

Prácticas innovadoras en la enseñanza de física moderna en una escuela pública brasileña¹

Adriano Ribeiro Sousa^{*a}, Marcos Dionizio Moreira^b, Daniel Fernando Bovolenta Ovigli^c, Alex Ricardo Oliveira^d y Pedro Donizete Colombo Junior^e

Universidad Federal de Triângulo Mineiro, Instituto de Ciencias Exactas, Naturales y Educación, Uberaba, Brasil.

Recibido: 05 marzo 2018

Aceptado: 06 agosto 2018

RESUMEN. Las innovaciones curriculares en la enseñanza de Física se han vuelto cada vez más necesarias para que los alumnos pasen a ver esta ciencia como parte de su cotidiano, así como el lenguaje que traduce fenómenos naturales. A partir de este presupuesto, la intervención que originó la presente investigación buscó promover una innovación en la enseñanza de Física en una escuela pública brasileña. A partir de un enfoque contextualizado e interdisciplinario, mediado por Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA), el trabajo tuvo como objetivo trabajar contenidos de la Física Solar. La investigación contempló dos vertientes interconectadas: (i) elaboración conjunta universidad-escuela y validación de una SEA como herramienta didáctica e (ii) investigación de aspectos que influyen la práctica docente frente a las dimensiones epistémicas (procesos que apuntan a la enseñanza-aprendizaje) y pedagógicas (relaciones profesor-alumno, alumno-alumno y alumno-conocimiento). La metodología adoptada fue cualitativa, justificada por la realización de entrevistas semiestructuradas con el profesor y acompañamiento de las clases, además de continuas discusiones sobre las SEA, siendo los análisis desarrollados a partir de presupuestos del rombo didáctico. Entre los resultados encontrados, se destacan: la asociación entre profesor e investigador; la viabilidad de innovación curricular y metodológica en la Educación Secundaria enfocada en la Física Solar y las SEA como herramienta didáctica que le permitió al profesor trabajar de manera innovadora con clases interdisciplinarias, no compartimentadas.

PALABRAS CLAVE. Innovación curricular; Enseñanza de Física; Física Solar; Rombo didáctico

Innovative practices in the teaching of modern physics in a Brazilian public school

ABSTRACT. Curricular innovations in the teaching of physics have become increasingly necessary for students to see this science as part of their daily life, as well as the language that translates natural phenomena. From this budget, the intervention that originated the present investigation sought to promote an innovation in the teaching of Physics in a Brazilian public school. Based on a contextualized and interdisciplinary approach, mediated by Sequences of Teaching and Learning (STL), the work aimed to work on Solar Physics contents. The research contemplated two

1. Apoyo: Consejo Nacional de Desarrollo Científico y tecnológico (CNPq), Brasil.

*Correspondencia: Adriano Ribeiro Sousa. Dirección: Universidad Federal de Triângulo Mineiro. Av. Getúlio Guaritá, 159, Centro Educacional, sala 326 B - Barrio Abadía, Uberaba, MG, Brasil. Zip Code: 38025-440, Brasil. Correos Electrónicos: adrsousa2@gmail.com^a, marcos.moreira@uftm.edu.br^b, daniel.ovigli@uftm.edu.br^c, alex.oliveira@uftm.edu.br^d, pedro.colombo@uftm.edu.br^e

interconnected aspects: (i) joint university-school development and validation of an STL as a didactic tool and (ii) investigation of aspects that influence teaching practice in the face of epistemic dimensions (processes that point to teaching-learning) and pedagogical (teacher-student relations, student-student and student-knowledge). The adopted methodology was qualitative, justified by the semi-structured interviews with the teacher and the accompaniment of the classes, in addition to continuous discussions about the STL, being the analyzes developed from the assumptions of the didactic rhombus. Among the results found, the following stand out: the association between professor and researcher; the viability of curricular and methodological innovation in Secondary Education focused on Solar Physics and the STL as a didactic tool that allowed the teacher to work in an innovative way with interdisciplinary, non-compartmentalized classes.

KEYWORDS. Curricular innovation; Physics Teaching; Solar Physics; didactic rhombus.

1. INTRODUCCIÓN

Las innovaciones curriculares en la Enseñanza de Física se han vuelto cada vez más necesarias cuando se busca problematizar la Física como parte del cotidiano de los alumnos. Estas pueden ser caracterizadas como creaciones de nuevos métodos, nuevas formas de evaluación y nuevas formas de trabajar contenidos que serán presentados por el profesor a su clase. La investigación se desarrolló utilizando temas de Física Solar a fin de sugerir y promover prácticas innovadoras en la Enseñanza de Física de la Enseñanza Media, acción desarrollada en una escuela pública brasileña en la ciudad de Uberaba, Minas Gerais.

Brasil posee una organización escolar regida por la Ley de Directrices y Bases de 1996, la cual determina la finalidad de su sistema educativo y la forma organizacional de sus estructuras administrativas. De esta forma, la organización escolar brasileña está dividida en Educación Básica y Educación Superior, además de la educación profesional, orientada al mundo del trabajo. La Educación Básica contempla la Educación Infantil, para niños de cero a cinco años, la Enseñanza Primaria (compuesta por nueve años - 1º al 9º), comprendiendo la franja etaria de seis a catorce años, y la Enseñanza Media (compuesta por tres años - 1 a 3) para adolescentes que tienen más de catorce años. La Educación Superior comprende los cursos de graduación y postgrado, en sus diferentes modalidades. También hay educación para jóvenes y adultos (EJA) para las personas que no realizaron la Educación Básica en la edad adecuada. El enfoque del presente trabajo es la Enseñanza Media, particularmente en el componente curricular de la materia Física.

La Enseñanza Media brasileña está regida por los Parámetros Curriculares Nacionales (PCN), los cuales orientan sobre referencias didáctico-metodológicas, competencias y habilidades. Sin embargo, los PCN tienden a ser flexibles en relación a los currículos propuestos, pudiendo adaptarse a los diferentes contextos de las escuelas brasileñas (Brasil, 2002). Esta situación permite que contenidos como los del componente curricular Física, por ejemplo, sean trabajados de modo contextualizado e interdisciplinario, rompiendo el pragmatismo disciplinario que predomina en los enfoques tradicionales en las escuelas.

El hecho es que, desde el punto de vista de los alumnos, la física generalmente es clasificada como aburrida y de difícil entendimiento. Según Silva y Silveira (2014), un factor que contribuye a esta percepción se vincula a la práctica docente que, en la mayoría de las veces, preconiza un abordaje predominantemente tradicional, siendo mediada por el uso continuo y sistemático de fórmulas, leyes y conceptos científicos, sin al menos evidenciar las relaciones con la realidad inmediata de los estudiantes.

Con el intento de contribuir a la superación de esta dificultad y promover prácticas innovadoras en la enseñanza de Física buscamos, en asociación con un profesor de una escuela pública brasileña, desarrollar Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) (Fazio, Guastella, Sperandio-Mineo y Tarantino, 2008; Lijnse 1994; Lijnse & Klaassen, 2004; Viiri & Savinainen, 2008; Vilela, Guedes, Amaral y Barbosa, 2007) que: (i) propicien una enseñanza de la Física que tuviese sentido para los alumnos en el momento de su aprendizaje y (ii) proporcionen una innovación curricular y metodológica en su propia práctica docente sin alterar la dinámica de la escuela y los contenidos programáticos previamente definidos por el profesor. De esta forma, esta comunicación presenta una experiencia pedagógica con enfoque en la construcción e implementación de la SEA en los tres años de Educación Secundaria.

La escuela asociada fue la Escuela Estadual Francisco Cândido Xavier, ubicada en la ciudad de Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Esta escuela atiende a 16 barrios de la periferia de la ciudad, alcanzando alrededor de 740 alumnos en los periodos de la mañana, tarde y noche, con clases de los años finales de la Enseñanza Primaria y Educación Secundaria. En el año de 2015, el Índice de Desarrollo de la Educación Básica (IDEB), que establece estándares de calidad para este nivel de enseñanza, así como el establecimiento de metas para su mejoría, fue de 4,3 en una escala que alcanza hasta los 10 puntos (Brasil, 2017).

2. SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE: UNA CONSTRUCCIÓN COLECTIVA

Una SEA puede ser entendida como un conjunto de clases que tratan de un tema específico, no necesariamente relacionado al currículo escolar, y que dura pocas semanas (Lijnse 1994; Méheut & Psillos, 2004; Psillos, Tsifeli & Kariotoglou, 2004; Komorek & Duit, 2004). La SEA desarrollada en este estudio consistió en tres etapas correlacionadas: (1) se desarrollaron reuniones entre el profesor asociado e investigadores con el fin de dar una visión general de las acciones. Esta reunión fue fundamental para el desdoblamiento de los trabajos piloto, posteriormente ampliados, ya que el profesor explicitó su planificación anual (plan de enseñanza) y la forma como venía desarrollando los contenidos de Física con sus alumnos; (2) elaboración previa de las SEA e inicio de los trabajos con los alumnos. Las SEA siempre comenzaron con una conferencia motivadora sobre la Física Solar, mostrando a los alumnos las posibilidades de la Enseñanza de Física, dentro de cada año (1º, 2º y 3º años de la Educación Secundaria); (3) reflexión, análisis y reformulaciones constantes en las SEA de modo que fueran moldeando las aulas y los contextos encontrados.

El Sol se configuró como pilar que sostuvo todas las acciones de la investigación, siendo el responsable de orientar las acciones contextualizadas e interdisciplinarias desarrolladas con los alumnos. En este último aspecto, las siguientes actividades (algunas de estas experimentales utilizando materiales de bajo costo) se integraron a las SEA (Tabla 1). Se resalta que tales actividades han sido trabajadas en otras investigaciones en escenario brasileño con éxito, por ejemplo en el trabajo desarrollado por Colombo (2014), que buscó la relación entre la educación formal y no formal colocando énfasis en la Física Solar. En la presente investigación el foco se centra sólo en la educación formal.

Tabla 1. La Física Solar y las posibilidades de enfoques interdisciplinarios.

Actividades	Contenidos / Conceptos	Componentes disciplinarios
Historia de la astronomía	Mitos y creencias de los pueblos antiguos; Desarrollo tecnológico y cultural; Relación del sedentarismo/nomadismo con el conocimiento de los ciclos climáticos y el desarrollo de la agricultura	Historia; Física; Español; Filosofía; Sociología; Geografía
Movimientos realizados por la Tierra (Rotación, traslación, Precesión de los equinoccios, Movimiento Galáctico)	Velocidad; Distancias; Orientación espacial; Día y noche; Mareas; Estaciones del año; Geometría plana, espacial y analítica	Física; Matemáticas; Biología; Geografía
Determinación del diámetro del Sol (Aroca, 2009). Determinación de la distancia Sol-Tierra	Unidades de medida; Distancias astronómicas; Geometría; Trigonometría, Construcción del conocimiento científico	Matemáticas; Física, Historia
Construcción del reloj de sol	Unidades de medida; Círculo Trigonométrico - Trigonometría; Ángulos; Trayectoria del sol; Equinoccios y solsticios; Localización espacial	Matemáticas; Historia; Física; Geografía
Nuestro satélite natural: la Luna	Fases de la luna; Mitos sobre la Luna; Satélites; Formación de Eclipses; Movimiento Sincronizado; Mareas	Historia; Física; Sociología; Geografía
Película: Elysium	Fuerza gravitacional; Fuerza Centrípeta, Movimiento Circular, Desarrollo Tecnológico vs Desarrollo Social; La vida fuera de la tierra, las reacciones químicas	Portugués; Física; Artes; Sociología; Filosofía; Química; Física
Procesos de producción de energía en el Sol. Determinación de la temperatura de la fotosfera solar	Fisión y Fusión nuclear; Reacciones termonucleares; Composición química del sol; Síntesis de Elementos Químicos; Luz; Núcleo solar y reacciones protón-protón; Átomo de Bohr; Transición electrónica; Radiación de cuerpo negro	Química; Física
Los colores de las estrellas y trabajos con el uso de simuladores	Evolución estelar; Composición química del sol y demás estrellas; Diferencias entre color-luz y color-pigmento	Química; Física; Biología; Artes; Informática
Construcción de un espectroscopio amateur Prueba de la llama (SEE/SP, 2009; Azevedo, 2008; NUPIC, 2011)	Transición electrónica; Espectroscopia; Caracterización de elementos químicos; Tabla periódica; Radiación del Cuerpo Negro; Visión humana limitada	Química; Física; Historia, Biología
Determinación de la temperatura de la fotosfera solar (Caniato, 1990; Aroca, 2009)	Radiación del cuerpo negro; surgimiento de la física cuántica y aspectos de la Naturaleza de la Ciencia	Historia, Física y la Química
La influencia del Sol en la Tierra	Electromagnetismo; Tormenta geomagnética, Viento Solar; Prominencias y protuberancias solares; Fulguraciones solares; Cuidados con la exposición al sol; La importancia del Sol para la vida en la Tierra	Química; Física; Biología; Historia; Geografía

Fuente: Elaboración Propia.

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada fue de naturaleza cualitativa (Bogdan & Biklen, 1994), reuniendo entrevistas semiestructuradas con el profesor asociado, anotaciones y acompañamientos de las SEA durante su desarrollo. Las entrevistas semiestructuradas buscaron una profundización de los datos levantados a través de las anotaciones y observaciones. De esta forma, se posibilitó relacionar la percepción que el profesor poseía de su práctica docente con las anotaciones realizadas por los investigadores durante el seguimiento del proceso de ejecución de las actividades y elaboración conjunta de las SEA. Esta triangulación propició la obtención de datos de manera más confiable y, consecuentemente, una mejor validación de las acciones (Lüdke & André, 1986).

Para tratar de discutir la práctica docente, adoptamos como referencial de análisis de los datos la idea del "Rombo Didáctico", propuesto por Méhet y Psillos (2004). El rombo tiene los ejes epistémico y pedagógico, siendo que el primero relaciona el conocimiento científico con el mundo material y el segundo permite la discusión entre la relación profesor-alumno, mediada por el proceso de enseñanza y aprendizaje.

El rombo didáctico nos permitió hacer un análisis más amplio de la práctica docente. En la dimensión pedagógica fue posible analizar cómo el profesor lleva el conocimiento científico al alumno, o sea, las acciones que desarrolla en el salón de clases para motivar e incentivar a los alumnos en relación a las temáticas trabajadas; las formas de interactuar y argumentar que el profesor desarrolla con los alumnos; la postura de "ser profesor" en relación a las demandas de diferentes naturalezas (educativas, sociales y económicas). Estos son aspectos que tienen influencia directa en el desarrollo de las SEA en la dimensión pedagógica y, en especial en el aula, dado que sus presupuestos teóricos señalan hacia una construcción colectiva y continua, considerando a los alumnos como entes participantes activos de este proceso.

En lo que se refiere a la dimensión epistémica, se puede realizar un análisis de las relaciones entre el conocimiento científico y el mundo material. Sobre este aspecto, entender y considerar las relaciones y conocimientos que los alumnos traen a la escuela es fundamental para la construcción del conocimiento. Así, el desarrollo de una SEA debe siempre considerar a los alumnos como poseedores de un conocimiento socialmente transmitido, sea en la escuela, en el seno familiar o conviviendo con amigos. Aspectos que son inevitables cuando pensamos en la dimensión epistémica del conocimiento y que son de fundamental importancia cuando pensamos en la conjunta y continua construcción de una SEA en el aula.

Esas conexiones son extremadamente importantes, pues, en primer lugar, la práctica docente es afectada por los conocimientos científicos que los alumnos tienen. En segundo lugar, el nivel de los conocimientos científicos del profesor le permite hacer relaciones con temas que los alumnos ya poseen algún tipo de conocimiento en determinadas áreas.

Además, en la adopción de un planteamiento metodológico es deseable que sea considerado el nivel cognitivo y conocimientos del mundo material que los alumnos traen al aula, lo que afecta la planificación y construcción de una SEA, como explicitado en la continuidad de esta comunicación en los momentos I, II y III.

La investigación realizada contempló tres momentos interconectados: (I) Inicialmente realizamos una aplicación piloto para vislumbrar la posibilidad del trabajo de esta naturaleza en las escuelas de Educación Básica y tener un primero *feedback* para los direccionamientos de la investigación. Esta aplicación piloto fue desarrollada entre los años 2014 y 2015 en la Escuela Estadual Francisco Cândido Xavier en el 3º año de la Educación Secundaria; (II) Curso de formación

continuada para profesores. A partir de la aplicación piloto, vimos la necesidad de un curso de formación continuada para los profesores para maximizar las posibilidades de trabajo en el aula sobre la temática en cuestión. Así, propusimos en la Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), en 2015, un curso dirigido a profesores de la red Estadual de Enseñanza sobre innovaciones curriculares y metodológicas con foco en la Enseñanza de Física a partir de la Física Solar; (III) nueva aplicación y validación de las SEA en las clases, ampliando para los tres años de la Enseñanza Secundaria.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación, presentamos sucintamente los dos primeros momentos descritos (I y II), dejando el tercer momento (III) para una presentación más profunda y discusiones al respecto.

4.1 Momento I: Proyecto Piloto: un breve relato

La investigación, a través de un proyecto piloto, se inició en el segundo semestre de 2014, con reuniones entre los investigadores y un profesor asociado con el propósito de profundizar los conocimientos relacionados con la Física Solar, además de discutir y elaborar una previa de lo que contemplaría una propuesta SEA que promovía la innovación curricular y metodológica sin desfigurar las temáticas diseñadas por el profesor en su planificación anual. La SEA piloto fue aplicada a una sala de 3º año de Enseñanza Media, en un total de 8 (ocho) clases. A partir del seguimiento de la aplicación de la SEA quedó evidente la necesidad de un curso de formación continuada para los profesores sobre la Física Solar en la Educación Secundaria y sobre los constructos teóricos que rigen la construcción y desarrollo de una SEA, hecho que fue evidenciado por el profesor asociado en el desarrollo del tema en clase, por ejemplo, cuando afirma:

Investigador: *¿Cuáles fueron los puntos negativos de la SEA para los alumnos? ¿Y para ti? ¿Por qué?*

Profesor: *[Hablando de la radiación del cuerpo negro] Todo, creo que se resume en mi mala preparación de las actividades. [...] entonces este semestre está muy complicado. En el caso de las clases, estas no se adaptan a lo que debería ser [...] por falta de tiempo.*

Estas constataciones nos hicieron reflexionar sobre el trabajo con la SEA en el aula y sobre cómo auxiliar al profesor frente a la preparación docente. Este hecho culminó en la elaboración del mini curso "La Física Solar en la Educación Secundaria", dirigido a profesores de Física, Química y áreas afines, lo que se configuró en el Momento II de este trabajo.

4.2 Momento II: La Física Solar en la Enseñanza Media: perfeccionamiento docente

El curso "La Física Solar en la Enseñanza Media", con carga horaria de 40 horas, ocurrió en el segundo semestre de 2015 en las dependencias de la UFTM, siempre los sábados para facilitar la participación de los profesores. El curso preveía el ofrecimiento de 30 vacantes, siendo que 16 participantes (alumno/profesor) concluyeron el curso con carga horaria mínima de 75%. Cabe destacar que algunos participantes eran alumnos de los últimos períodos de los cursos de pregrado en Física y Química de la UFTM que ya actuaban como profesores en escuelas públicas.

El curso contó con charlas y actividades prácticas relacionadas a la Física Solar, Astronomía y estrategias de enseñanza para ser utilizadas con los temas. Una característica especial de este curso fue la invitación de investigadores de otras Universidades brasileñas, como Universidade de São Paulo (USP) y Universidade Federal de Uberlândia (UFU), expertos en Astronomía, para que participaran ofreciendo charlas concernientes a sus áreas de actuación.

Se realizaron 6 encuentros temáticos: (i) la astronomía y la astrofísica de manera general (las estaciones del año, las fases de la Luna, las distancias astronómicas y los movimientos de la Tierra); (ii) el Sol y sus estructuras (núcleo, la fotosfera y cromosfera y corona, rotación diferencial, manchas solares, campo magnético), la diversidad de las estrellas, (los colores y tamaños), galaxias y cosmología; (iii) construcción de actividades prácticas-experimentales con materiales de bajo costo (heliódón y reloj de Sol, espectroscopio de aficionados); (iv) Espectroscopia y visualización del Sol a través de un telescopio con filtro H- α (h-alfa), software *Stellarium*; (v) observaciones diurna y nocturna del cielo (formas de observar el Sol, identificación de las constelaciones como la Cruz del Sur, de Orión, puntos cardinales y "dibujos" de constelaciones); Astronomía en la Educación Básica brasileña; (vi) Astronomía desde los antiguos egipcios hasta los días de hoy; animaciones en *stop-motion* y creación de animaciones en Astronomía; Applets; Física Moderna y radiación del cuerpo negro y actividad práctica-experimental: determinación de la temperatura de la fotosfera solar.

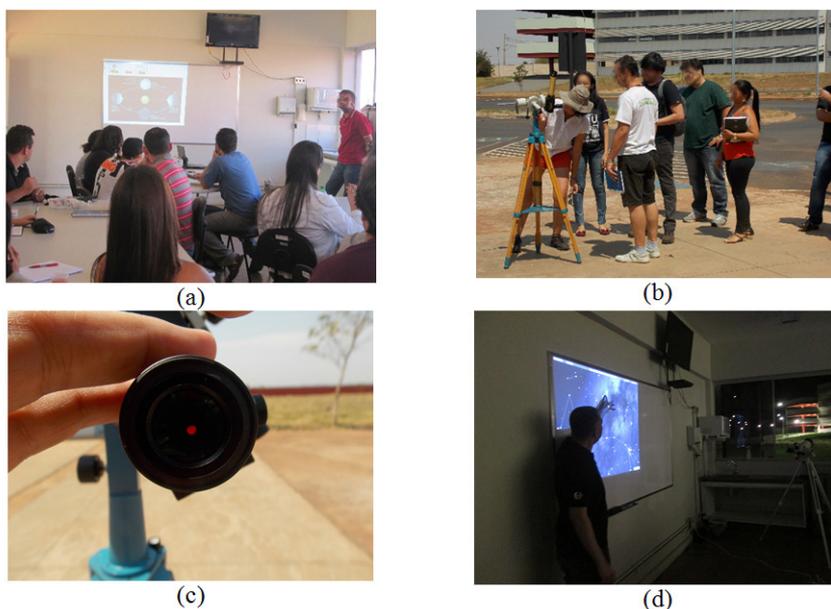


Figura 1: (a) Profesores en el primer encuentro del curso (b) Profesores observando el Sol en el telescopio con filtro H-alfa (c) Imagen del Sol, con filtro H-alfa, formado en el telescopio (d) Presentación sobre Astronomía con el fin de una posterior observación del cielo nocturno.

Fuente: Elaboración Propia

Después del curso y, por una cuestión logística y también de tiempo, tres profesores de diferentes escuelas de Uberaba fueron invitados a desarrollar la SEA con la colaboración de los investigadores, siendo uno de ellos el profesor asociado de la aplicación piloto de la SEA. De esta forma sería posible validar las SEA y ampliarse a otras escuelas. Con el fin de permitir la secuencia en la presentación de los datos y de las acciones desarrolladas, optamos por describir y discutir en el seguimiento del texto el desarrollo de los trabajos en la Escuela Estadual Francisco Cândido Xavier. La presentación que sigue abarca los trabajos desarrollados con SEA relacionados a la Física Solar en los tres años de la Educación Secundaria en la Escuela Francisco Cândido Xavier.

4.3 Momento III: Aplicación de las sea en la educación secundaria

Para permitir la construcción de la SEA, se siguieron los siguientes pasos: (1) las reuniones regulares y seminarios de capacitación (en relación a los temas de la investigación) entre los investigadores y el profesor asociado; (2) entrevista inicial con el profesor asociado, buscando levantar las perspectivas y empeños en cuanto a los trabajos con las SEA; (3) encuentros para la elaboración inicial de la SEA que se iniciará en el aula y las reformulaciones necesarias en el curso de su aplicación; (4) seguimiento de las aplicaciones en aulas; (5) entrevista final con el profesor asociado, un *feedback* de los trabajos realizados - foco en la práctica docente; (6) discusión de los datos encontrados y apuntes finales de la investigación.

En el año 2015, la escuela estatal Francisco Cándido Xavier se ubicaba en un edificio comercial al lado de una estación de servicio, siendo un lugar adaptado y sin condiciones para desarrollar las actividades cotidianas de una escuela: este fue el escenario en que desarrollamos la SEA piloto con alumnos del 3° año de la Educación Secundaria. En 2016 la escuela cambió a nuevas y definitivas instalaciones en un edificio construido y planificado y con una buena infraestructura para albergar a los alumnos, profesores y empleados.



(a)



(b)

Figura 2: (a) y (b) Escuela Estatal Francisco Cándido Xavier.

Fuente: Elaboración Propia.

La escuela cuenta con 16 salas, además de 2 laboratorios de ciencias; 1 laboratorio de idiomas y otro de informática; biblioteca y un amplio patio donde ocurrieron parte de las actividades. En el año de aplicación de la SEA contaba con aproximadamente 740 alumnos, siendo 280 en el período matutino. El proyecto involucró 172 de estos alumnos (70 del 1° año, 42 del 2° año y 60 del 3° año).

Las SEA se configuran como acciones que fueron diseñadas en el recorrido de sus aplicaciones. De esta forma, las secuencias fueron socialmente construidas en la tríada alumnos-profesor-investigadores. Para el primer año de la Educación Secundaria se desarrolló en un total de 10 clases, en dos grupos. El enfoque fue iniciar las acciones con el estudio sobre Astronomía y Astrofísica de modo que el profesor pudiera ir ampliando este estudio con los alumnos a lo largo de toda la Educación Secundaria. Los temas del currículo discutidos este año, además de la astronomía, fueron: cinemática, gravedad, movimiento circular e historia de la ciencia. Al buscar un nuevo enfoque que se distanciara de los enfoques tradicionales en la Enseñanza de la Física, el profesor buscó emplear una película, actividades prácticas experimentales y clases expositivo-dialogadas con interacciones demostrativas con los alumnos (Tabla 2).

Tabla 2. Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje elaborada para el 1º año de la Enseñanza Media

1º año de Enseñanza Media		
TEMÁTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la astronomía: Historia de la astronomía e introducción sobre los planetas • Física Solar: aspectos generales sobre la Física Solar enfocada en la relación Sol-Tierra-Luna • Velocidad de rotación y traslación de la Tierra • Desarrollar actividades prácticas: Determinación del diámetro del Sol (Aroca 2009). 	Nº de Clases 04
	<ul style="list-style-type: none"> • Día y noche • Luna y consecuencias • Estaciones del año a través de interacciones demostrativas con los alumnos • Desarrollar actividades prácticas: Construcción del reloj del sol • Estudios sobre la gravedad de la película "Elysium". 	06
Recursos Didácticos		
• Computadora; datashow; película; Videos y materiales de la actividad práctica-experimental.		

Fuente: Elaboración Propia.

La SEA orientada al 2º año de la Enseñanza Media fue desarrollada en un total de 14 clases, en dos grupos. El profesor inició las actividades enfocando estas temáticas por medio de un abordaje histórico y ampliando su estudio a través del estudio de los aspectos generales sobre la Física Solar, teniendo en cuenta que los alumnos aún no habían estudiado tópicos de Astronomía y Astrofísica. Los temas curriculares abordados fueron: concepto de calor, capacidad térmica y calor específico, procesos de cambio de calor, efecto invernadero, radiaciones electromagnéticas, propagación y características de la luz y astronomía. Frente a los enfoques realizados, se empleó una película, simuladores, videos y materiales de la actividad práctica-experimental (Tabla 3).

Tabla 3. Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje elaborada para el 2º año de la Enseñanza Media.

2º año de Enseñanza Media		
TEMÁTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la astronomía y a la astrofísica en un enfoque histórico. • Física Solar: aspectos generales sobre la Física Solar enfocada en los conceptos de producción de energía y termodinámica. 	Nº de Clases 04
	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de los procesos de fusión y fisión nuclear • Termología: capacidad térmica y calor específico • Ley de Wien, desplazamiento y estudio de las curvas • Aspectos de la física moderna relacionados con la cuantización de energía • Revisión sobre las nociones matemáticas: potenciación, notación científica y uso de la calculadora científica • Desarrollar actividades prácticas: Determinación de la temperatura de la fotosfera solar (Caniato 1990, Aroca 2009). 	06
	<ul style="list-style-type: none"> • Los colores de las estrellas • La influencia del Sol en la Tierra: tormenta geomagnética y viento solar. 	04
	Recursos Didácticos	
• Computadora; Fichas; Película; Simuladores; Videos y materiales de la actividad práctica-experimental.		

Fuente: Elaboración Propia.

La SEA orientada al 3º año de la Educación Secundaria fue desarrollada en un total de 14 clases, en dos grupos. El profesor inició las actividades enfocando estas temáticas por medio de un abordaje histórico y ampliando su estudio a través del estudio de los aspectos generales de la Física Solar, teniendo en cuenta que los alumnos aún no habían estudiado tópicos de Astronomía y Astrofísica. Los temas curriculares abordados fueron: conceptos de física cuántica, átomo de Bohr, fusión y fisión nuclear, magnetismo. Frente a los enfoques realizados, también se empleó una película, simuladores, videos y materiales de la actividad práctica-experimental (Tabla 4).

Tabla 4. Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje elaborada para el 3º año de la Enseñanza Media.

3º año de Enseñanza Media		
		Nº de Clases
TEMÁTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Física Solar: aspectos generales sobre la Física Solar enfocada en los conceptos de espectroscopia y evolución estelar, además de conceptos básicos de Astrofísica. 	02
	<ul style="list-style-type: none"> • La evolución atómica: de Dalton a Heisenberg • Estudios del átomo de Bohr • Estudios de tópicos de Física Moderna: Espectroscopia y naturaleza de la luz • Desarrollar actividades prácticas: Prueba de la llama y espectroscopio de aficionados (SEE/SP 2009, Azevedo 2008, NUPIC 2011). 	10
	<ul style="list-style-type: none"> • El nacimiento y la muerte de una estrella • Posibilidades de vida fuera del planeta Tierra y más allá del Sistema Solar. 	02
Recursos Didácticos		
<ul style="list-style-type: none"> • Computadora; Fichas; Película; Simuladores; Videos y materiales de la actividad práctica-experimental. 		

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente investigación los datos fueron contruidos a partir de las observaciones realizadas por el investigador durante las SEA y en las entrevistas semiestructuradas con el profesor asociado de la investigación. En total fueron dos grupos de cada año y casi todos los alumnos demostraron entusiasmo por los estudios relacionados a la Física Solar. Las primeras clases de las SEA de todas las salas se constituyeron por una conferencia introductoria sobre la Física Solar, trabajadas en asociación profesor-investigadores. Esta conferencia se configuró como un elemento motivador para los alumnos, sirviendo como un atractivo para las próximas clases. Este hecho remite directamente a la práctica docente en virtud de la motivación de los alumnos a buscar el conocimiento, reflejo de la dimensión pedagógica del rombo didáctico. En las entrevistas, el profesor elucidó el hecho de instigar al alumno a partir de nuevos enfoques metodológicos y de contenido.

Investigador: *¿Cómo ves el trabajo con la SEA como fomento para la enseñanza de la física?*

Profesor: *Me parece interesante por llevar nuevos enfoques de los contenidos de física a las clases, lo que resultó en una mayor interacción con los alumnos.*

La interacción de los alumnos, citada por el profesor, fue percibida durante la aplicación de las SEA a través de su participación en prácticamente todas las clases en que las SEA fueron trabajadas. Por medio de indagaciones dirigidas al profesor, los alumnos siempre buscaban comprender un poco más sobre la temática abordada en el aula. Así, se verificó que a partir de un elemento motivacional, los alumnos buscaron el conocimiento científico por medio del profesor, o sea, la

dimensión epistémica del rombo didáctico fue iniciada primero por los alumnos, haciendo del profesor una figura central para la validación del conocimiento científico.

Este hecho requirió una preparación del profesor para que tuviera seguridad frente a las temáticas, así como para responder a las preguntas de los alumnos. En este punto es importante resaltar que el profesor siempre se colocaba en una postura muy autocrítica frente a su actuación y preparación. Sin embargo, en varios momentos explicitó un alto conocimiento teórico de todos los temas enseñados y en todas las clases, teniendo mayor seguridad en impartir estos contenidos en relación a la aplicación de la SEA piloto. En el caso de la Física Solar en la Educación Secundaria y de las complementaciones realizadas por el profesor estudiando en cursos sobre la temática en textos del Observatorio Nacional (institución creada en 1827, ubicada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, que ofrece gratuitamente a toda la población materiales y cursos sobre temas de Astronomía), se refuerza la dimensión epistémica del rombo cuando se ejecuta el vínculo entre el profesor-conocimiento científico.

Investigador: *¿Crees que el curso de formación "La física solar en la Educación Secundaria", su primera experiencia [piloto] con una SEA y el tema Física Solar te ha dejado con más confianza para impartir este contenido?*

Profesor: *Con respecto al contenido, lo que hubiera ganado con el curso que no cumplí debido al elevado número de faltas, y con la primera aplicación fue buena. Pero no muy significativa teniendo en cuenta mi participación en los cursos a distancia del Observatorio Nacional que hago desde hace varios años. Pero la aplicación [de SEA], por mí o por el equipo de la UFTM [investigadores], seguramente posibilitó una mejora de la forma y del contenido seleccionado. Además del hecho de presentar las actividades prácticas que, sin duda, fueron la gran contribución para mi práctica.*

Un hecho importante citado por el profesor fue la baja incidencia solar en un día que estaba prevista la actividad práctica "Determinación del diámetro del Sol" para el primer año de la Educación Secundaria, en consecuencia, el profesor pidió a los alumnos realizar la actividad en casa y traer los resultados en la otra clase. Esta solución no fue muy eficaz, pues la mayoría de los alumnos no aportó los datos de la actividad práctica. Así, se constató que a pesar de la motivación de los alumnos en la clase con la Física Solar, el mismo interés no fue correspondido en una actividad extra clase, siendo que la principal justificación de los alumnos fue la falta de orientación a la hora de la ejecución de la actividad. Así, la eficacia de las actividades prácticas se demostró ligada al ambiente escolar, donde el profesor orientó y exigió de sus alumnos los resultados de las actividades prácticas realizadas personalmente.

Investigador: *¿Cuáles fueron sus dificultades en la reaplicación de la SEA?*

Profesor: *Una vez más mi preparación estaba por debajo de lo que debería, limitando el aprendizaje de los alumnos. Otro problema fue la no colaboración del actor principal, el Sol, en unos días. Pero, a excepción de este detalle, me ha gustado mucho el resultado del proyecto este año, mostrando claramente la esperada evolución con respecto al año anterior [proyecto piloto] [...].*

Con esta constatación, la realización de las demás actividades fue conducida por el profesor en el patio de la escuela (Figura 3). Así, tuvieron un efecto positivo en relación al interés de los estudiantes y fueron interactivas y beneficiosas para la práctica docente.

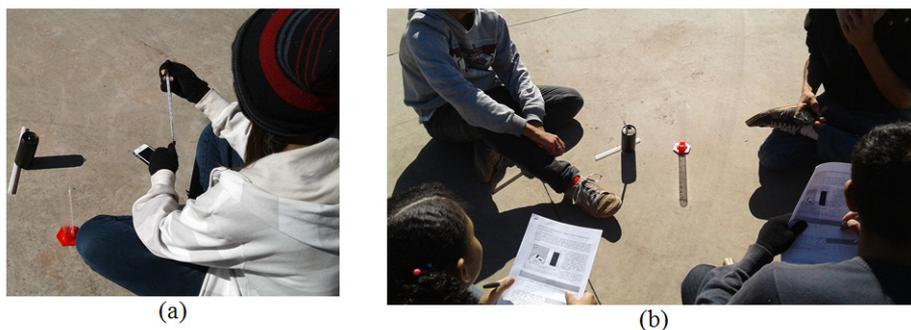


Figura 3: (a) y (b) Alumnos realizando la actividad “determinación de la temperatura de la fotosfera solar” en el patio de la escuela estatal Francisco Cándido Xavier.

Fuente: Elaboración Propia.

El profesor asumió el papel de mediador de las acciones de los alumnos, en que coordinaba y aclaraba las dudas que surgieron durante las actividades. Se evidenció la mejora tanto metodológica como para el proceso de enseñanza y aprendizaje frente a la interacción del profesor con los alumnos. Una vertiente que nos remite al eje epistémico del rombo didáctico, en que ambos estaban relacionando el conocimiento científico con el mundo material para atender a la inseparabilidad teoría-práctica. La dimensión pedagógica fue contemplada en este momento, ya que el trabajo del profesor como mediador de la actividad fue conducir a los alumnos a resolver sus propias dudas en relación al montaje y a la ejecución de las actividades que realizaban. De este modo, percibimos que las actividades prácticas generan un efecto positivo en la práctica docente, ya que instigaron a los alumnos a relacionar teoría y práctica de forma conjunta y no compartimentada, hecho que representa una ganancia en innovación para el proceso de enseñanza de la Educación Secundaria.

La mediación del profesor se hizo evidente en las actividades "construcción de un espectroscopio de aficionados" (SEE/SP 2009, Azevedo 2008, NUPIC 2011) y "determinación de la temperatura de la fotosfera solar" (Aroca, 2009). En la primera, el profesor explicó todo el aspecto teórico involucrado en la actividad y cómo sería el montaje del espectroscopio. Luego, los alumnos montaron y apuntaron el equipo a una fuente de luz. Las dudas comenzaron a surgir en relación al espectro formado. Así, el profesor asumió el papel de mediador entre el conocimiento científico y el alumno.

En la segunda actividad, las dudas de los alumnos también fueron muy evidentes. La recolección de datos de esta actividad es simple: consiste en colocar agua en una lata del color negro, dejar la lata con un termómetro sobre la irradiación del Sol por 5 minutos y medir las temperaturas inicial y final del agua dentro de la lata. En este proceso, podemos citar las dudas más frecuentes: la cantidad de tiempo que la lata queda bajo la incidencia de los rayos solares; la temperatura del agua (si se tiene un agua más fría o caliente) y el motivo por el cual el color de la lata sea negro. En cuanto a las dos primeras dudas, el profesor pidió que los alumnos hicieran la prueba de sus hipótesis, para luego comparar los resultados finales en las discusiones en el aula y resolver las dudas. La tercera duda más común de los alumnos era respondida en el momento, pues no había latas de otro color, la explicación era que la lata del color negro absorbía más calor que cualquier otro color, haciendo que pudiesen recolectar los datos de la mejor manera posible.

La mayor dificultad en la actividad "reloj de sol" fueron los errores involucrados en los instrumentos de medidas. La construcción del reloj es simple, precisando sólo un triángulo rectángulo de telgopor con un ángulo igual a la de la latitud del lugar que se realizó la actividad, una placa de telgopor, una varilla y una figura graduada con las horas del día. Primero se pegó la figura graduada en la placa de telgopor y se fijó esta placa al triángulo. En segundo lugar, se fijó la varilla exactamente en el centro de la placa para que sirviera de puntero al reloj. Por fin, con una brújula se posicionó el reloj exactamente en el eje norte-sur orientada al sur para que se pudieran ver las horas. Los errores fueron: los cortes del triángulo no tenían siempre la misma angulación de la latitud del local y la brújula sufrió interferencias electromagnéticas (lo que impidió que se localizara exactamente el eje norte-sur). Así, la duda más frecuente fue "¿por qué no está marcando la hora correcta?". Todos estos errores experimentales fueron explicados por el profesor para justificar esta imprecisión del reloj solar.

En la sala, las clases trabajadas por el profesor consistieron en diferentes enfoques metodológicos, que se configuraron en prácticas innovadoras frente a las acciones que venían siendo ejecutadas. La historia de la ciencia fue una estrategia muy utilizada y aceptada por los alumnos durante la aplicación de las SEA en todos los años, como se nota en varios momentos: (i) en los 1º e 2º años con el enfoque histórico de la Astronomía; (ii) en el 2º año en lo que se refiere a la física moderna relacionada a la cuantización de energía, en especial a las ideas de Max Planck a finales del siglo XIX sobre radiación del cuerpo negro; (iii) en el 3º año a partir de la historia de la evolución atómica de Dalton (pasando por Bohr) a Heisenberg.

Otra estrategia utilizada por el profesor fue el uso de videos para explicar y ejemplificar algunos contenidos relacionados a la Astronomía y Astrofísica. Por ejemplo, en el primer año el profesor buscó discutir la temática "gravedad" a partir de una estación espacial presente en la película "Elysium". Este enfoque permitió la discusión de la correlación entre gravedad y movimiento circular y la acción de esta sobre la formación de la atmósfera, articulándose a la dimensión epistémica presente en el rombo didáctico, dado que se coloca en diálogo el mundo material presentado por medio del lenguaje cinematográfico y se despierta gran interés en el público joven, en particular, a través del conocimiento científico.

En el tercer año, un documental sobre el nacimiento, la vida, los tipos y la muerte de las estrellas fue el eje orientador para las discusiones futuras sobre lo que entendemos de las estrellas y cuáles son las informaciones que extraemos de ellas (y de qué forma). La receptividad de los alumnos a este enfoque fue grande, generando muchas discusiones sobre temas afines, tales como el agujero negro, el fin del planeta Tierra, entre otros. Una vez más, la dimensión epistémica es evidenciada al acercar al joven del conocimiento científico a partir del cine, con la mediación del profesor.

Contraponiendo estos enfoques, cabe resaltar que en algunas clases el enfoque tradicionalista prevaleció. La noción de prácticas innovadoras no implica una sustitución plena de los enfoques tradicionalistas, por el contrario, buscan contribuir para que el trabajo docente tenga nuevos sesgos en su actuación, de modo que permitan al profesor hacer uso de diferentes herramientas didácticas en momentos oportunos de su actuación con los alumnos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Los datos recogidos evidenciaron que para desarrollar un buen trabajo en el contexto escolar es de suma importancia que todos los participantes mantengan un diálogo constante y reflexionen sobre las acciones realizadas durante las SEA frente a adaptaciones necesarias a la realidad de sus clases. También percibimos que las SEA desarrolladas se configuraron como herramientas

didácticas que permitieron al profesor trabajar un tema amplio de manera interdisciplinaria, innovadora y no disociando teoría y práctica.

Al final de los trabajos, como retroalimentación del trabajo con las SEA, el profesor manifestó interés en trabajar con SEA en otras temáticas de la Física de la Educación Secundaria:

Investigador: *Usted había dicho en entrevistas anteriores que usaría una SEA para otros temas, como óptica. Con esa reaplicación, ¿usted todavía cree que este trabajo pasará a integrar su práctica docente? ¿Aprueba una SEA como herramienta para la enseñanza de física?*

Profesor: *Lo que fue, y cómo fue aplicado este año [2016] ya es parte de mi planificación anual. Pasará por adaptaciones que la dejen más a mi estilo, pero ya están incorporadas. Y pretendo adaptar nuevas temáticas para ser aplicadas en otros contenidos.*

A partir de las acciones realizadas y del discurso del profesor que las SEA se configuraron como un abordaje que traía mejoras para la práctica docente y para el (re)pensar de los trabajos desarrollados con los alumnos. De esta forma, entendemos que el perfeccionamiento extrapola el trabajo con contenidos, ya que el profesor manifestó el deseo de ampliar este trabajo a otros temas con los alumnos. Este hecho nos lleva a concluir que las SEA pueden promover prácticas innovadoras, por medio de diferentes enfoques curriculares y metodológicos, para la enseñanza de la Física en la Educación Secundaria.

De forma inequívoca, podemos afirmar que se introdujo una innovación curricular y metodológica, pues utilizando una temática específica (Sol), se consiguieron presentar nuevos conocimientos a los alumnos, sin embargo, sin descuidar los contenidos curricularmente exigidos. La innovación también se manifestó cuando fueron construidas relaciones entre contenidos de otras materias, ya que tradicionalmente la enseñanza en las escuelas brasileñas no produce conexiones entre las diferentes áreas de conocimiento (Física, Química, Biología, Historia, Geografía, Artes, entre otras). La inclusión de actividades experimentales posibilitó una mayor integración de los estudiantes en las actividades desarrolladas articulando la teoría-práctica a partir de experimentos de bajo costo. Estas innovaciones resultaron en una gran interacción con los estudiantes, generando en ellos una curiosidad científica que generalmente no se consigue en las materias enseñadas tradicionalmente. A raíz de esto, los alumnos fueron motivados a hacer preguntas que extrapolaban los contenidos que estaban siendo discutidos, ampliando aún más el alcance de conocimientos adquiridos más allá de lo que fue planeado.

Para ello, acciones dirigidas a la mejora de la relación universidad-escuela pueden ser implementadas y analizadas y por ello se hace necesario un trabajo más intenso en la formación docente para la participación de los profesores en acciones como la aquí relatada, que incluyan innovaciones curriculares, particularmente en la enseñanza de la Física Moderna, durante su formación continuada, en especial para docentes que ya se formaron hace algún tiempo y no tuvieron contacto con estos conceptos. En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo contribuir, ya que el profesor en formación de la clase participó en todo el proceso al desarrollar formas de complementariedad entre acciones educativas en la universidad y en la escuela.

Sin embargo, hay que considerar que la formación de profesores para el trabajo con la temática es compleja y sus resultados pueden no evidenciarse de inmediato. Se trata de otro factor que amplía la importancia de la formación de profesores para el trabajo con el tema aún durante la graduación, lo que ocurrió en el curso "La Física Solar en la Educación Secundaria" con la participación de estudiantes de pregrado en Física y Química, por ejemplo.

Se destaca el papel del rombo didáctico como herramienta de análisis, a partir de la cual es posible vislumbrar la multidimensionalidad de la acción educativa en Ciencias de la Naturaleza, a partir de la integración entre conocimiento científico, mundo material, profesor y alumno. El rombo didáctico mostró potenciales para subsidiar una mejor elección de los recursos educativos por el profesor y una consecuente organización de su acción pedagógica, que favorecen al docente percibir su trabajo de forma más amplia. Así, se privilegia el establecimiento de relaciones entre las diferentes formas de enseñar ciencias, teniendo en cuenta la necesidad de formar a sus futuros alumnos para un aprendizaje a lo largo de la vida, en especial en el área científica. Vimos que esta es una herramienta que auxilia de forma significativa para el análisis de lo que ha ocurrido en el aula, en especial en lo que respecta al trabajo alumno-profesor siendo, por lo tanto, un instrumento muy interesante para pensar el análisis de la práctica docente. Finalmente, destacamos la viabilidad de innovación curricular y metodológica en la Enseñanza Media frente al uso de SEA.

Delante de lo expuesto, como consecuencia del desarrollo de la actividad, hubo una estimulación del profesor e investigador(es) sobre el potencial uso de las SEA en otras temáticas, del posible cambio de paradigma en la forma de enseñar y de relacionar el “mundo material” con el conocimiento científico en el salón de clases. El uso del rombo didáctico permitió un mejor entendimiento de las brechas existentes, en el contexto escolar actual, entre profesor y conocimiento científico; profesor y mundo material (dicotomía teoría y práctica); alumno y conocimiento científico (analfabetismo científico) y el alumno y mundo material (aplicación de conocimientos adquiridos para una mejor comprensión de su día a día). Luego de ser detectadas estas brechas, se hizo necesario crear puentes didáctico-pedagógicos a través de las SEA creando un ambiente fructífero para el aprendizaje del estudiante, contextualizando con su vida escolar y social, y el reciclaje del conocimiento del profesor, en el aspecto teórico y práctico.

Las recomendaciones para estudios futuros, en continuidad a este, incluyen la investigación sobre cómo la experiencia vivida contribuyó a la actuación del profesor en lo que se refiere al abordaje de otros temas que no sean la Física Solar. Además, si otros profesores que participaron del curso, agregan en su práctica pedagógica los contenidos de Física Solar y, si lo hacen, de qué forma ocurre el proceso. De esta forma, la asociación universidad-escuela presenta un camino que puede favorecer cambios con el fin de conseguir un perfeccionamiento de la educación científica en Brasil, inclusive en los índices de desempeño de los alumnos en exámenes nacionales.

REFERENCIAS

- Aroca, S. C. (2009). *Ensino de física solar em um espaço não formal de educação*, Tese de Doutorado, Instituto de Física de São Carlos, USP, São Carlos. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/76/76131/tde-13032009-100501/pt-br.php>
- Azevedo, M. C. P. S. (2008) *Situações de ensino – aprendizagem. Análise de uma sequência didática de física a partir da Teoria das Situações de Brousseau*. Dissertação de mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-09102008-141845/pt-br.php>
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação – Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Alegre: Porto Editora.
- Brasil. (2002). *PCN+ Ensino Médio. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias*. Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília.
- Brasil. (2017). *Índice de Desenvolvimento da Educação Básica*. Recuperado de <http://idebescola.inep.gov.br/ideb/consulta-publica>

- Caniato, R. (1990). *O céu*. São Paulo: Editora Ática.
- Colombo JR., P. D. (2014). *Inovações curriculares em ensino de Física Moderna: investigando uma parceria entre professores e centro de ciências*. 254 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências – Ensino de Física), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Fazio, C., Guastella, I., Sperandeo-Mineo, R. M., & Tarantino, G. (2008) Modelling Mechanical Wave Propagation: Guidelines and experimentation of a teaching–learning sequence. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1491-1530. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/09500690802234017>
- Komorek, M., y Duit, R. (2004). The teaching experimente as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, Special Issue, 26 (5), 619 – 633.
- Lijnse, P. L. (1994). La recherche-développement: une voie vers une "structure didactique" de la physique empiriquement fondée. *Didaskalia*, 3, 93-108.
- Lijnse, P. L., & Klaassen, K. (2004) Didactical structures as an outcome of research on teaching–learning sequences? *International Journal of Science Education*, Special Issue, 26(5), 537-554. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/09500690310001614753>
- Lüdke, M., y André, M. (1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- Meheut, M., & Psillos. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/09500690310001614762>
- NUPIC (2011). *A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula: Dualidade Onda-Partícula, 2011*. Recuperado de www.nupic.fe.usp.br
- Psillos, D., Tselves, V., y Kariotoglou, P. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching–learning sequences: the case of fluids. *International Journal of Science Education*, Special Issue, 26 (5), 555-578.
- SEE/SP. (2009) Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Caderno do Professor: Física. *Secretaria de Estado da Educação, São Paulo*, 3(3), 25-9.
- Silva, R. G., & Silveira, A. F. (2014). *Abordagens Inovadoras para o Ensino de Física: Uma proposta de intervenção sobre energia*. Encontro de Iniciação à Docência da UEPB. Campina Grande. Recuperado de <http://www.editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/anais.php>
- Viiri, J., & Savinainen, A. (2008). Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational scaccre construction. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(2), 80-86. Recuperado de http://www.lajpe.org/may08/01_Jouni_Viiri.pdf
- Vilela, C. X., Guedes, M. G. M., Amaral, E. M. R., & Barbosa R. M. N. (2007). *Análise da elaboração e aplicação de uma sequência didática sobre o aquecimento global*. VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis/SC. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p710.pdf>