

PROYECTO DE AMBIENTES INNOVADORES DE ENSEÑANZA Y LA PROPUESTA DEL LABORATÓRIO DE FORMACIÓN INTERDICPLINAR DE EDUCADORES EN NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA - LIFENano/IFSP

DESING OF INNOVATIVE LEARNING ENVIRONMENTS AND THE PROPOSAL OF A LABORATORY FOR THE INTERDISCIPLINARY TRAINING OF TEACHERS IN NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY – LINENano/IFSP

Allan V. Ribeiro¹, Moacir Pereira de Souza F.²

¹ NanoDyF, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, Birigui, Brasil

² NanoDyF, Departamento de Física, Química e Biologia, Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, Brasil

(Recibido: Octubre/2014. Aceptado: Enero/2015)

Resumen

En el caso de la educación básica brasileña, las propuestas para la introducción sistemática de conceptos de Nanociencia y Nanotecnología (NC & NT) son aún muy incipientes. Para superar la escasez de ambientes de formación interdisciplinarios e innovadores orientados hacia la ciencia contemporánea, es imprescindible que las instituciones de educación superior hagan uso de la contribución financiera proporcionada por organismos gubernamentales y agencias de financiación para desarrollar acciones eficaces en la escuela de educación básica. Esto es necesario para promover la alfabetización científica en diferentes niveles de escolaridad. En medio de los diferentes desafíos educativos, acciones e iniciativas encaminadas al perfeccionamiento de la formación docente para la enseñanza primaria y secundaria en diversas áreas del conocimiento vienen siendo debatidas por el gobierno federal brasileño. En este contexto, destacamos el Programa de Apoyo a Laboratorios Interdisciplinarios de Formación de Educadores – LIFE, que tiene como objetivo seleccionar propuestas de creación de laboratorios interdisciplinarios de formación del profesorado.

En este artículo se presenta una propuesta de creación de un laboratorio para la formación interdisciplinaria de educadores en Nanociencia y Nanotecnología, llamado LIFENano/IFSP, que interactúa con el Programa Institucional de Becas de Iniciación a la Enseñanza - PIBID/CAPES. A partir del análisis de las propuestas, junto con las percepciones de los maestros en formación, se percibió que dichos programas constituyen una acción estratégica e innovadora para promover, paralelamente con la formación continua de los educadores, la inserción de conceptos de nanociencia, nanotecnología, y otros temas importantes de la ciencia contemporánea, en los planes nacionales de estudio y en las prácticas de enseñanza.

Palabras Clave: Nanociencia y Nanotecnología, Interdisciplinaridad, Formación de Profesores.

Abstract

In the case of the basic education in Brazil, the proposals for a systematic introduction of nanoscience and nanotechnology (NC & NT) are rather incipient. To overcome the lack of innovative and interdisciplinary environments devoted to the teaching of contemporary science, the institutions of higher education should apply for the grants offered by national agencies to develop effective activities in the basic school. This is necessary to promote a scientific literacy in every level of education. In the midst of the different educational challenges, several actions and initiatives to improve the teachers training in the primary and secondary education, in various areas of knowledge, are under debate by the Brazilian Government. In this context, we highlight the program of support for interdisciplinary laboratories of educators' qualification (LIFE), which aims to select proposals for creating interdisciplinary teacher training laboratories. This article presents a proposal for the creation of a laboratory for interdisciplinary training of educators in nanoscience and nanotechnology, called LIFENano/IFSP, which interacts with the institutional scholarship program of initiation in teaching (PIBID / CAPES). By analyzing the proposals, taking into account the perceptions of the undergraduate students, it was detected that these programs constitute a strategic and innovative action to promote, in parallel with the continuous training of teachers, the introduction of concepts of nanoscience, nanotechnology, and

other important areas of contemporary science, into the national plans of education and teaching practices.

Keywords: Nanoscience and Nanotechnology, Interdisciplinarity, Teachers training.

Introducción

En general, la educación básica en Brasil es precaria y enfrenta serias dificultades. Los problemas están no sólo relacionados con la infraestructura y la escasez de maestros en las escuelas, sino, principalmente, con la interacción dialógica que se instala en el aula. Si por un lado hay una preocupación con la calidad de la formación inicial del profesor, por otro lado, falta interés de los estudiantes, que se dan cuenta de que, lo que se enseña en el ambiente escolar, no está directamente relacionado a su "mundo" o la vida cotidiana.

En este contexto, parece utópica la pretensión de introducir conceptos relacionados con la nanociencia y la nanotecnología (NC & NT), ya que estos contenidos son practicados en laboratorios modernos y, como consecuencia, también estarían lejos de la realidad del estudiante. Sin embargo, muchos autores consideran que una alfabetización científica que se refiera a conceptos, fenómenos y procesos básicos de la nanotecnología, es imperativo para instruir y motivar a los jóvenes estudiantes [1] y para preparar estas "nuevas mentes" para una "nueva era" [2].

Debido a la falta del abordaje de temas relacionados con la ciencia contemporánea en la educación básica y la necesidad de formar a los profesores para desarrollar un trabajo interdisciplinario y contextualizado [3-5] (que se basa en acciones simultáneas de profesores de distintas disciplinas con énfasis en nanotecnología), es que las instituciones de educación superior han buscado las contribuciones financieras de las organizaciones no gubernamentales y agencias de desarrollo, con el fin de facilitar la ejecución de acciones efectivas en las escuelas de educación básica [6].

En este contexto, destacamos dos programas del gobierno brasileño que promueven la capacitación de maestros: el programa institucional de becas de introducción a la enseñanza (PIBID) y el programa de apoyo a laboratorios interdisciplinarios de formación de profesores (LIFE). Con el fin de mejorar la calidad de la educación en Brasil, el Instituto Federal de São Paulo-IFSP, campus de Birigui, presentó proyectos que recibieron apoyo financiero por parte de ambos programas.

El Proyecto LIFENano y el Proyecto PIBID del IFSP

Acciones e iniciativas encaminadas al reconocimiento y perfeccionamiento de la formación docente para la enseñanza primaria y secundaria en diversas áreas del conocimiento, han sido debatidas por el gobierno federal brasileño. Entre los diversos programas temáticos de la CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), el Programa Institucional de Becas de Iniciación a la Enseñanza (PIBID) es el que más se destaca en el panorama nacional. El objetivo de este programa es anticipar los vínculos entre los futuros maestros y las aulas de la red pública de educación, mediante la integración de los estudiantes de cursos pedagógicos de pregrado en el contexto de las escuelas públicas. Esto se hace desde el comienzo de su formación académica, para que ellos desarrollen actividades didáctico-pedagógicas bajo la dirección y supervisión de profesor de pregrado y una maestra de la escuela pública.

En el estado de São Paulo, la región de Birigui presenta un gran déficit de profesionales involucrados en la enseñanza de ciencias naturales. En Física, por ejemplo, la Junta de Educación de Birigui indica que, de los 40 docentes que trabajan en la enseñanza de la asignatura, sólo siete tienen formación pedagógica en Física. Los demás maestros no tienen la formación deseada en esa área.

Estos datos ponen de relieve la necesidad de invertir en la formación de maestros para estas áreas del conocimiento, con el objetivo de mejorar la calidad de la educación. La falta de maestros calificados es muy perjudicial y se refleja en desinterés cada vez mayor de los estudiantes de nivel pre-universitario en seguir carreras de perfil pedagógico. En realidad se trata de acciones interconectadas, en que una provoca la otra, una enseñanza motivante puede hacer que más estudiantes de la educación básica quieran ser maestros en el futuro.

Desde el punto de vista pedagógico, el maestro formado en un curso superior de perfil pedagógico se verá favorecido por una formación sólida que amplía la visión de los fenómenos y aplicaciones, además de ofrecer una visión interdisciplinaria de estas áreas del conocimiento.

Además del PIBID, ha sido establecido el Programa de Apoyo a Laboratorios Interdisciplinarios de Formación de Educadores – LIFE, que tiene como objetivo la creación de laboratorios interdisciplinarios de formación del profesorado. Los recursos financieros son otorgados por el gobierno federal, para fomentar y promover la construcción de espacios físicos y equipos, y permiten crear laboratorios en las Instituciones Públicas de Educación Superior (IPES). Esto tiene el objetivo de promover la interacción entre diferentes cursos de formación de maestros, con el fin de fomentar el desarrollo de metodologías destinadas a: (i) prácticas pedagógicas innovadoras; (ii) formación de carácter interdisciplinar de los estudiantes de pregrado de cursos con perfil pedagógico; (iii) preparación de

materiales de carácter interdisciplinar; (iv) uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC); (v) coordinación entre los programas de la CAPES que estén relacionados a la educación básica [7].

Desde la perspectiva de este programa, la propuesta innovadora de IFSP, en el campus de Birigui, fue considerado entre los 20 mejores proyectos presentados en todo el país a la llamada LIFE n° 067/2013. Fueron otorgados recursos financieros del orden de R\$ 400.000,00 por parte de la CAPES. La propuesta trata de la creación de un laboratorio para la formación interdisciplinar de educadores en nanociencia y nanotecnología, llamado LIFENano/IFSP. El desarrollo de esta iniciativa en conjunto con las acciones del PIBID/CAPES representa una estrategia innovadora para promover, simultáneamente con la formación continuada de los educadores, la introducción de conceptos de nanociencia, nanotecnología, y otros temas importantes de la ciencia contemporánea, en los planes nacionales de estudio y en las prácticas de enseñanza.

En acuerdo con el proyecto institucional, este subproyecto se basa en la idea de que la tarea de los docentes requiere una práctica educativa que aumenta la autonomía, la creatividad y la crítica como principios fundamentales para el ejercicio de la docencia. Con este fin, en el marco de la formación inicial, el futuro maestro debe haberse asegurado un proceso de reflexión-acción-reflexión y discusión que considera los contenidos específicos como herramientas que hacen posible, en el ejercicio del magisterio, establecer vínculos entre lo particular y lo general, entre la parte y el todo, con el objetivo de que los alumnos de la educación básica produzcan conocimiento, en la trayectoria de su vida y en aplicaciones en situaciones cotidianas.

Por lo tanto, este artículo pretende reflexionar sobre las propuestas y las perspectivas de este tipo de proyectos en la formación docente.

Reflexiones sobre la formación docente

En este contexto, una búsqueda que atraviesa la acción docente es enfatizada en las reflexiones de Shön [8], que apunta a una formación vinculada a la práctica docente, lo que implica un replanteamiento sobre la acción de enseñanza propiamente dicha.

Según Pimienta y Lima [9], la acción docente debe desarrollar actividades específicas y estructuradas, donde el papel de la teoría es "iluminar" y ofrecer instrumentos y esquemas para el análisis y la investigación sobre esta acción.

Así, Perrenoud [10] señala que, entre las competencias que los maestros deben poseer, más allá del contenido a ser enseñado, está la capacidad de

involucrar a los estudiantes en las actividades de investigación y proyectos en conocimiento [11]. Por lo tanto, la formación inicial o continuada debe proporcionar medios para la profesionalización basada en los nuevos retos educativos contemporáneos.

Santos (2008) [12] establece que la complejidad de las relaciones y problemas contemporáneos requiere una nueva forma de pensar y reflexionar sobre la organización social y educativa, oponiéndose a la fragmentación del conocimiento. En la educación, las consecuencias del romper con este paradigma apuntan hacia la necesidad de repensar, reflexionar y evaluar la articulación de nuevas metodologías y enfoques [13], contribuyendo al fortalecimiento de las teorías emergentes, tales como teoría de la complejidad sistematizada por Morin (1991) [14] y la teoría de la transdisciplinariedad sistematizada por Nicolescu (1999) [15].

Traer y articular tales referencias al contexto escolar, no es una tarea sencilla, porque, como destaca Santos (2008) [12], se trata de "rescatar el eslabón perdido con la práctica de la fragmentación del conocimiento" en busca de una educación compleja, investigativa y global, integrando diferentes niveles en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Dentro de esta perspectiva, la necesidad de establecer un ambiente interdisciplinar que permita la formación integral del educador, principalmente en su formación inicial, que, buscando de esa forma, cada vez más, la integración entre el conocimiento didáctico-pedagógico y el conocimiento científico específico de las áreas en un conjunto unido e interdisciplinar, respetando no sólo los cambios de paradigmas, así como el nuevo contexto socio-económico y las nuevas tecnologías que exigen del maestro un nuevo quehacer pedagógico.

Mediante una perspectiva interdisciplinar y articulada con los conocimientos científicos contemporáneos, se destacan áreas emergentes del conocimiento, tales como la Nanociencia y la Nanotecnología (NC & NT), que afectan nuestro presente y determinan nuestro futuro [16]. En este sentido, es necesario promover la alfabetización científica en diferentes niveles de escolaridad. Debido al carácter interdisciplinar de contenidos relacionados a NC & NT, es necesario repensar y evaluar nuevas metodologías de enseñanza que involucren las distintas áreas del saber [17]. Las aplicaciones de NC & NT están presentes en las más diversas áreas del conocimiento, tales como electrónica, medicina, en el sector automovilístico y en la aeronáutica [18]. En el caso de la educación básica, la introducción de conceptos relacionados con la NC & NT son muy incipientes, mientras que estos términos son con frecuencia mencionados y publicados en los principales medios de comunicación [19].

A partir de eso, Laherto (2010) [22] destaca la importancia de que los planes de estudio incorporen cuestiones relacionadas con NC & NT, pero señala que la relevancia en la educación está en promover una alfabetización científica y tecnológica que tome en cuenta los aspectos sociales.

Desde esta perspectiva, es esencial, en la formación del educador, desarrollar estrategias de enseñanza, dentro de una referencia interdisciplinar, con el objetivo de articular conocimientos de las ciencias naturales y otras áreas del conocimiento, en el sentido de llevar a los estudiantes de educación básica de la NC & NT [21] y, entonces, hacerlo conocedor y crítico de la dimensión social impuesta por las nuevas tecnologías [22].

Propuestas y perspectivas para la divulgación de la nanotecnología

Como NC & NT son temas transversales, de acuerdo con los planes nacionales de estudio [4], y son por su esencia interdisciplinarios, por medio de un ambiente de aprendizaje plural y caracterizado por el uso de nuevos lenguajes y tecnologías de la información y la comunicación (TIC) [23], existe la posibilidad de impulsar el diálogo de los cursos de perfil pedagógico con los de otras áreas de conocimiento que ya bien establecidas en el campus de Birigui del IFSP, tales como: Matemática, Informática y Automatización industrial.

En este contexto, la creación y la implementación del laboratorio LIFENano en interacción con el programa PIBID representa una acción estratégica e innovadora para promover, simultáneamente con la formación continuada de los educadores, la inserción de conceptos de nanociencia, nanotecnología, y otros temas importantes de la ciencia contemporánea, en los planes nacionales de estudio y en las prácticas de enseñanza.

El proyecto de un ambiente interdisciplinar se alinea con la necesidad de fortalecer las políticas públicas para la valorización de los cursos de pregrado dedicados a la formación de profesores, en el contexto regional, además de los aspectos relacionados con la mejora de la formación docente y por lo tanto, de la calidad de la enseñanza, también representará un espacio para el desarrollo de actividades pedagógicas que involucran a los estudiantes de escuelas públicas de educación básica, los estudiantes de pregrado y los maestros. Este ambiente hace parte de los anhelos del programa LIFE. El campus de Birigui del IFSP está siendo ampliado con la construcción de un nuevo bloque de oficinas y aulas, y una de ellas será destinada a la creación del laboratorio LIFENano/IFSP. La conclusión de la obra está prevista para el primer semestre de 2014.

Este laboratorio cuenta con 66.43 m² y su espacio se ha organizado de tal manera que permita la flexibilidad de su uso, favoreciendo el trabajo por equipos, los cuales pueden tener hasta 20 alumnos, con mesas y ordenadores portátiles que tienen acceso a internet, pizarra interactiva, equipos de investigación y ejecución de experimentos educativos y declaraciones, campana de gases, y espacios para guardar los equipos. En el laboratorio LIFENano, se pretende que los estudiantes puedan, dentro de las propuestas de los diferentes cursos y de acuerdo con las acciones del PIBID, producir

materiales educativos, secuencias didácticas interactivas, animaciones y simulaciones, realizar y proyectar experimentos, grabar material de audio y video, desarrollar material específico para la difusión de la ciencia en las redes sociales, y realizar estudios de práctica docente dirigidos a la enseñanza en el área de ciencias naturales.

En este ambiente está prevista la realización y organización de espacios pedagógicos plurales para la revisión bibliográfica de referencias teóricas, busca y análisis de los materiales didácticos utilizados en la escuela y de materiales adicionales para usar en la preparación de las intervenciones y secuencias didácticas, elaboración de material didáctico de bajo costo y actividades recreativas que usen objetos de lo cotidiano. También será un espacio de aprendizaje, reflexión y socialización de las experiencias metodológicas, tecnológicas y prácticas de carácter innovador e interdisciplinar de profesores desarrolladas o mejoradas en el laboratorio LIFENano-IFSP.

Estas metodologías, objetos y otros materiales o sistemas desarrollados de aprendizaje podrían utilizarse por los becarios del programa PIBID, en las escuelas que colaboren con el IFSP, con el fin de unificar los programas LIFE y PIBID, y beneficiar a los estudiantes de la educación pública. Además, se propone el uso del LIFENano-IFSP para talleres y cursos de formación continuada de los maestros de escuelas públicas.

Para que el uso de los equipos se haga correctamente, los profesores que deseen utilizar el laboratorio deben pasar por una capacitación impartida por los especialistas en el uso de audiovisuales, en el IFSP, y por profesores que hayan utilizado equipos similares a los del LIFENano – IFSP.

Por lo tanto, los proyectos tienen los siguientes objetivos: (i) impulsar la capacitación, en nivel superior, de docentes para la educación básica; (ii) encorajar a las escuelas públicas para que participen en la formación de los futuros maestros; (iii) contribuir a la articulación entre la teoría y la práctica, que es necesaria para la formación de maestros, elevando la calidad de las acciones académicas en los cursos de pregrado; (iv) promover la formación inicial de los docentes en nanociencia y nanotecnología, en colaboración con las escuelas públicas de educación básica; (v) instrumentalizar la escuela en lo que se refiere a NC & NT y otros conceptos importantes de la ciencia contemporánea y sus aplicaciones en los principios de funcionamiento de las tecnologías actuales; (vi) usar nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) para la preparación y ejecución de las secuencias didácticas; (vii) promover eventos científicos con el fin de difundir la ciencia; (viii) produciendo materiales de enseñanza u objetos de aprendizaje.

El monitoreo de las actividades se realizará continuamente y la evolución del proyecto será discutida en las reuniones mensuales en cada área y en reuniones bimestrales con todo el grupo. La evaluación del proyecto será permanente, tratando de identificar los avances y debilidades del proyecto y

proponiendo acciones correctivas, si es necesario, con el fin de lograr los objetivos definidos en este proyecto.

Análisis preliminar con los becarios del PIBID

Fueron seleccionados ocho becarios que comenzaron sus actividades en los proyectos. Estos estudiantes son de los primeros años del curso de pregrado para formación de profesores de Física. Un análisis preliminar mostró que los bolsistas comentaron sobre:

- i) deficiencias en su formación como alumno de pregrado;
- ii) la percepción de lo que son la nanociencia y la nanotecnología;
- iii) sus motivos para participar en el proyecto;
- iv) metodología/estrategia que utilizaría en la enseñanza de nanociencia y nanotecnología.

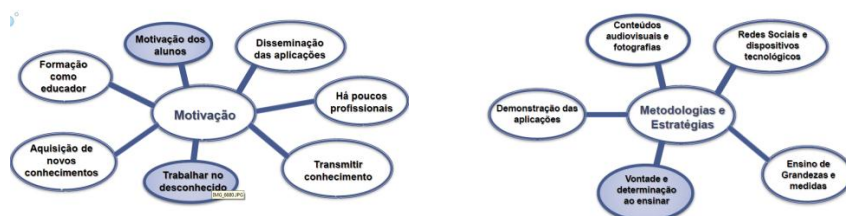


FIGURA 1. Esquema de las respuestas (iii) y (iv).

La figura 1 muestra los motivos que, según los becarios, los condujeron a participar en los proyectos. Más allá del deseo de conocer la nanociencia y la nanotecnología: adquisición de nuevos conocimientos, trabajo sobre el desconocido, la escasez de profesionales, está presente la motivación pedagógica: formación como educador, forma de transmisión de estos contenidos y la motivación en los alumnos.

Sobre cómo tratar este contenido en el aula, los estudiantes propusieron: enseñar magnitudes y mediciones, presentar algunas aplicaciones, utilizar medios audiovisuales y fotografía y usar las redes sociales.

Conclusiones

El IFSP, en el campus de Birigui, obtuvo apoyo financiero de los programas brasileños PIBID y LIFENano, los cuales impulsan mejorías en la formación docente, dentro de una perspectiva centrada en los temas de la nanociencia y la nanotecnología.

Es de destacar que hay mucho por hacer, pero un análisis preliminar, que contó con la participación de becarios involucrados en los proyectos,

muestra que limitaciones de los planes de estudio y de su ejecución se encuentran entre las principales causas de las deficiencias en su formación. Se comprobó que, aunque ya han oído hablar del tema, algunos confunden la nanotecnología con la tecnología presente en la vida cotidiana. De todas formas, tienen la expectativa de trabajar en este nuevo tema, considerando que va a ser un elemento diferenciador en su formación. Los estudiantes reconocen la importancia del conocimiento asociado con la nanociencia y la nanotecnología para su futura práctica docente y esperan adquirir un dominio razonable de esos temas, que les permita establecer a una relación crítica y reflexiva sobre el impacto de estas tecnologías en la sociedad contemporánea.

La motivación que llevó a estos estudiantes a trabajar en el proyecto reveló en gran medida la preocupación de estos estudiantes con su formación científica y una preocupación secundaria con la enseñanza y el aprendizaje. Por último, sabemos que enfrentaremos muchas dificultades y los desafíos están ante nosotros. Sin embargo, vemos que sólo aquellas iniciativas en apoyo de cursos de pregrado dedicados a la formación de maestros pueden proporcionar soluciones efectivas a una amplia gama de los problemas que enfrenta la educación brasileña.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la agencia brasileña CAPES, a través de los programas LIFE e PIBID, así como del Instituto Federal de Ciencia y Tecnología de São Paulo. También agradecen a colegas de NanoDyF, la Red Iberoamericana de Divulgación y Formación en Nanotecnología, por discusiones útiles y en particular al Prof. A. Bruno-Alfonso por ayudar en la redacción en español de este trabajo.

Referencias

- [1] ALFONSO A. B. Situação atual da divulgação e do treinamento em nanociência e nanotecnologia no Brasil. *Mundo Nano*. **4**, 2 (2011).
- [2] LAHERTO A. An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*. **21**, 160 (2010).
- [3] BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Secretaria da Educação Básica. Ministério da Educação. Brasília: 1996.
- [4] BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: MEC, 2000.
- [5] BRASIL. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Secretaria da Educação Básica. Ministério da Educação. Brasília: 2006.

- [6] RIBEIRO A. V.; Souza Filho M. P.; Bruno-Alfonso A. Propuestas para introducción de Nanociencia y Nanotecnología en escuelas preuniversitarias. *Revista Digital Universitaria*, **14**, 1 (2013).
- [7] LIFE, <http://www.capes.gov.br/educacao-basica/life> (2013).
- [8] SHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: *Os professores e a sua formação*. Antonio Nóvoa. Dom Quixote: Portugal, 1992.
- [9] PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. *Estágio e Docência*. 2ª. ed., São Paulo: Cortez, 2004.
- [10] PERRENOUD, P. *Dez Novas Competências para Ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- [11] PERRENOUD, P. *Construir as Competências desde a Escola*. Porto Alegre: Artes Médica Sul, 1999.
- [12] SANTOS, A. Complexidade e transdisciplinaridade em educação: cinco princípios para resgatar o elo perdido. *Revista Brasileira de Educação* v. **13**, 37 (2008).
- [13] PETRAGLIA, I. C. *Edgar Morin: A educação e a complexidade do ser e do saber*. Petrópolis: Vozes, 1995
- [14] MORIN, E. *Introdução ao Pensamento Complexo*. Lisboa, Instituto Piaget, 1991.
- [15] NICOLESCU, B. *O manifesto da transdisciplinaridade*. Trad. Lúcia Pereira de Souza. São Paulo: Trion, 1999.
- [16] DOMINGO P. A. S. *¿Qué sabemos de? La nanotecnología*, Madrid: Catarata, (2010).
- [17] PETRAGLIA, I. C. *Edgar Morin: Complexidade, transdisciplinaridade e incerteza*. EICPS, v.1, 2002.
- [18] PEREIRA F. D. et. al. *Nanotecnologia: Desenvolvimento de Materiais Didáticos para uma abordagem no Ensino Fundamental*. *Química Nova na Escola*. **32**, 2 (2010).
- [19] MALSCH I. *Ethics and Nanotechnology; Responsible development of nanotechnology at global level in the 21st century*. PhD thesis, Radboud University. (2011).
- [20] LAHERTO A. *An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy*. *Science Education International*. **21**, 160 (2010).
- [21] GREENBERG A. *Integrating Nanoscience into the Classroom*. *ACSNANO*, **3**, 4 (2009).
- [22] LAHERTO A. *Nanoscience education for scientific literacy: Opportunities and challenges in secondary school and in out-of-school settings*. Doctoral dissertation, University of Helsinki. (2012).
- [23] LORENZATO, S. (org). *O Laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores*. 3º Ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2012