

EL JUEGO CAZA-NANO Y LA ENSEÑANZA DE NANO CONCEPTOS: ACTIVIDADES LÚDICAS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

THE CAZA-NANO GAME AND THE TEACHING OF NANO- RELATED CONCEPTS: LUDIC ACTIVITIES AT THE HIGH SCHOOL

Allan V. Ribeiro¹, Dante Ghirardello¹, Luís C. Amarante¹, Alexs
Bruno-Alfonso², Moacir P. de Souza-Filho³

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

² NANODYF, Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências, Bauru/SP, Brasil

³ NANODYF, Departamento de Física, Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, Brasil

(Recibido: Noviembre/2016. Aceptado: Enero/2017)

Resumen

Los temas de nanociencia y nanotecnología (N&N) están muy presentes en los medios de comunicación y en la vida cotidiana de la sociedad. Sin embargo, su enseñanza sigue planteando grandes desafíos. En Brasil, las propuestas educativas que tocan conceptos de N&N en el contexto de la educación secundaria son todavía muy incipientes, aunque éstos estén presentes en la vida de los estudiantes. Esta situación se puede atribuir a varios factores, pero principalmente al hecho de que los cursos de formación del profesorado no incluyen sistemáticamente las bases metodológicas necesarias para la enseñanza de esos temas actuales y relevantes de la ciencia. La articulación de estos contenidos con enfoques innovadores y motivadores es esencial para mejorar la educación secundaria. Presentamos una propuesta educativa de temas de N&N a través de una actividad lúdica: el juego llamado Caza-Nano. Este está diseñado para mejorar el uso de la notación científica y la comprensión del orden de magnitud, así como el aprendizaje cuestiones relacionadas con la ciencia contemporánea. En este sentido, la investigación reveló que, cuando son bien preparadas, las actividades lúdicas se pueden utilizar en diferentes niveles de enseñanza. Por lo tanto, la investigación pone de relieve aspectos importantes y el potencial de las actividades recreativas como herramientas para la enseñanza y aprendizaje de calidad.

Palabras Clave: Nanociencia y Nanotecnología, Interdisciplinariedad, Actividad lúdica.

Abstract

The topics of nanoscience and nanotechnology (N&N) are present in the media and in the everyday life of society. However, their teaching continues to pose major challenges. In Brazil, the educational proposals that deal with concepts of N&N in the context of basic education are still incipient, although they are present in students' lives. This situation may be attributed to several factors, but mainly to the fact that teacher-training courses do not systematically include the necessary methodological basis for teaching such current and relevant topics of science. The articulation of this content with innovative and motivating approaches is essential to improve learning at the High School. We present an educational proposal of N&N-related themes, through a playful activity: the game called as Caza-Nano. This has been designed to improve the use of scientific notation and understanding of the order of magnitude and the learning of topics of contemporary science. In this regard, the investigation revealed that, when appropriately prepared, playful activities may be used at different levels of education. Therefore, the research highlights important aspects and the potential of recreational activities as tools for the quality of teaching and learning in science.

Keywords: Nanoscience and Nanotechnology, Interdisciplinary, Playful activities.

Introducción

Por explicar diversos fenómenos asociados a lo cotidiano, las Ciencias Naturales causan mucha curiosidad entre los estudiantes, principalmente en las series iniciales. Sin embargo, por diversos factores, muchos alumnos de escuelas primarias, secundarias y preuniversitarias acaban perdiendo el interés por la ciencia. Entre los factores que contribuyen para esa dura realidad, podemos destacar cuestiones relacionadas a falta de inversiones, infraestructura, desinterés de los alumnos por los estudios en general, y la formación docente que no contempla el uso de nuevas tecnologías y recursos mediáticos de manera interdisciplinar [1].

En el contexto escolar, tales cuestiones se reflejan en la ineficiencia de las prácticas pedagógicas, muchas veces tradicionales, conservadoras y descontextualizadas, que permean la enseñanza de las ciencias y se contraponen a los desafíos educacionales contemporáneos.

Los alumnos tienen acceso a una infinidad de informaciones disponibles, vía Internet, redes sociales y medios de comunicación (televisión, documentales, películas, etc.), con eso traen al aula sus dudas sobre tales informaciones [2].

Clases expositivas asociadas una visión reduccionista de la ciencia que se basan apenas en ecuaciones matemáticas descontextualizadas de la realidad de los alumnos acaban desestimulando y perjudicando la construcción del conocimiento por los alumnos. En contrapunto a ese modelo, nuevas propuestas educacionales vienen ganando espacio en el ambiente escolar. Esas utilizan metodologías de enseñanza diferenciadas que son capaces de ampliar el interés y la motivación de los estudiantes, lo cual es imperativo en nuestros días.

En este contexto, estrategias de enseñanza basadas en actividades lúdicas, más allá de auxiliar la práctica docente, pueden enriquecer las clases y hacer el trabajo más motivador. Las actividades lúdicas, en su concepto más básico, deben ser agradables, causar motivación intrínseca y promover el entretenimiento. Siendo así, la enseñanza por medio de actividades lúdicas se ha hecho objeto de investigaciones en los últimos años. La motivación a través de la diversión es una buena estrategia para que el aprendizaje ocurra de forma efectiva, pues, segundo Chaguri [3], lo lúdico es caracterizado por el placer y el esfuerzo espontáneo. El trabajo con actividades lúdicas requiere una organización previa y una evaluación constante del proceso enseñanza-aprendizaje [4].

Comúnmente, las actividades lúdicas son utilizadas con mayor frecuencia apenas en los primeros contactos del alumno con el ambiente escolar, siendo menos utilizadas en los niveles primarios, secundarios y preuniversitarios de la educación escolar. En este sentido, la importancia de un aprendizaje más precoz de enseñanza de ciencias, desde los grados iniciales de la escuela primaria ya viene siendo señalada por varios autores [2, 5, 6].

Borges destaca que la valorización del papel de los juegos en la escuela pasa por la concientización del maestro y de los alumnos sobre el potencial de aprendizaje y socialización que esta forma de actividad puede propiciar. En este sentido, el papel de la escuela es enseñar con metodologías que contribuyan para la curiosidad y el interés de los niños por los contenidos relacionados a su vida cotidiana [5].

La motivación no es el factor más importante para un buen aprendizaje. Sin embargo, para Ausubel [7], ella puede, sin duda, facilitar significativamente la adquisición de nuevos conceptos, en la tarea de dominar temas pertinentes a un área de interés del sujeto. En este sentido, las actividades recreativas dedicadas a la enseñanza deben ser agradables y, al mismo tiempo, deben motivar los estudios y permitir un aprendizaje significativo. Por eso, se han convertido en tema de investigación en los últimos años.

En la enseñanza de la ciencia contemporánea, en especial, la de tópicos relacionados con la nanociencia y nanotecnología (N&N), son raras las prácticas que incluyen actividades lúdicas. Milburn apunta que el nanomundo

se convirtió en una realidad cotidiana, destacando que las investigaciones científicas muchas veces movilizan futuros especulativos y pueden ser incorporadas en dinámicas lúdicas de juego, como los nanocarros y el nanofútbol [8].

En este artículo presentamos el juego llamado CAZA-NANO. Este está diseñado para mejorar el uso de la notación científica y la comprensión del orden de magnitud, así como el aprendizaje de cuestiones relacionadas con la ciencia contemporánea, especialmente los temas relacionados con la nanociencia y la nanotecnología. Metodológicamente, el trabajo se llevó a cabo en los años 2015 y 2016 en una escuela pública secundaria. Las actividades y secuencias didácticas se han desarrollado y aplicado por alumnos que reciben becas de un proyecto institucional de iniciación a la docencia. Por lo tanto, la investigación pone de relieve los aspectos relevantes y el potencial de las actividades lúdicas como herramientas para una enseñanza y un aprendizaje de calidad.

El juego CAZA-NANO

La nanotecnología es una de las formas que la tecnología ha adoptado, como resultado del trabajo conjunto de científicos e ingenieros que, en las últimas cuatro o cinco décadas, han tratado de controlar la fabricación o síntesis y el funcionamiento de dispositivos en la escala del nanómetro [9, 10]. Como unidad física de longitud, un nanómetro es una millonésima parte de un milímetro. Este, por su vez, es bastante familiar en la escuela, pues está marcado en las reglas plásticas o metálicas que los alumnos usan desde muy niños. Aun así, el proceso de imaginar la millonésima parte de esa división mínima no es tan simple. Puede ser más fácil asimilar la idea al comparar con el tamaño de microorganismos que pueden ser observados en el laboratorio de biología.

Como podemos ver en la Figura 1, el tamaño típico de una bacteria es del orden de un micrómetro, que es mil veces menor que un milímetro y mil veces mayor que un nanómetro. Los virus y las membranas son aproximadamente diez veces y cien veces menores, respectivamente. El laboratorio de Física también ofrece la oportunidad de aprender sobre fracciones del micrómetro [10].

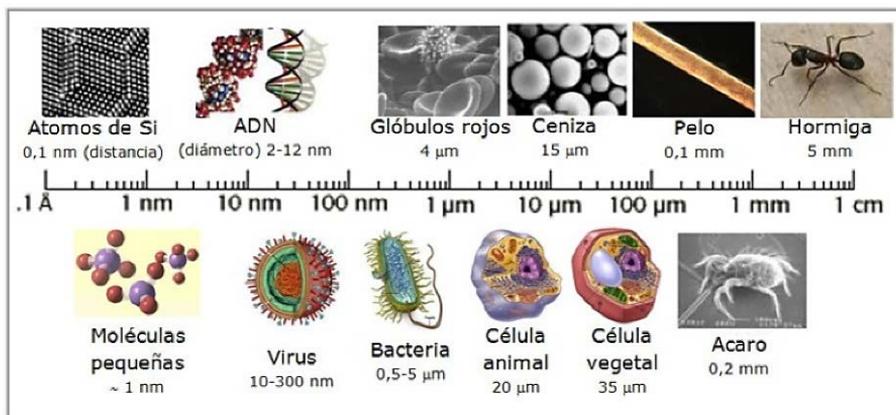


FIGURA 1. Ejemplos biológicos y físicos que permiten pasar gradualmente por las escalas desde el centímetro hasta el nanómetro [12].

Desarrollo de las actividades

Las magnitudes físicas permiten describir cuantitativamente los fenómenos físicos. Existen numerosos tipos de magnitudes físicas y cada una de ellas está asociada con un tipo diferente de unidad de medida. Esto puede ser entendido como un proceso de cuantificación comparativa de un estándar unitario, el cual es establecido arbitrariamente. La magnitud expresa cuántas veces ese patrón está contenido en la medida que se lleva a cabo. En este sentido, pueden ser utilizadas diferentes unidades de medición. Por ejemplo, el metro es la unidad de medida adoptada en el sistema internacional de unidades para expresar la longitud.

La notación científica es una de las formas que podemos utilizar para representar un número. Se trata de una forma muy útil para expresar números demasiado grandes o demasiado pequeños, en comparación con el número 1. La ventaja de esa notación es ser, generalmente, bastante compacta, pues no se necesita de muchas cifras para representar el número aproximadamente. Se utiliza predominantemente en el sistema decimal, o sea, en la base de potencias de 10. Sin embargo, hay otras bases en que se puede adaptar la notación científica.

Para mejorar el uso de la notación científica y el orden de magnitud y, a través de ellos, abordar las cuestiones relacionadas con la ciencia contemporánea, es que se desarrolló el juego Caza-Nano. El juego fue creado por un grupo de becarios del Programa Institucional de Becas de Iniciación a la Docencia (PIBID) del curso de la Licenciatura en Física del Instituto Federal de São Paulo (IFSP). El juego Caza-Nano es una estrategia que puede ser utilizada en clases y consiste de palabras cifradas en un alfabeto (ver Figura 2) donde las letras tienen una cierta correspondencia con representaciones numéricas.

Cada equipo participante tiene como objetivo descubrir una colección de palabras cifradas en la hoja del juego Caza-Nano (ver Figura 3).

El juego desarrollado puede ser utilizado por profesores de otras áreas de conocimiento, tales como la química, la biología, la astronomía, etc., que quieren combinar cálculos matemáticos y el concepto de un nuevo tema para los estudiantes. Para eso es necesario transcribir una palabra de determinado tema siguiendo el alfabeto cifrado. Las siguientes son seis propuestas de palabras para la implementación del juego (ver Figura 4):

i) Drug Delivery (entrega de remedios) - entrega de fármaco mediante Fullerenos. Este tiene la capacidad para transportar y liberar medicamentos en sistemas biológicos.

ii) Iridiscencia – reflexión/refracción multicolorida, debida a la estructura nanométrica, que ocurre en las alas de las mariposas y el maquillaje con nano.

iii) Novoselov - se refiere al físico Konstantin Novoselov, uno de los descubridores del grafeno, los cuales ganaron el Premio Nobel de Física 2010.

iv) Nanobots - Robots del tamaño de moléculas, con potencial función en la nanotecnología y en la medicina.

v) Fotónica – ciencia que estudia el comportamiento de la luz.

vi) Grafeno - uno de los materiales más estudiados en la actualidad. Se compone de átomos de carbono dispuestos en una estructura plana hexagonal. Tiene propiedades electrónicas, mecánicas y ópticas muy interesantes para aplicaciones tecnológicas.

Algunas reglas pueden combinarse antes del inicio de la actividad, tales como "todos deben explicar al menos un método de resolución mediante notaciones científicas". Eso garantiza que todos hagan, al menos, una conversión. Las palabras encontradas son desconocidas para los estudiantes. Por lo tanto, la búsqueda de su significado puede servir como tarea inicial. Se les puede pedir que ellos hagan una breve presentación sobre lo que encontraron acerca de la palabra. En ocasiones el profesor podrá presentar los significados de cada palabra con imágenes ilustrativas. Es recomendable utilizar diferentes palabras para cada grupo, para evitar replicación de respuestas entre los grupos y aumentar la variedad de nuevos conceptos que pueden ser aprendidos.

ALFABETO					
A	$7,89 \times 10^3$	L	$3,0002 \times 10^{-1}$	V	$4,5 \times 10^{-2}$
B	3.200	M	$3,013 \times 10^1$	W	1
C	0,1	N	8,3	X	10
D	$9,3 \times 10^1$	Ñ	0,0000000081	Y	$2,3 \times 10^1$
E	9×10^{-9}	O	45	Z	$1,2 \times 10^1$
F	$5,67 \times 10^2$	P	5×10^{-3}		
G	$3,6 \times 10^7$	Q	90.000		
H	3×10^{-1}	R	0,00000303		
I	0,0000000034	S	200		
J	$1,8 \times 10^1$	T	10^2		
K	$9,99 \times 10^4$	U	10^4		

FIGURA 2. Alfabeto para cifrar las palabras elegidas por el maestro.

A	$7,89 \times 10^3$	L	$3,0002 \times 10^{-1}$	V	$4,5 \times 10^{-2}$		PALABRA CIFRADA
B	3.200	M	$3,013 \times 10^1$	W	1		$3,4 \times 10^{-9}$
C	0,1	N	8,3	X	10		$3,03 \times 10^{-6}$
D	$9,3 \times 10^1$	Ñ	0,0000000081	Y	$2,3 \times 10^1$		$3,4 \times 10^{-9}$
E	9×10^{-9}	O	45	Z	$1,2 \times 10^1$		93
F	$5,67 \times 10^2$	P	5×10^{-3}				0,000000009
G	$3,6 \times 10^7$	Q	90.000				2×10^2
H	3×10^{-1}	R	0,00000303				10^{-1}
I	0,0000000034	S	200				0,000000009
J	$1,8 \times 10^1$	T	10^2				$8,3 \times 10^0$
K	$9,99 \times 10^4$	U	10^4				10^{-1}
PALABRA ENCONTRADA							$3,4 \times 10^{-9}$
						7890	

FIGURA 3. Hoja de juego caza-NANO: alfabeto con sus respectivos valores en notación científica o decimal. A la derecha queda la palabra cifrada.

DRUG DELIVERY	IRIDESCENCIA	NOVOSELOV	NANOBOTS	FOTÓNICA	GRAFENO
93	$3,4 \times 10^{-9}$	$8,3 \times 10^0$	$8,3 \times 10^0$	567	3.600.000
$3,03 \times 10^{-6}$	$3,03 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^1$	7890	$4,5 \times 10^1$	$3,03 \times 10^{-6}$
10.000	$3,4 \times 10^{-9}$	0,045	$8,3 \times 10^0$	100	7890
36.000.000	93	$4,5 \times 10^1$	$4,5 \times 10^1$	$4,5 \times 10^1$	567
93	0,000000009	2×10^2	$3,2 \times 10^3$	$8,3 \times 10^0$	0,000000000
0,000000009	2×10^2	0,000000009	$4,5 \times 10^1$	$3,4 \times 10^{-9}$	9
0,30002	10^{-1}	0,30002	100	10^{-1}	$8,3 \times 10^0$
$3,4 \times 10^{-9}$	0,000000009	$4,5 \times 10^1$	2×10^2	7890	$4,5 \times 10^1$
0,045	$8,3 \times 10^0$	0,045			
0,000000009	10^{-1}				
$3,03 \times 10^{-6}$	$3,4 \times 10^{-9}$				
23	7890				

FIGURA 4. Sugerencias para las actividades iniciales.

Procedimiento para aplicar la actividad:

1. Seleccionar las palabras que se utilizarán en la actividad y cifrarlas con ayuda de la Figura 2.
2. Establecer los grupos de acuerdo con la metodología del profesor. La actividad también puede ser individual.
3. Explicar a los participantes el uso de notación científica y orden de magnitud, utilizando potencias de diez y el uso del mismo en la ciencia.
4. Distribuir una hoja (ver Figura 3) para cada grupo / alumno y enseñar a los estudiantes cómo deberá ser realizada la actividad para que se cumplan los objetivos.
5. En esta actividad, la palabra se relaciona con los temas de la nanotecnología o la nanociencia. La palabra cifrada se descifra a través de las operaciones básicas de transformación de número decimal en notación científica y viceversa.
6. Después de terminar el desarrollo de la CAZA-NANO y de que todos tengan sus palabras descifradas, el profesor explica el significado de cada palabra, así como su relación con la Nanociencia y la nanotecnología. Para eso podrá utilizar un proyector o sólo la pizarra.
7. En este punto es posible abordar aspectos históricos, conceptuales y sus aplicaciones en la ciencia.

Resultados y Discusión

Metodológicamente, el trabajo se llevó a cabo en los años 2015 y 2016 en una escuela pública secundaria llamada Escuela Estatal “Regina Valarini” en la ciudad de Birigui del estado de São Paulo, Brasil. Las actividades y secuencias didácticas se han desarrollado y aplicado por alumnos que reciben

becas del proyecto PIBID. La actividad, se desarrolló con un total de 39 estudiantes de los primeros años de la escuela secundaria.

La actividad fue realizada en tres momentos, totalizando tres aulas de cincuenta minutos cada una. El primero fue destinado a una presentación sobre tópicos de N&N, órdenes de magnitud y notación científica asociadas al nanomundo. En el segundo momento fue presentado y realizado el juego Caza Nano. El tercer momento fue dedicado al proceso de evaluación, donde fue presentado a los alumnos un cuestionario sistemáticamente articulado para obtener informaciones escritas por parte dos sujetos investigados. El objetivo es conocer la opinión de los alumnos sobre el objeto de estudio.

La colección de datos fue hecha con base en un instrumento previamente preparado, el cual presenta tres preguntas. Las preguntas son las siguientes:

- 1- *¿Te han gustado las actividades? () Sí () No. ¿Por qué?*
- 2 - *¿Por favor, podrías describir, por lo menos, dos objetos cotidianos que se basan en la nanotecnología?*
- 3 - *¿Te has motivado para conocer más sobre nanociencia y nanotecnología?*

A partir de los datos, se ha verificado que, durante las actividades, muchos alumnos de nivel preuniversitario conocían la notación científica. En el segundo momento, se verificó que 82% de los estudiantes presentaron algún tipo de dificultad al realizar las transformaciones de notación científica propuestas por el juego Caza Nano. También se constató que los alumnos estaban interesados en conocer más sobre la notación científica, sobre lo cual, probablemente, no había mucha motivación.

Por tratar-se de una actividad lúdica, los alumnos se sintieron motivados a concluir las conversiones propuestas por el juego y, al final de la clase, todos los estudiantes encontraron las palabras codificadas. Después de la finalización de las actividades del juego Caza Nano, se les explicó el significado de cada palabra, así como se les mencionaron sus aplicaciones y curiosidades en la nanociencia y nanotecnología.

A partir de las respuestas indicadas en la Pregunta 1, se verificó que 99% de los estudiantes disfrutaron las actividades diferenciadas realizadas en el aula. Sobre las informaciones colectadas por medio de la Pregunta 2, que trataba de la posible inserción de la nanotecnología en lo cotidiano del alumno, fue posible separar las respuestas en tres categorías: Tecnología (Smartphones, Televisores, computadores, etc), Cosméticos y Materiales. De estas categorías, 49% dos estudiantes indicaron la Tecnología como el principal vehículo de la nanotecnología, 31% indicaron los Materiales y 20% relacionaron los Cosméticos como productos que contienen nanotecnología. Las respuestas dadas a la Pregunta 3 revelaron que 83% de los estudiantes se sintieron motivados para estudiar más sobre N&N.

La actividad tuvo mucho éxito en el ambiente escolar, lo cual se ha verificado mediante el proceso de evaluación del aprendizaje significativo del contenido cubierto.

Conclusiones

Por medio de la intervención de los educadores, todos los grupos tuvieron éxito en la solución de los problemas que se presentaron y, después, en el descubrimiento de las palabras. La curiosidad de los estudiantes acerca de lo que significa cada palabra fue un factor de gran motivación y fue crucial para la finalización de la actividad.

El 99% de los estudiantes dice que disfrutó este tipo de clase, donde hay placer en el aprendizaje. Dijeron que fue agradable llevar a cabo la actividad, lo que denota uno de los conceptos más básicos de una actividad de ocio: el placer.

Esa actividad proporcionó una mayor interactividad entre los participantes, alumnos de la escuela, profesores y becarios universitarios. Los alumnos afirman que disfrutaron ese tipo de clase, donde hay placer al aprender. Algunos alumnos que pidieron que fueran realizadas otras actividades relacionadas con el juego Caza-NANO.

En este sentido, la investigación reveló que, cuando son bien preparadas, las actividades lúdicas se pueden utilizar en diferentes niveles de enseñanza. Estas actividades no causan curiosidad solamente en los estudiantes que están empezando su vida escolar, sino que la misma reacción es detectada en los estudiantes que ya están al final de la educación preuniversitaria.

Por lo tanto, la investigación pone de relieve aspectos importantes y el potencial de las actividades recreativas y lúdicas como herramientas para la enseñanza y el aprendizaje de calidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la agencia brasileña CAPES, a través de los programas LIFE y PIBID, así como del Instituto Federal de Ciencia y Tecnología de São Paulo. También agradecen a colegas de NANODYF, la Red Internacional de Divulgación y Formación en Nanotecnología.

Referencias

- [1] RIBEIRO, A. V.; SOUZA FILHO, M. P. Proyecto de ambientes innovadora de enseñanza y la propuesta del laboratorio de formación interdisciplinar de educadores en Nanociencia y Nanotecnología - LIFENano/IFSP Momento (Revista de Física), No. 49E, (2015). p. 38-48.

- [2] SOUZA, L. E. S; PINHEIRO, J. C; NETO, L. S. W. Ensino de Ciências no Brasil: desafios contemporâneos no ensino da Física a partir de uma proposta interdisciplinar. *Revista Magistro*. Vol. 8. No. 2, 2013.
- [3] CHAGURI, J. P. O uso de atividades lúdicas no processo de ensino/aprendizagem de espanhol como língua estrangeira para aprendizes brasileiros [Internet]. São Paulo: Unicamp; 2006 [acesso 26 jun 2008]. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/iel/site/alunos/publicacoes>>
- [4] KNECHTEL, Carla Milene; BRANCALHÃO, Rose Meire Costa. Estratégias lúdicas no ensino de Ciências. Trabalho de Conclusão de Curso. Especialización Lato sensu em Biología: Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2009. p. 1-27.
- [5] BORGES, Gilberto Luiz de Azevedo. Projetos de Ensino, atividades práticas, experimentación e o lúdico no ensino de ciências. In UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Prograd. Caderno de Formação: Formação de Professores Didáticas do Conteúdo. São Paulo: Cultura Acadêmica, (2012). Vol. 10. pp. 114 - 139.
- [6] COSTA, Nelson Lage da. A Formação do Professor de Ciências para o Ensino da Química do 9º ano do Ensino Fundamental – A Inserción de uma Metodologia Didática Apropriada nos Cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). UNIGRANRIO, Duque de Caxias, 2010.
- [7] AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winton, inc., 1968. 685p.
- [8] MILBURN, C. Just for Fun: The Playful Image of Nanotechnology. *Nanoethics* 5(2) (2011): 223-232.
- [9] AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. 2ª. ed., Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda. 1980.
- [10] RIBEIRO, A. V.; SOUZA FILHO, M. P. BRUNO ALFONSO, A. Formação en Nanotecnología para la educación secundaria: acciones y perspectivas del proyecto LifeNano-IFSP. *Momento (Revista de Física)*, No. 51E, (2016). p. 17-31
- [11] RIBEIRO A. V.; Souza Filho M. P.; Bruno-Alfonso A. Propuestas para introducción de Nanociencia y Nanotecnología en escuelas preuniversitarias. *Revista Digital Universitaria*, Vol. 14, (2013) p. 1-13.
- [12] *Ciência e Tecnologia* "<http://cienciaetecnologias.com/nanociencia-mundo-nano>" (2013).