales del centro, como Facebook e Instagram, para difundir información sobre los problemas de la eliminación incorrecta de los residuos electrónicos y los puntos de eliminación adecuados. 2) Creación de espacios de recogida en toda la ciudad, y principalmente en la escuela, con la instalación de cajas en el aula para recoger los aparatos electrónicos, con competición entre aulas para ver quién recoge más y también orientación sobre lo que se puede desechar y lo que no; 3) Firmar un convenio entre el colegio y empresas que trabajan con reciclaje para donar artículos; 4) Organizar en la escuela un día denominado “Día del Descarte”, en el que ese día, mediado por un concurso sobre el tema, todos los miembros de la comunidad escolar lleven sus equipos electrónicos en desuso para su descarte; 5) Desarrollar proyectos en la escuela integrando conocimientos de las más diversas disciplinas para trabajar la Educación Ambiental.

Con estas ideas, queda claro que los estudiantes comprendieron la importancia de disponer adecuadamente estos residuos, y pensaron en acciones que se pueden realizar en el contexto escolar. En el informe se observa que los elementos de argumentación

científica propuestos por Toulmin (2001) estuvieron presentes, ya que los estudiantes, al argumentar a favor de sus ideas e hipótesis, presentaron numerosos argumentos basados en hechos científicos, con sustento y conclusiones, además de que se observa que existe, en el discurso escrito de los estudiantes, un alto conocimiento conceptual, evidenciando que fueron capaces de apropiarse de los conocimientos científicos discutidos durante estas ocho clases.

Además, al aplicar este plan de lección, el desarrollo en la disciplina de Prácticas Experimentales ayudó a los estudiantes a comprender los conceptos químicos asociados. Esto mejoró el desempeño en la disciplina teórica, ya que los temas tratados en ambas fueron los mismos. De esta forma, las clases prácticas actuaron como complemento a las clases teóricas. Además, en el examen oficial propuesto por el gobierno para medir el índice de aprendizaje en el bimestre, había una pregunta sobre la disposición de residuos electrónicos entre las seis preguntas de química. Todos los estudiantes de la clase lograron acertar, lo que demostró que efectivamente hubo aprendizaje conceptual del tema, además de las disposiciones prácticas.

Consideraciones finales

Esta Secuencia de Docencia Investigativa se desarrolló en el ámbito de una disciplina de un programa de posgrado del área de Educación para las Ciencias, como uno de los trabajos finales de la disciplina. La propuesta se desarrolló considerando que las cuestiones socioambientales han cobrado cada vez mayor relevancia debido al cambio climático y las consecuencias sociales que afectan cada vez más al planeta y sus poblaciones. Así como las sociedades han ido haciendo cada vez más uso de dispositivos electrónicos y los han desechado de forma inapropiada, contaminando el suelo y el agua, provocando daños a la salud de los seres vivos.

Además, este plan fue desarrollado como una propuesta y material de enseñanza, y en el futuro se espera que sea utilizado en el contexto de la enseñanza de la Química, principalmente en asignaturas como Prácticas Experimentales, buscando formar jóvenes que comprendan todos los problemas socioambientales resultantes de la disposición inadecuada de estos residuos y busquen soluciones prácticas y reflexivas para intentar revertir este escenario.

También es importante destacar que el producto final elaborado por los estudiantes fue un informe que proponía acciones prácticas y de concientización que podrían realizar en la escuela. Por tanto, el siguiente paso es poner en práctica las acciones propuestas por los estudiantes y analizar la aplicación de los proyectos y también cómo fueron aceptados por la comunidad escolar.

Así, se observa que el desarrollo de esta secuencia de actividades, conforme lo indican los resultados en la clase práctica, favoreció la profundización de las discusiones, por los estudiantes sobre el tema abordado, mejorando también la argumentación científica, tanto mediada por el diálogo como por escrito, y también pudieron comprender efectivamente el tema, ya que en el examen oficial respondieron correctamente la pregunta que trabajaba con el tema.

Referencias

- Araujo, B., da Silva Santos, A. J., Júnior, J. D. J. G. V., & Silva, A. L. P. (2022). pH de cosméticos e sua analogia com o pH biológico: uma abordagem investigativa no ensino de Química. *Pesquisa em foco*, 27(2).
- Barbosa, F. G., & de Oliveira, N. C. (2015). Estratégias para o Ensino de Microbiologia: uma Experiência com Alunos do Ensino Fundamental em uma Escola de Anápolis-GO. *Revista De Ensino, Educação E Ciências Humanas*, 16(1), 5-13. <https://doi.org/10.17921/2447-8733.2015v16n1p5-13>.
- Bellucco, A., & de Carvalho, A. M. P. (2014). Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(1), 30-59.
- Carvalho, A. M. P. D. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 1, 1-19.
- da Silva Monteiro, N., & Vasconcelos, F. C. G. C. (2022). Discussões sobre Metais em Sala de Aula utilizando a História em Quadrinhos (HQ) do Wolverine. *Revista Debates em Ensino de Química*, 8(1), 145-166.
- de Sá, J. C. P. P., Almeida, I. N. R., Filha, V. L. D. S. A., de Oliveira Santos, A., Silveira, K. B., & de Lima, E. A. (2023). METAIS PESADOS E MEIO AMBIENTE: ENSINANDO A LIDAR COM OS METAIS NO MUNDO MODERNO. *Jornada de Iniciação Científica e Extensão*, 17(1).
- Lopes, A. M. R. M. (2009). *Avaliação da contaminação em metais pesados no pescado: análise da situação do pescado comercializado em Portugal e dos alertas emitidos pelo sistema RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed)* (Master's thesis, Universidade NOVA de Lisboa (Portugal)).
- Moura, F. (2024). Inédita no Brasil, Lei que regulamenta reciclagem do lixo eletrônico completa 15 anos. ALESP. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?05/07/2024/inedita-no-brasil-lei-que-regulamenta-reciclagem-do-lixo-eletronico-completa-15-anos>. Acesso em 31 agost./2024.
- Ogunseitan, O. A., Schoenung, J. M., Saphores, J. D. M., & Shapiro, A. A. (2009). The electronics revolution: from e-wonderland to e-wasteland. *Science*, 326(5953), 670-671.
- Revista Fapesp. Metais pesados no Tietê. (2010). Pesquisa Fapesp. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/metais-pesados-no-tiet%C3%AA/>. Acesso em 06 jun. 2024.
- São Paulo (Estado). Secretaria da Educação. (2019). *Currículo Paulista: Etapas do Ensino Fundamental e Médio*. São Paulo: SEE-SP. Recuperado de <https://www.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/>
- Villatoro, F.A.; Reynoso, J.A.G. Propuesta didáctica sobre evaluación de riesgos para la salud de las sustancias tóxicas atmosféricas. *Educación Química*, v. 36, n. 1, p. 41-52. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/88739>