

# La Educación STEM en Química: un enfoque colaborativo para la realización de actividades de laboratorio a distancia

José Luís Araújo 

*Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,  
Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro. Portugal.*

*[jlaraujo@ua.pt](mailto:jlaraujo@ua.pt)*

Carla Morais 

*CIQUP, IMS, Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade de  
Porto. Portugal. [cmorais@fc.up.pt](mailto:cmorais@fc.up.pt)*

[Recibido: 31 julio 2024, Revisado: 30 noviembre 2024, Aceptado: 25 diciembre 2024]

**Resumen:** Los elevados costos del equipo y mantenimiento de los laboratorios de Química son un obstáculo para la enseñanza de calidad de esta ciencia. Sin embargo, la emergencia de herramientas tecnológicas de fácil uso y bajo costo ayuda a mitigar este problema. Así, se presenta una propuesta STEM para la exploración de una destilación de forma colaborativa, en un laboratorio a distancia con la transmisión y la compartición de los datos en línea, en directo. El enfoque fue analizado por 4 profesores de Mozambique que, en ese contexto, destacan positivamente el potencial intercambio de conocimientos entre escuelas y culturas y, negativamente, la falta de medios tecnológicos en las escuelas para su realización. Reconocen gran potencial para la implementación en la educación superior, ya que las instituciones tienen mejores recursos. De este modo, pueden promoverse experiencias de aprendizaje más ricas para todos los involucrados.

**Palabras clave:** Destilación fraccionada; Educación en Química; Educación STEM; Laboratorio a Distancia; Tecnologías de la Información y Comunicación.

## STEM Education in Chemistry: A Collaborative Approach for Conducting Remote Laboratory Activities

**Abstract:** The high costs of equipment and maintenance for Chemistry laboratories are a barrier to quality education in this science. However, the emergence of user-friendly and low-cost technological tools helps to mitigate this problem. This paper presents a STEM proposal for exploring distillation collaboratively in a remote laboratory with live data transmission and sharing online. The approach was analyzed by four teachers from Mozambique who, in that context, highlighted the positive potential for knowledge exchange between schools and cultures and the negative lack of technological means in schools for its implementation. They recognize great potential for implementation in higher education, as institutions have better resources. Thus, richer learning experiences can be promoted for all participants.

**Keywords:** Chemistry Education; Fractional Distillation; Information and Communication Technologies; Remote Laboratory; STEM Education.

---

**Para citar este artículo:** Araújo, J. L. y Morais, C. (2025) La educación STEM en Química: un enfoque colaborativo para la realización de actividades de laboratorio a distancia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 22(1), 1201. doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2025.v22.i1.1201

---

## Introducción

En una sociedad en la que la Ciencia y la Tecnología desempeñan un papel cada vez más relevante, la Educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) surgió como un esfuerzo de los responsables políticos y educadores para garantizar que los

estudiantes tracen su futuro en áreas relacionadas con la Ciencia y la Tecnología, capacitándolos para enfrentar los desafíos del mundo contemporáneo, cada vez más global y tecnológico. La Educación STEM busca, por tanto, una integración entre diferentes áreas científicas, con el objetivo de promover un aprendizaje interdisciplinario activo y el desarrollo de competencias y capacidades. Adicionalmente, este enfoque pedagógico promueve también la comprensión sobre el mundo real y el desarrollo de las alfabetizaciones científica y tecnológica, que son consideradas competencias esenciales para la Educación del siglo XXI (Bybee, 2010; Jang, 2016; Salonen et al., 2017; Struyf et al., 2019). Particularmente, en el contexto de la Educación en Química, este enfoque resulta muy relevante, ya que proporciona una comprensión esencial de los contenidos y procesos de la Química que sustentan muchos aspectos de la vida cotidiana y las innovaciones tecnológicas.

Para involucrar activamente a los estudiantes en un enfoque de Educación STEM, «se asume generalmente que es necesario un cambio hacia ambientes de aprendizaje más centrados en el estudiante» (Struyf et al., 2019, p. 1388). Por tanto, un enfoque STEM debe basarse en una metodología de enseñanza activa, promoviendo «la comprensión de los estudiantes sobre cómo funcionan las cosas y mejorar su uso de tecnologías» (Bybee, 2010, p. 996), trayendo también la ciencia al aula y al proceso de aprendizaje, ya que la ciencia promueve el desarrollo de competencias en contextos reales que son esenciales en la sociedad contemporánea (Bybee, 2010; Jang, 2016; Salonen et al., 2017; Dare et al., 2019; Struyf et al., 2019). Además, la participación de los estudiantes en estas dinámicas de aprendizaje promueve el desarrollo de las alfabetizaciones científica en general, y química en particular, y tecnológica, así como la motivación para el aprendizaje y para seguir trayectorias futuras en estas áreas (NRC, 2011, 2012; Dare et al., 2019; Kohen et al., 2020).

Dentro de las áreas STEM, la Tecnología asume, quizás, el papel más impactante en la sociedad contemporánea - véanse, por ejemplo, los avances recientes de la Inteligencia Artificial y su significativo impacto social (Cowls, 2021). En este sentido, cada vez más se exige a nuestros jóvenes que dominen alfabetizaciones digitales y tecnológicas (Chonkaew et al., 2016) y, como tal, la introducción de la tecnología en las aulas de Ciencias sigue una trayectoria natural.

Con los avances de la tecnología, más y mejores recursos educativos digitales están a disposición de estudiantes y profesores que permiten enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. La Química es la ciencia de laboratorio por excelencia. Por lo tanto, el trabajo de laboratorio y la experimentación constituyen estrategias fundamentales para promover una Educación en Química de calidad. La exploración de estos recursos digitales - por ejemplo, simulaciones computacionales, softwares para la creación de modelos moleculares o laboratorios virtuales - permiten complementar y mejorar el aprendizaje conceptual y procesal de esta ciencia. Sin embargo, uno de los principales obstáculos para la enseñanza de laboratorio en Química es el alto costo asociado al uso de un espacio dedicado - el laboratorio - con material especializado y equipo y condiciones de seguridad adecuados, la compra de reactivos - que son consumibles - y la adecuada eliminación de residuos (Salta et al., 2022, p. 2563). Otros equipos como, por ejemplo, sensores y equipos de recolección automática de datos o análisis de muestras desempeñan un papel fundamental en un laboratorio de Química y su uso es, a menudo, restringido por su alto costo de adquisición y/o mantenimiento. En este sentido, es común que los laboratorios escolares enfrenten escasez o incluso falta de

materiales, equipos y reactivos para realizar las actividades de laboratorio propuestas en los manuales escolares. Este hecho puede ser un factor de desigualdad en el acceso a una educación de calidad en contextos socioeconómicos más desfavorecidos. Teniendo en cuenta estas potenciales dificultades, el profesor debe ser capaz de innovar, buscando utilizar recursos alternativos que permitan alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos en el currículo de la disciplina.

A este respecto, Arduino se revela como un recurso con gran potencial didáctico, ya que es un microcontrolador de fácil uso para quienes tienen pocos conocimientos de electrónica y programación que posibilita el uso de una gran diversidad de sensores de bajo costo, pero de gran precisión y fiabilidad (Papadimitropoulos et al., 2021; Pino et al., 2019), que pueden ser utilizados para explorar contenidos de Química a través de actividades prácticas en laboratorio. Por estos motivos, varios autores (por ejemplo, Morais y Araújo (2023), Araújo y Morais (2024), Kubínová et al. (2015), Papadimitropoulos et al. (2021), Pino et al. (2019)) consideran que el uso de Arduino en el laboratorio es una ventaja para la Educación en Química. Arduino permite controlar diferentes sensores y, combinándolo con diferentes herramientas TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) para la recolección y tratamiento de datos y transmisión vía Web, es posible desarrollar una dinámica similar a la de un laboratorio virtual usando equipos de bajo costo, con un nivel de conocimientos de electrónica y programación del usuario no muy elevado.

Por lo tanto, en estas situaciones *emergentes*, es decir, en las que la enseñanza de laboratorio de Química no puede llevarse a cabo, los laboratorios virtuales se perfilan como un recurso educativo provechoso tanto para potenciar el aprendizaje de esta ciencia como para promover estrategias de enseñanza colaborativa y cooperativa que pueden llevarse a cabo a distancia (Wu et al., 2004), permitiendo el intercambio de experiencias y conocimientos entre estudiantes de diferentes regiones y culturas. Y teniendo Portugal estrechos lazos de colaboración con otros países, en especial con los Países Africanos de Lengua Oficial Portuguesa (PALOP), estas estrategias de enseñanza podrían presentarse como una vía fructífera para fortalecer esa relación, posibilitando un enriquecimiento científico-cultural importante para la formación de los estudiantes, alineándose también con los objetivos establecidos en el Perfil de los Estudiantes al Finalizar la Escolaridad Obligatoria (DGE, 2017), cuando se refiere al conocimiento, interpretación y «disfrute de diferentes realidades culturales, para el desarrollo de [su] expresividad personal y social» (p. 28).

## **Destilación: una actividad de laboratorio remoto**

En Portugal, el currículo de Química de la Educación Básica y Secundaria tiene un carácter fuertemente laboratorial/experimental desde el primer hasta el último año en que se imparte esta ciencia. Por ejemplo, en el 7.º año (primer año de la escolaridad obligatoria en el que se imparte Química), los Aprendizajes Esenciales (que son uno de los documentos curriculares vigentes para la disciplina de Química) incluyen el subdominio *Separación de las sustancias de una mezcla*, donde se indica que el estudiante debe ser capaz de «identificar técnicas para separar componentes de mezclas homogéneas y heterogéneas y efectuar la separación utilizando técnicas de laboratorio básicas, seleccionando el material necesario y comunicando los resultados» (DGE, 2018a, p. 10). Para atender a estos objetivos de aprendizaje, se recurre, entre otras técnicas, a la realización de una destilación simple, como técnica de separación de los componentes de una mezcla homogénea de líquidos con diferentes puntos de ebullición.

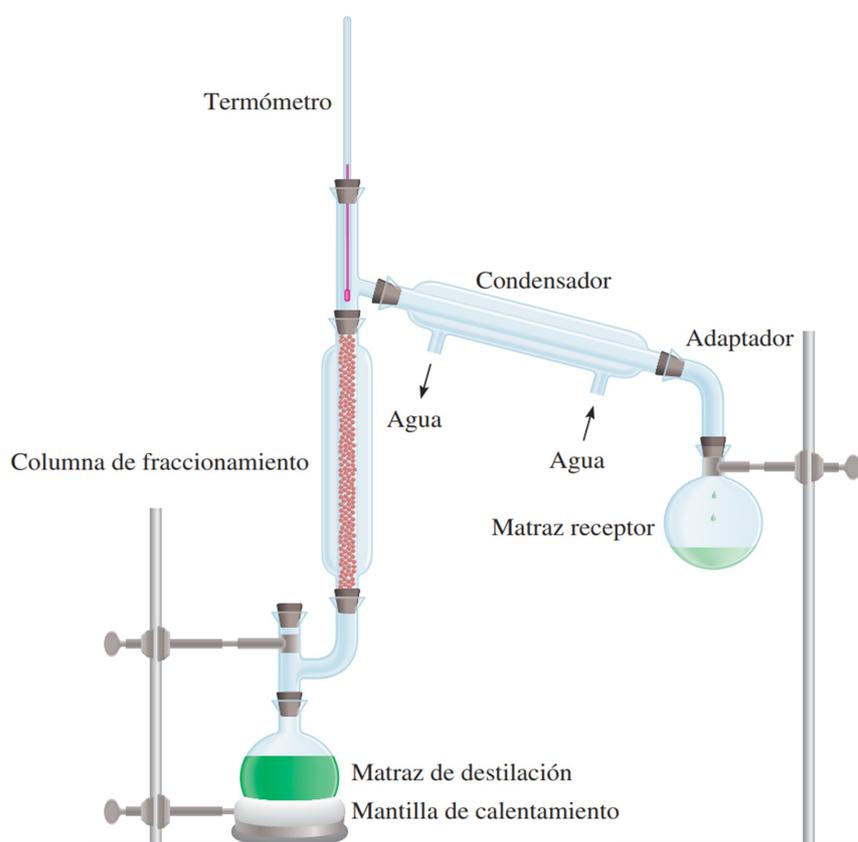
Por otro lado, en el 12.º año de escolaridad (último año de escolaridad en el que se imparte Química), los Aprendizajes Esenciales de esta disciplina incluyen el subdominio *Combustibles Fósiles*, donde se propone que los estudiantes deben ser capaces de utilizar la «técnica de destilación fraccionada para obtener las principales fracciones de una mezcla de tres componentes, formulando hipótesis, evaluando los procedimientos y comunicando los resultados» (DGE, 2018b, p. 9).

La destilación es una técnica de laboratorio central en la (Educación en) Química con gran relevancia histórica y sociocultural, tal como se refleja en el currículo de esta disciplina en diferentes países (por ejemplo, ACARA (2018), Department for Education (2015), DGE (2018a), Direção do Ensino Básico e Secundário (2019), INDE (2007)). La destilación tiene orígenes prequímicos, habiendo sido desarrollada inicialmente por alquimistas, antes del siglo XVIII (Paiva et al., 2021), y que aún hoy se utiliza en los alambiques caseros o de las destilerías industriales o en la industria petroquímica. Recientemente, la destilación tuvo un papel muy importante en la obtención de etanol para la producción de alcohol en gel, tan buscado durante la pandemia de Covid-19 (Neufeud et al., 2020). En el laboratorio, el montaje experimental para la realización de una destilación - ya sea simple o fraccionada - requiere el manejo de material de vidrio específico y, muchas veces, sensible y susceptible a daños. Por este motivo, es frecuente que los estudiantes no realicen estas actividades de laboratorio propuestas en el currículo de la disciplina, o no las puedan explorar de forma autónoma por falta de material de laboratorio disponible o por temor a posibles rupturas.

Por estos motivos, nos pareció pertinente desarrollar una interacción didáctica similar a la de un laboratorio virtual, que, en caso de falta de material de laboratorio adecuado, permitiera a los estudiantes alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos en los documentos curriculares vigentes para la disciplina de Química y que, al mismo tiempo, proporcionara un momento de cooperación y de intercambio de saberes y/o de culturas entre estudiantes de diferentes entornos/lugares (como, por ejemplo, entre Portugal y los PALOP).

Así, a continuación, se presenta de forma detallada el material y los recursos utilizados que permitieron concretar esta propuesta de actividad de laboratorio remoto.

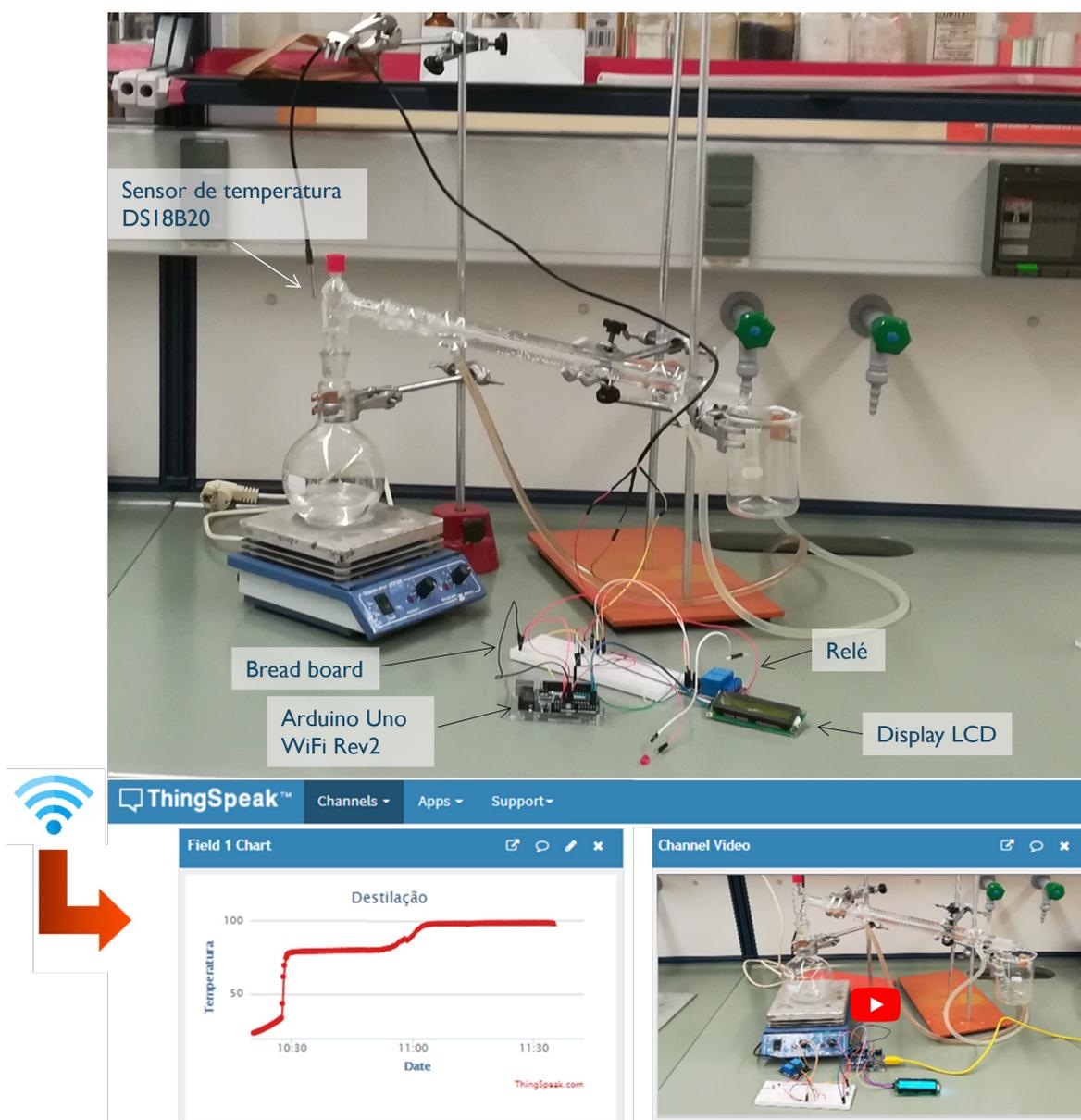
El aparato experimental propuesto se basa en un montaje experimental de una destilación fraccionada (o simple), que incluye una manta de calentamiento, un matraz de destilación con la mezcla a separar, una columna de fraccionamiento, un condensador, adaptadores, soportes universales con nueces y garras y, por ejemplo, un matraz de fondo redondo para la recolección del destilado, tal como se presenta en la figura 1.



**Figura 1.** Montaje experimental de una destilación fraccionada para separar los 3 componentes de una mezcla homogénea líquida (imagen adaptada de Chang y Goldsby, 2013, p. 537).

En la actividad de laboratorio remoto propuesta, el termómetro se sustituye por un sensor de temperatura (DS18B20) conectado a un microcontrolador Arduino UNO WiFi, tal como se esquematiza en la figura 2. El microcontrolador realiza una recolección automática de datos de la temperatura del vapor de la mezcla medida por el sensor en función del tiempo de calentamiento y, vía WiFi, transmite esta información a la plataforma ThingSpeak (<https://thingspeak.com/>), que puede ser accesada por cualquier usuario a través de la dirección web del canal de la actividad creado en esta plataforma.

Además de la presentación de los datos de temperatura en función del tiempo, la plataforma ThingSpeak también permite incrustar un vídeo, por ejemplo, de una transmisión en directo hecha por una webcam, vía YouTube, para que sea posible observar los procedimientos experimentales realizados y la evolución de la actividad experimental, mientras se recolectan los datos de la temperatura en función del tiempo de calentamiento. Además, utilizando, por ejemplo, una probeta para recolección del destilado, esta propuesta didáctica permite también, aunque de manera remota, observar/determinar el volumen de destilado obtenido.



**Figura 2.** Esquematización de la dinámica desarrollada para la actividad de laboratorio remoto (imagen de autoría propia).

Además del costo del material de laboratorio utilizado en un montaje tradicional de una destilación simple o fraccionada, los demás equipos utilizados (Arduino Uno WiFi, breadboard, sensor de temperatura, resistencia, cables de conexión y webcam), tienen un costo relativamente bajo, por lo que la implementación de esta propuesta en diferentes contextos educativos no se verá comprometida por el costo de adquisición de este material.

Así, teniendo estos aspectos en cuenta, la presente propuesta didáctica fue pensada para establecer una colaboración provechosa y una dinámica de aprendizaje enriquecedora entre estudiantes de diferentes escuelas portuguesas o incluso de otros países con contextos y culturas diferentes. Por un lado, en escuelas con las condiciones físicas, materiales y tecnológicas adecuadas podrían realizar la actividad y transmitirla, de forma remota y en directo, para otros estudiantes que no pudieran realizar la actividad por falta de medios,

permitiéndoles observar las técnicas de laboratorio empleadas y realizar el análisis y el tratamiento de los datos recogidos.

Es un hecho que la experiencia de aprendizaje será diferente para aquellos estudiantes que realizan la actividad que para aquellos que solo la visualizan, particularmente en lo que respecta a la dimensión procesal del conocimiento químico. Para los estudiantes que realizan la actividad, los objetivos de aprendizaje serán los mismos, independientemente de si existe o no colaboración con estudiantes de otros contextos. Sin embargo, para los estudiantes que no podrían realizar la actividad por falta de medios, desde el punto de vista del aprendizaje procesal de esta ciencia, esta dinámica es más provechosa que, por ejemplo, el análisis de un manual escolar, la visualización de un vídeo o la exploración de una simulación computacional, ya que estos estudiantes pueden observar en directo el uso del material de laboratorio y la ejecución de las técnicas de laboratorio por parte de sus compañeros, dándoles la oportunidad de recoger datos experimentales (también en directo) para poder proceder a su análisis, creando condiciones para reflexionar sobre posibles errores experimentales que puedan reflejarse en los resultados. No obstante, las potencialidades de esta propuesta didáctica van más allá de los dominios del aprendizaje procesal y conceptual de la Química relacionada con la separación de mezclas. Una de las dimensiones de esta propuesta que cabe destacar es el fomento del intercambio social y cultural, lo que promueve una formación más holística y global de los estudiantes.

En este sentido, y motivados por una visita a la Universidad Pedagógica de Maputo, nos pareció oportuno comprender cuál sería la percepción de los profesores mozambiqueños ante la implementación de esta actividad remota explorada en conjunto entre estudiantes portugueses y mozambiqueños, tal como se presenta con más detalle a continuación.

## Métodos

La actividad de laboratorio y la dinámica pedagógica subyacente que aquí se describió fue presentada a 3 Profesores y 1 Profesora de educación superior que trabajan con la formación inicial de profesores de Química en Mozambique, a quienes se les solicitó un feedback en forma de un análisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) (Puyt et al., 2023) de la dinámica presentada. Estos 4 profesores, durante aproximadamente 3 horas, tuvieron la oportunidad de realizar una simulación de la actividad de laboratorio remoto desarrollada, explorando, en particular, los equipos y plataformas tecnológicas utilizados para la implementación de esta actividad. Esto les permitió evaluar los puntos fuertes y débiles de la actividad/dinámica pedagógica propuesta, así como las oportunidades y limitaciones para su implementación en el contexto educativo de Mozambique. Este momento fue guiado por uno de los autores del trabajo, quien orientó a los profesores en la exploración de la actividad y resolvió las dudas que surgieron. En este sentido, después de la exploración de la actividad, se invitó a los 4 profesores mozambiqueños a responder a un breve cuestionario. Estos, voluntariamente, accedieron a la solicitud planteada. Entonces, se firmó un consentimiento informado donde se garantizaba el anonimato de los datos recogidos de acuerdo con el reglamento general de protección de datos.

El cuestionario presentaba 3 preguntas de respuesta abierta destinadas a recopilar la opinión de los profesores sobre las 4 dimensiones evaluadas en el análisis SWOT:

1. ¿Qué oportunidades identificaría para la implementación de este enfoque en una clase de Química en la educación secundaria o superior en Mozambique?

2. ¿Qué dificultades prevé que podrían surgir y que condicionen/impidan la realización de esta actividad en el contexto descrito?
3. ¿Qué otros puntos fuertes y débiles, relacionados con la viabilidad o calidad del enfoque propuesto, destacaría?

Adicionalmente, también se recogieron algunas notas de campo resultantes de los diversos momentos de interacción con estos Profesores, que sirvieron de complemento a los resultados del análisis SWOT realizado a través de la triangulación de datos.

El análisis del feedback de los Profesores se llevó a cabo mediante la técnica de análisis de contenido. En el análisis de contenido de estos registros se utilizaron procedimientos de análisis cerrados, con las categorías de análisis predefinidas a priori, de acuerdo con las 4 dimensiones – Fortalezas (Strengths), Debilidades (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) y Amenazas (Threats) – del análisis SWOT.

## Resultados

### Contextualización y limitaciones de la Enseñanza de la Química en Mozambique

Como consecuencia de su actividad profesional, estos Profesores poseen un gran conocimiento del funcionamiento de las escuelas del Educación Secundaria General (ciclo de estudios que comprende del 8.º al 12.º años de escolaridad) públicas y privadas de la región de Maputo, Mozambique. Así, antes del análisis de la propuesta, se les solicitó que hicieran una breve contextualización de la enseñanza de la Química en Mozambique, para que pudiéramos comprender mejor la realidad local.

Así, los Profesores consultados refirieron que la Química es introducida en el 8.º año de escolaridad (INDE, 2007) y tiene como objetivo principal desarrollar en los estudiantes la capacidad de interpretar el mundo desde el punto de vista científico, explicando fenómenos químicos que se observan en el día a día, y de reconocer y hacer uso del lenguaje químico. Transversalmente a los 5 años de escolaridad del Educación Secundaria General, el Programa Curricular de Química (INDE, 2007) privilegia la experimentación como una estrategia que, efectivamente, contribuye a la mejora de la calidad de la enseñanza. El currículo de Química menciona que el estudiante debe ser capaz de realizar experimentos utilizando material local y/o de fácil acceso y divulgar los resultados obtenidos en la comunidad. En este sentido, en cada una de las unidades temáticas, se proponen actividades experimentales que deben ser realizadas por los estudiantes usando material de diversa naturaleza: material de laboratorio, material casero/local, de bajo costo, de fácil acceso, etc.

Del 8.º al 10.º año de escolaridad, la asignatura de Química tiene una carga horaria de solo 2 horas por semana y de 3 horas por semana en los últimos 2 años de Educación Secundaria General, lo que, según los profesores consultados, impide, muchas veces, la enseñanza de todos los contenidos propuestos en el Programa Curricular de esta asignatura. Adicionalmente, todos los Profesores involucrados en este trabajo refirieron que la realización de actividades prácticas de laboratorio de Química está muy comprometida debido al elevado número de estudiantes en cada aula (en general, las clases tienen más de 60 estudiantes).

A este respecto, dos de los Profesores también destacaron otros inconvenientes relacionados con las deficientes condiciones de trabajo para llevar a cabo una enseñanza de la Química de calidad que también genera insatisfacción entre los profesores y afecta el

desempeño de los estudiantes. Específicamente, mencionaron la falta de laboratorios o de laboratorios equipados, aulas de dimensiones reducidas que no permiten trabajar de forma adecuada, la ausencia de equipos tecnológicos y de acceso a recursos educativos diferenciados. Estos Profesores también mencionaron que los bajos salarios que perciben los profesores de Educación Básica y Secundaria General en Mozambique son un factor relevante que genera descontento en el cuerpo docente y condiciona la calidad de la enseñanza en general, y de la enseñanza de la Química en particular, ya que muchos de estos profesores deben buscar otras actividades complementarias que les permitan mejorar su situación financiera, siendo que muchos terminan abandonando la profesión docente por este mismo motivo.

### **Análisis SWOT de la actividad remota**

#### *Aspectos positivos: Fortalezas y Oportunidades*

Sobre el análisis SWOT realizado, tres de los cuatro Profesores involucrados en este análisis señalaron como aspecto positivo de la actividad propuesta y de la respectiva dinámica pedagógica el hecho de ser un enfoque innovador que acompaña el cambio digital y tecnológico que enfrenta la sociedad contemporánea. Por ejemplo, a este respecto, un profesor destacó que la actividad de laboratorio propuesta es «interesante e innovadora frente a la realidad actual del mundo y de nuestro país (Mozambique) en particular, que asiste a una transición hacia una era más digital y tecnológica, con especial énfasis en la Educación» (Prof. A).

Todos los profesores también señalaron que esta actividad de laboratorio, aunque sea explorada a distancia, permite a los estudiantes alcanzar los objetivos de aprendizaje de Química propuestos. A pesar de que las actividades prácticas de laboratorio son esenciales para el aprendizaje conceptual y procesal de la Química (Bretz, 2019), la exploración de recursos digitales, como por ejemplo, un laboratorio virtual, tal como mencionan Wu et al. (2004), puede ser una alternativa razonable cuando hay limitaciones que impidan el uso del laboratorio. En este caso, como en el contexto mozambiqueño, las condiciones para la realización de actividades de laboratorio de Química son limitadas, la actividad de laboratorio remoto presentada constituye, según la opinión de los cuatro Profesores, una alternativa que permite a los estudiantes adquirir conocimientos procesales de Química, ya que permite la «demostración de equipos, materiales y procedimientos utilizados en la realización de la experiencia» (Prof. B) y les permite recopilar los datos experimentales para su posterior tratamiento y análisis. El Prof. B también destacó la posibilidad de utilizar el mismo enfoque en la enseñanza de otras ciencias experimentales, como, por ejemplo, la Física.

Adicionalmente, dos Profesores resaltaron que el enfoque permite el «intercambio de conocimientos entre estudiantes y profesores de diferentes contextos» (Prof. C), posibilitando la resolución de dudas, en directo, sobre el proceso (que no es posible realizar en un laboratorio virtual) y recopilar datos para que, posteriormente, puedan analizarlos y, por ejemplo, elaborar un informe sobre la actividad. En este sentido, el Prof. C también destacó que, debido a que la actividad «permite la grabación de la actividad y el almacenamiento de la información, los estudiantes o profesores podrán recurrir a esta información para, en otro momento, volver a explorar estos contenidos».

Sobre las oportunidades que la propuesta didáctica desarrollada ofrece, todos los Profesores enfatizaron la posibilidad de intercambio entre escuelas de diferentes regiones, lo que permite compartir contextos de aprendizaje diferentes que reflejan, muchas veces, la

cultura de cada lugar. En relación con esto, el Prof. A destaca que Mozambique «es un país rico en conocimientos locales y empíricos» y que la actividad de destilación propuesta podría contextualizarse con la «producción artesanal de aceites esenciales» o con la «fermentación alcohólica de bebidas tradicionales». También el Prof. D enfatiza el papel de la etnociencia en la enseñanza mozambiqueña, pues la cultura y la tradición aún son elementos muy presentes en la sociedad, destacando la importancia de la «conservación de la etnoquímica en el proceso de enseñanza y aprendizaje», y menciona su relevancia para el intercambio de conocimientos, culturas y experiencias que la dinámica en torno a la actividad de laboratorio remoto posibilita.

#### *Aspectos negativos: Debilidades y Amenazas*

Fue unánime en el análisis de los Profesores que las debilidades y las amenazas de este enfoque convergen en dos aspectos negativos comunes: falta de material y de medios tecnológicos, y elevado número de estudiantes por clase.

En este punto, los Profesores consideran que la propuesta «puede no ser factible debido a la falta de equipos tecnológicos en la mayoría de las escuelas públicas del país» (Prof. C). Aun así, el Prof. D señala que, en general, «en las escuelas privadas y algunas escuelas públicas *consideradas de élite*, donde hay mayores inversiones gubernamentales para mantener una buena conexión a internet y equipos tecnológicos actuales y funcionales, sería posible implementar, con éxito, la actividad propuesta».

En este sentido, el Prof. B resaltó que, si quisieran replicar esta propuesta entre diferentes escuelas mozambiqueñas, además del costo asociado a los equipos electrónicos acoplados al montaje experimental de la destilación y de los equipos para la transmisión y visualización de la actividad - que también es una barrera importante para la implementación de la actividad - la mayoría de las escuelas tampoco poseen mucho «material de laboratorio para la realización de los experimentos». Como constatan Salta et al. (2022), la falta de material y equipo esencial en un laboratorio de Química y el costo asociado a su reposición/mantenimiento es, claramente, un obstáculo para la enseñanza de laboratorio de esta ciencia. Y esta no es una realidad exclusiva de Mozambique o de los Países en Desarrollo. Este fue también uno de los motivos por los cuales se desarrolló la presente propuesta de actividad remota, pero que, como se constata, presentó otro tipo de obstáculos (de naturaleza tecnológica) para su concreción.

Otra debilidad de la implementación de la actividad está relacionada con la sobrecarga de estudiantes en las clases, tal como señalaron todos los Profesores. Esta es una barrera transversal a la realidad educativa de Mozambique que propicia que el estudiante sea un elemento más pasivo en la construcción de su aprendizaje y que las actividades de laboratorio, cuando se realizan, sean físicas o virtuales, sean de naturaleza demostrativa, lo que no va en línea con los objetivos propuestos para la exploración de esta actividad remota.

#### **Otras consideraciones**

De las conversaciones informales con los Profesores durante la visita a la Universidad Pedagógica de Maputo, se destacaron otros aspectos relevantes que complementan el análisis SWOT realizado. Por ejemplo, los Profesores señalaron que la actividad propuesta sería una idea extremadamente factible en la educación superior (tanto a nivel de la formación inicial en Química, como a nivel de la formación inicial de profesores de Química), pues las instituciones de educación superior del país ya poseen laboratorios equipados y medios tecnológicos adecuados para la implementación de esta dinámica,

suprimiendo así las barreras presentadas para su implementación junto a los estudiantes de Educación Secundaria General.

A nivel de la formación inicial de profesores de Química, el Prof. B señaló que esta propuesta podría implementarse, en el caso de la Universidad Pedagógica de Maputo, en la asignatura de Didáctica de Laboratorio, promoviendo así una experiencia formativa más enriquecedora para los futuros profesores de Química.

Otro Profesor (Prof. D) destacó que en esta universidad, los currículos de las asignaturas de los cursos de formación inicial de profesores de las varias áreas científicas están siendo reformulados «de modo a valorar la realización o demostración de experimentos escolares con recursos a métodos alternativos» para capacitar a los futuros profesores para enfrentar, no solo un mundo en constante cambio, sino también las limitaciones (tal como anteriormente señaladas) a la enseñanza de laboratorio de la Química en las escuelas. De hecho, a este respecto, el uso de Arduino para diferentes fines didácticos ya está comenzando a ser una realidad en la Universidad Pedagógica de Maputo. Por su bajo costo y su versatilidad (Morais y Araújo, 2023; Qutieshat et al., 2019), esta herramienta se presenta como un recurso alternativo a los equipos tradicionales (y caros) de laboratorio, con un gran potencial didáctico y que permite a los estudiantes desarrollar también importantes competencias digitales y tecnológicas esenciales para la formación del siglo XXI (Stehle et al., 2019).

## Conclusiones y propuestas futuras

La propuesta de actividad de laboratorio remoto presentada permite a los estudiantes alcanzar los principales objetivos de aprendizaje relacionados con la realización de una destilación simple o fraccionada (incluso sin condiciones físicas y materiales adecuadas). Por ejemplo, este enfoque permite a los estudiantes realizar, a distancia, la recolección automática de datos de la temperatura del vapor a medida que la mezcla se calienta, pudiendo la actividad ser grabada para que estudiantes o profesores puedan visualizar y analizar los datos recogidos posteriormente.

Promoviendo una formación más completa, esta propuesta posibilita un «intercambio virtual» entre escuelas, fomentando el intercambio de experiencias, conocimientos y cultura, destacando la importancia de la etnoquímica/etnociencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Sin embargo, en la mayoría de las escuelas de Educación Secundaria General de Mozambique hay una falta de condiciones físicas y materiales para realizar actividades de laboratorio de Química, y también falta de recursos tecnológicos adecuados para que el enfoque propuesto pueda ser implementado. No obstante, enmarcada en la formación inicial de profesores de Química, esta propuesta puede ser diferenciadora, ya que permite a la enseñanza de esta ciencia acompañar el cambio en un mundo cada vez más global y tecnológico, sin olvidar los conocimientos y la cultura locales.

Por lo tanto, capacitar a futuros profesores de Química para utilizar plataformas digitales y/o equipos tecnológicos de bajo costo, como Arduino, es un paso crucial para que, en el futuro, puedan desarrollar actividades de laboratorio alternativas e innovadoras. Estas actividades tienen el potencial de promover el aprendizaje de la Química, incluso frente a limitaciones físicas, materiales y económicas en los contextos educativos. Véase el ejemplo del uso de Arduino como herramienta de recolección automática de datos (Morais y Araújo, 2023), que, aunque requiera algo de creatividad, su implementación es viable con

conocimientos básicos de programación y una inversión significativamente menor en comparación con equipos de laboratorio tradicionales.

A pesar de las limitaciones presentadas para la exploración de la actividad de laboratorio remoto con estudiantes de escuelas de Mozambique, los Profesores consultados dieron un feedback muy positivo sobre la implementación de este enfoque en el contexto de la formación inicial de profesores de Química. En este sentido, se proyecta para el futuro la concreción de esta dinámica en la que la actividad práctica sería realizada, por ejemplo, por los futuros profesores de Química de Mozambique (en el contexto de su formación inicial) y estudiantes de Educación Básica o Secundaria de Portugal, utilizando materiales locales y fomentando el aprendizaje de la Química contextualizada de una manera diferente a la habitual y el intercambio intercultural, con énfasis en la etnociencia, en la cual Mozambique es muy rico.

### Agradecimientos

Trabajo financiado por Fondos Nacionales a través de la FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., en el ámbito de los proyectos UIDB/00194/2020 y UIDP/00194/2020 (CIDTFF), UIDB/00081/2020 (CIQUP) y LA/P/0056/2020 (IMS).

### Referencias

- ACARA, Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (2018). *The Australian Curriculum – Chemistry*. ACARA.
- Araújo, J. L. y Morais, C. (2024). Investigating the influence of temperature on salt solubility in water: a STEM approach with pre-university chemistry students. *Chemistry Teacher International*. <https://doi.org/10.1515/cti-2024-0004>
- Bretz, S. L. (2019). Evidence for the Importance of Laboratory Courses. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 193-195. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00874>
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education. *Science*, 329, 996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Chang, R. y Goldsby, K. (2013). *Chemistry*, 12th ed. McGraw-Hill Education.
- Chonkaew, P., Sukhummek, B. y Faikhamta, C. (2016). Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 842-861. <https://doi.org/10.1039/C6RP00074F>
- Cowls, J. (2021). ‘AI for Social Good’: Whose Good and Who’s Good? Introduction to the Special Issue on Artificial Intelligence for Social Good. *Philosophy & Technology*, 34, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13347-021-00466-3>
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A. y Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701–1720. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>
- Department for Education (2015). *Biology, Chemistry and Physics – GCSE subject content*. UK Government.
- DGE, Direção Geral de Educação (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência.

- DGE, Direção Geral de Educação (2018a). *Aprendizagens Essenciais de Físico-Química, 7.º ano*. Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência.
- DGE, Direção Geral de Educação (2018b). *Aprendizagens Essenciais de Química, 12.º ano*. Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência.
- Direção do Ensino Básico e Secundário (2019). Programa da Disciplina de Química. Ministério Da Educação, Ciência, Juventude e Desporto da República de Cabo Verde, Direção do Ensino Básico e Secundário.
- INDE, Instituto Nacional do Desenvolvimento da Educação (2007). *Plano Curricular do Ensino Secundário Geral (PCESG) – Documento Orientador, Objectivos, Política, Estrutura, Plano de Estudos e Estratégias de Implementação*. Ministério da Educação e Cultura.
- Jang, H. (2016). Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 284–301. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>
- Kohen, Z., Herscovitz, O. y Dori, Y. J. (2020). How to promote chemical literacy? On-line question posing and communicating with scientists. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 250–266. <https://doi.org/10.1039/C9RP00134D>
- Kubínová, Š. y Šlegr, J. (2015). ChemDuino: adapting Arduino for lowcost chemical measurements in lecture and laboratory. *Journal of Chemical Education*, 92(10), 1751–1753. <https://doi.org/10.1021/ed5008102>
- Morais, C. y Araújo, J. L. (2023). An Alternative Experimental Procedure to Determine the Solubility of Potassium Nitrate in Water with Automatic Data Acquisition Using Arduino for Secondary School: Development and Validation with Pre-Service Chemistry Teachers. *Journal of Chemical Education*, 100(2), 774–781. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00615>
- Neufeld M., Lachenmeier, D. W., Ferreira-Borges, C. y Rehm, J. (2020). Is Alcohol an “Essential Good” During COVID-19? Yes, but Only as a Disinfectant! *Alcoholism: Clinical & Experimental Research*, 44(9), 1906–1909. <https://doi.org/10.1111/acer.14417>
- NRC, National Research Council (2011). *Report of a workshop on the pedagogical aspects of computational thinking*. The National Academies Press.
- NRC, National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press
- Paiva, J. C., Morais, C., Soares, M., Araújo, J. L., Vieira, H. & Moreira, L. (2021). *Química ao pé da letra*. U. Porto Press.
- Papadimitropoulos, N., Dalacosta, K. y Pavlatou, E. A. (2021). Teaching Chemistry with Arduino Experiments in a Mixed Virtual-Physical Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 550–566. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09899-5>
- Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C. y Lopez, V. (2019). Measuring CO<sub>2</sub> with an Arduino: Creating a Low-Cost, Pocket-Sized Device with Flexible Applications That Yields Benefit. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 377–381. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00473>

- Puyt, R. W., Lie, F. B. y Wilderom, C. P. B. (2023). The origins of SWOT analysis. *Long Range Planning*, 53(3), 102304. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2023.102304>
- Qutieshat, A., Aouididi, R. y Arfaoui, R. (2019). Design and construction of a low-cost Arduino-based pH sensor for the visually impaired using universal pH paper. *Journal of Chemical Education*, 96(10), 2333–2338. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00450>
- Salonen, A., Hartikainen-Ahia, A., Hense, J., Scheersoi, A. y Keinonen, T. (2017). Secondary school students' perceptions of working life skills in science-related careers. *International Journal of Science Education*, 39(10), 1339–1352. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1330575>
- Salta, K., Ntalakou, E. y Tsiortos, Z. (2022). Review of Hands-On Laboratory Experiments Employing Household Supplies. *Journal of Chemical Education*, 99(7), 2563–2571. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00037>
- Stehle, S. M. y Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6, 39. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Struyf, A., De Loof, H., Boeve-de Pauw, J. y Van Petegem, P. (2019). Students' engagement in different STEM learning environments: integrated STEM education as promising practice? *International Journal of Science Education*, 41(10), 1387–1407. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1607983>
- Wu, Y. L., Chan, T. Y., Jong, B. S., Lin, T. W. y Liang, Y. H. (2004). A Web-based dual mode virtual laboratory supporting cooperative learning. *8th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, Fukuoka, Japan, pp. 642-647.