

ARGUMENTACIÓN EN EL DISCURSO ORAL Y ESCRITO DE LOS ALUMNOS DE LA ENSEÑANZA SECUNDARIA EN UNA SECUENCIA DIDÁCTICA DE FÍSICA MODERNA

Josias Rogério Paiva, Nelson Barrelo Junior¹

Laboratorio de Pesquisa y Enseñanza de la Física, Facultad de Educación, Universidad de São Paulo, Brasil.
nbarrelo@usp.br, josiaspaiva@usp.br

OBJETIVO

La pesquisa presentada tiene como objetivo identificar cómo sucede la argumentación de los alumnos sobre el concepto de fotón durante un conjunto de actividades de laboratorio de investigación, con la construcción y exploración de un interferómetro y con otras de experimentación de pensamiento. Buscaremos verificar si, durante esas actividades, los alumnos se apropian de las interpretaciones de la Mecánica Cuántica sobre la naturaleza y el comportamiento de la luz.

MARCO TEÓRICO

Los referenciales teóricos que basan esta pesquisa deben versar sobre Física Moderna y Contemporánea (FMC) en la escuela secundaria, la naturaleza y el comportamiento de la luz y, finalmente, la argumentación en sala de clase y el discurso de los estudiantes como manera de verificación del aprendizaje.

Diversos autores tienen apuntado para la necesidad de una actualización curricular que incorpore el conocimiento de Física Moderna y Contemporánea (FMC) como Ostermann y Moreira (2000) y Brockington (2005) que señalizan en este sentido y analizan los asuntos de Física Moderna abordados en las clases y en los libros abnegados a la escuela de enseñanza secundaria. Muchos trabajos tienden sobre la proposición de secuencias didácticas de temas de Física Moderna.

EL INTERFERÓMETRO DE MACH-ZEHNDER

El arreglo experimental desarrollado en 1896 por el físico checo Ludwig Mach y por el físico suizo Ludwig Zehnder, de manera independiente, tiene su estructura muy sencilla, como muestran las figuras 1.a y 1.b

1. Tutor Profa Dra Anna Maria Pessoa de Carvalho (ampdcarv@usp.br)

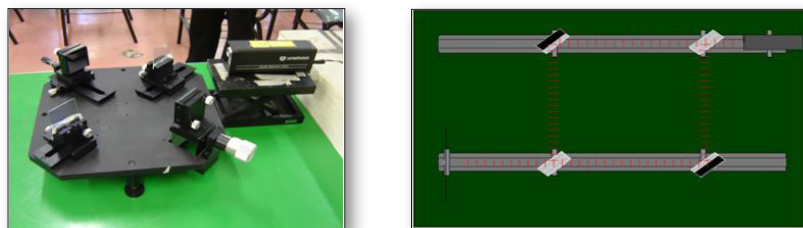


Fig. 1. a) Interferómetro real clásico; y b) Representación de MZ, compuesta de una fuente, dos semiespejos y dos espejos.

En nuestra pesquisa, utilizamos las cuatro interpretaciones de Mecánica Cuántica para las observaciones en el interferómetro de Mach-Zehnder, propuestas por Montenegro y Pessoa Jr (2003), que pueden ser resumidas de lo siguiente modo en el cuadro 1:

Cuadro 1.

Interpretaciones de la Mecánica Cuántica en la experiencia con interferómetro de Mach-Zehnder.

	Interpretación
1. Ondulatoria	El fotón se divide en dos "medio fotones" en el primero semiespejo del interferómetro. Los dos "medio-fotones" se combinan nuevamente en el segundo semiespejo, así como las ondas, produciendo el patrón de interferencia observada en la salida de un interferómetro.
2. Corpuscular	El fotón es una partícula y nunca se divide. Así, un fotón sigue una rota única, bien establecida, en el interior de un interferómetro. En semiespejo el fotón puede ser reflejado o transmitido con igual probabilidad.
3. Dualista realista	El fotón se compone de dos partes: una partícula y una onda asociada. Por lo tanto, la partícula es como un "surfista" viajando de la onda y solo pueden estar donde hay onda. La onda puede dividirse y combinarse nuevamente en los semiespejos, produciendo interferencias. Con esto, después del registro de muchos fotones, el patrón de interferencia puede ser observado en la salida del interferómetro.
4. Complementariedad	El fotón se manifiesta a veces como onda, a veces como una partícula, pero nunca como onda y partícula al mismo tiempo. El arreglo experimental es que determina el "rostro" del fotón. Si analizamos el patrón de interferencia, interpretamos el fotón como una onda. Si podemos determinar la ruta seguida por el fotón en el interior del interferómetro, decimos que el fotón se comporta como una partícula.

LA ARGUMENTACIÓN EN SALA DE CLASE

Sasseron y Carvalho (2008a) reiteran esa relevancia dada a la ciencia en nuestra sociedad, aunque tal importancia no se traduzca en la manera que ella es enseñada.

El concepto de 'culturización científica', presentada por Driver y Newton (1997), solamente aparece cuando el alumno consigue entender y utilizar parte de la lengua, métodos y prácticas de la cultura científica que, con la cultura que ya tiene, crea nuevas visiones del mundo y amplía las que ya posee, o sea, cuando logra apropiarse de la cultura científica.

Lemke (1998) destaca como característica del aprendizaje de las ciencias, la apropiación por parte del estudiante en lo que se refiere al discurso científico. El uso correcto de la lengua de la ciencia, de

acuerdo con el contexto, indica un crecimiento relativo a su discurso anterior en lugar simplemente de la sustitución.

Toulmin (2006) presenta la estructura básica que compone las argumentaciones y cuáles son las relaciones que existen entre sus componentes. El modelo de Toulmin (2006), ya mencionado, se ha adaptado y ha sido ampliamente utilizado en estudios de pesquisa en educación, actuando como un importante y eficiente instrumento de análisis en la investigación sobre la argumentación de los estudiantes en las clases y las situaciones de la enseñanza de ciencias.

Driver y Newton (1997), Jiménez-Aleixandre, Reigosa Castro, Álvarez-Pérez (1998), Capecchi y Carvalho (2000), Villani y Nascimento (2003) y muchos otros investigadores han usado ese modelo de Toulmin sobre sus trabajos y investigaciones, a fin de contribuir de manera significativa a su consolidación como un importante instrumento de análisis adaptado a diversas situaciones educativas.

En nuestra pesquisa, en la identificación de la argumentación de los estudiantes, tendremos en cuenta los indicadores presentados por Sasseron (2008).

METODODOLOGIA

Se hicieron las transcripciones de todas las lecciones grabadas de dos clases. Registros escritos de los estudiantes son catalogados. La pesquisa completa se encuentra en Barrelo (2010). En este artículo, evidenciaremos algunos aspectos relevantes de los registros orales y escritos de los estudiantes.

La secuencia didáctica

La secuencia de enseñanza se basa en una propuesta por Brockington (2005) en su tesis doctoral. Los cambios son derivados de las discusiones del grupo de maestros, en 2006 y fueron desarrollados en colaboración con la Dra. Maria Beatriz Fagundes, que estaba desarrollando un proyecto de pesquisa postdoctoral en la FEUSP e ya trajo un trabajo similar con los estudiantes del nivel primario en la escuela técnica de Alemania.

Las clases 5 y 6 de la secuencia didáctica son dedicadas a la manipulación del interferómetro y el uso de la simulación por computador. La secuencia permite al maestro escoger para la realización completa, o no, de todos los episodios temáticos a fin de ajustar su horario de clases para el calendario escolar.

RESULTADOS

En nuestro análisis, le mostraremos cómo los estudiantes estructuran sus argumentos se basando en las referencias teóricas citadas anteriormente. La opinión de Bruna en el turno 17 se presenta como una afirmación aislada y sin justificación – nivel 0 de argumentación de Driver y Newton (1997), ella aún muestra la clasificación de las informaciones. Sigue las conversaciones y sus indicadores en anexo con los turnos de las conversaciones:

Turno	Conversaciones Transcriptas	Gestos	Indicadores AC Breve Análisis
17	Bruna: (05:38) Complementario		Clasificación
18	Maestro: ¿Como así?		
19	Bruna: (05:41) Por ejemplo, en uma el centro sería claro y tendría rayas y, en la outra, el centro sería negro y las rayas contrarias.	Muestra com las manos círculos abriendo	Explicación

Poco después, en el turno 19, Bruna explica justificando que las figuras vistas en los dos conectores de mamparo serían complementarias, ya que ambas tienen rayas, pero con rayas invertidas: el blanco de una correspondería al negro de la otra y viceversa. Esta declaración muestra un argumento de nivel 2 y, al mismo tiempo, plantea hipótesis sobre el tema. El discurso de la alumna explica porque las imágenes son complementarias.

Bruna hace colocaciones en los turnos 33, 35 y 37:

Turno	Conversaciones Transcritas	Indicadores AC Breve Análisis
33	Bruna: (09:00) ¿Qué tu hablaste es la explicación del negro, es esto?	Clasificación
34	Maestro: ¿Ahn?	
35	Bruna: Tiene inversión de fase, porque la parte que se refleja en semiespejo está...	
36	Maestro: Está en una fase...	
37	Bruna: en una fase diferente de la parte que pasó directo.	Explicación O.E.: Plausibilidad

Se percibe que la alumna es capaz de dar una explicación de lo que debe ocurrir: tiene inversión porque las fases son diferentes. Su argumento es de nivel 4, con el uso del operador epistemológico plausibilidad, ya que integra el discurso del maestro a la observación y agrega una justificativa para el fenómeno. Por el patrón propuesto por Toulmin.

Conforme Pessoa Junior (2003), “lo que caracteriza la Teoría Cuántica de manera esencial es que atribuye a cualquier partícula individual, aspectos ondulatorios y para cualquier forma de radiación, aspectos corpusculares. Esta es una versión general de dualidad onda-partícula”.

En nuestro análisis de los registros escritos por los estudiantes procuramos evidenciar si conciben esta percepción de la dualidad. Hemos recogido varios registros escritos de los estudiantes a largo del curso. Sin embargo, nuestro análisis se limitará al cuestionario abajo que fue aplicado a las clases en la última lección:

1 - Rellene sistematizando las cuatro interpretaciones para la naturaleza de la luz:				
	Ondulatoria	Corpuscular	Complementariedad	Dualista-realista
La luz es...				
Explicación de la experiencia del interferómetro				
Explicación de un fotón				

2 - ¿Por qué crees que hay tantas interpretaciones diferentes de la naturaleza de la luz?

3 - A partir de lo que fue discutido en clase, explique cuál de las cuatro interpretaciones más le gusta.

4 - Según la interpretación de la complementariedad, se puede pensar en lo siguiente: "Si un átomo existe sólo cuando lo miramos y mi cuerpo es hecho de átomos, ¿tiene mi pie allí cuando yo no estoy mirándolo?"

Se realizaron análisis de cada una de las cuestiones. Posteriormente, comparamos los registros escritos con los discursos de los estudiantes que participaron activamente de los debates orales.

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LAS CONVERSACIONES Y LOS REGISTROS ESCRITOS

Cuando analizamos los discursos de los estudiantes en la lección 10, verificamos la participación efectiva de 8 estudiantes de la clase en los debates orales.

Otro padrón de argumento proporciona la comparación entre los discursos de los estudiantes, promovidos en la lección 10 y el análisis de sus registros escritos nos llevan a proclamar que los estudiantes que participan efectivamente de las interacciones discursivas en el sala de clase presentan buen rendimiento en sus registros escritos y son capaces de comprender los conceptos promovidos en la clase.

Nuestros datos sugieren que incluso los estudiantes que no participaron en el debate han demostrado comprensión de los temas discutidos y produjeron registros compatibles con de los estudiantes que interaccionaron hablando.

CONCLUSIONES

La secuencia de clases, con el laboratorio de investigación, análisis y discusión de los comentarios, creó condiciones para la culturización científica, como apuntan los análisis de los discursos de los estudiantes.

El análisis muestra que las interacciones discursivas entre los estudiantes y su mediación por el maestro, les permiten ser más críticos, participativos y acercarse a los debates de la ciencia moderna.

Tomamos nota de que el discurso de los estudiantes es impulsado por los discursos de los colegas y el maestro y, por lo tanto, rehacen sus argumentos, acatando y refutando las contribuciones de los discursos de sus interlocutores.

El análisis de la lección 10 mostró que los discursos de los estudiantes, originalmente monosilábicas, fueron perfeccionando y convirtiendo en estructuras más desarrolladas a la medida que el debate se instaló en la clase. Indicadores de alfabetización científica también estaban más presentes en esas condiciones.

Quizás la mayor contribución de este trabajo ha sido la búsqueda de la correlación entre los estudiantes que hablan durante las clases y su posterior exposición sobre cómo entienden – o cambiaron la comprensión de – algunos conceptos.

Al hacer esta comprobación entre los registros escritos y discursos de los que más discursan en la clase, podemos decir que la participación en esos debates está contribuyendo para el aprendizaje y comprensión de los conceptos. Todos los estudiantes que han participado efectivamente en los debates presentaron registros escritos con alto porcentaje de aciertos de las cuestiones.

No se puede decir que la participación no eficaz en los debates impide o dificulte para dicho juicio. Mismos los alumnos que dijeron poco o nada, en las lecciones examinadas, en su mayoría, obtuvieron resultados bastante satisfactorios.

Desde el análisis de las lecciones y de los registros escritos y de la observación del desarrollo de la secuencia podemos decir que la propuesta de la enseñanza ha sido validada y contribuye en gran medida a la inserción de temas de la FMC en la escuela secundaria, tornando la Física más atractiva a los jóvenes estudiantes aproximándolos del conocimiento científico detrás de las innovaciones tecnológicas.

Destacamos que la secuencia de enseñanza embute una visión que no hay sólo una verdad científica. La discusión de las cuatro interpretaciones acerca de la naturaleza y el comportamiento de la luz

y la indagación a los estudiantes acerca de porqué tantas teorías (pregunta 2 del registro escrito) visan conducir al estudiante a comprender que las múltiples interpretaciones son posibles para el mismo fenómeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrelo Jr, N. (2010). *Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de Física Moderna*. 2010. 176 p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo,
- Brockington, G. (2005). A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Capecchi, M. C. V., & de Carvalho, A. M. P. (2000). Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(3), 171-189.
- Driver, R., & Newton, P. (1997). Establishing the norms of scientific argument in classrooms. In: ESERA Conference, Roma, 1997. Anais... Roma: ESERA.
- Jimenez-Aleixandre, M. P. J., & de Bustamante, J. D. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(3), 359-370.
- Lemke, J. L. (1998). Analysing verbal data: principles, methods, and problems. In: Tobin, K.; Fraser, B. (Eds.). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic. p. 1175-1189.
- Montenegro, R. L.; Pessoa Jr, O. (2002). Interpretações da teoria quântica e as concepções dos alunos do curso de física. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 107-126.
- Nascimento, S. S.; Vieira, R. D. (2008). Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 2.
- Oliveira, F. F.; Vianna, D. M.; Gerbassi, R. S. (2007). Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.
- Ostermenn, F.; Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio. *Investigações em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 5, n. 1. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm>. Acesso em: 20 jun. 2008.
- Pessoa Jr., O. (2003). *Conceitos de física quântica*. São Paulo: Livraria da Física.
- Sasseron, L. H. (2008). *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sasseron, L. H., & CARVALHO, A. M. P. D. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição ea procura de indicadores do processo. *Investigações em ensino de ciências*, 13(3), 333-352.
- Toulmin, S. E. (2006). *Os usos do argumento*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes.
- Villani, C. E. P., & do Nascimento, S. S. (2003). A argumentação e o ensino de ciências: Uma atividade experimental no laboratório didático de física do Ensino Médio. *Investigações em ensino de Ciências*, 8(3), 187-209.