

Representaciones sociales de la física y de la mecánica cuántica¹

Marco Antonio Moreira - Thais Rafaela Hilger - Alberto Ricardo Präss

Grupo de Enseñanza de Física - Instituto de Física
 Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil
 moreira@if.ufrgs.br

En esta presentación, inicialmente se responden las siguientes preguntas: ¿Qué son representaciones sociales? ¿Cuál fue su origen? ¿Cuáles son las condiciones para que existan? ¿Qué importancia tienen esas representaciones para la enseñanza y el aprendizaje de la Física? Después se dan ejemplos de posibles representaciones sociales de la Física y de la Mecánica Cuántica y se presentan resultados preliminares de un proyecto de investigación en curso en esta área.

Palabras clave: representaciones sociales, física, mecánica cuántica.

Initially, in this presentation, the following questions are answered: What are social representations? Which was their origin? What are the conditions for their existence? What is the relevance of these representations for the teaching and learning of physics? Then, some examples of possible social representations of physics and quantum mechanics are given and some preliminary findings of a research project in this area are presented.

Keywords: social representations, physics, quantum mechanics.

Introducción

¿Por qué relacionar otra vez un asunto de la psicología con la enseñanza y el aprendizaje de la Física? Porque para facilitar el aprendizaje de la Física, o de cualquier otro cuerpo de conocimientos, es necesario tener en cuenta el sujeto que aprende y cómo aprende. O sea, es necesario tener en cuenta variables y procesos cognitivos que influyen en el aprendizaje. Ciertamente, factores afectivos, sociales, culturales, económicos, y otros, también influyen, pero no es posible considerarlos todos simultáneamente. Es necesario hacer recortes e investigar sus efectos en el aprendizaje para, entonces, incorporarlos a las prácticas de enseñanza.

Por otro lado, esos recortes no ayudan mucho si son muy grandes o muy pequeños. Decir, como Ausubel (1968, 2000), que el conocimiento previo es la variable que más influye en el aprendizaje significativo de nuevos conocimientos es importante, pero no

ayuda mucho en la medida en que ese conocimiento es una compleja ecología conceptual, procedimental y representacional. Detenerse en especificidades que no pueden ser usadas en la clase para facilitar el aprendizaje significativo tampoco es muy útil para el profesor.

Volviendo a la propuesta de Ausubel, la investigación en enseñanza de ciencias se ha ocupado, a lo largo del tiempo, de distintos componentes del conocimiento previo del alumno: mucho se ha publicado, por ejemplo, sobre conceptos, concepciones alternativas, modelos mentales, invariantes operatorios. Pero como ya se ha dicho, ese conocimiento previo incluye otros constructos, otros tipos de representaciones mentales.

Pues bien, llegamos entonces al objeto de esta presentación: las *representaciones sociales*. Como el nombre sugiere, están construidas socialmente, pero en la medida en que el sujeto las internaliza, pasan a ser constructos socio-cognitivos que integrarán la ecología

¹ Conferencia pronunciada en el IX Simposio de Investigadores en Educación en Física (SIEF9), Rosario, Argentina, 27-31 de octubre de 2008.

conceptual representacional del aprendiz y pasarán a influir, positiva o negativamente, en el aprendizaje de conocimientos científicos, de la Física en nuestro caso.

Representaciones Sociales

El primer delineamiento formal del concepto y de la teoría de las *representaciones sociales* lo realizó Serge Moscovici en el trabajo titulado *La psychanalyse, son image et son public* (1961/1976) que trata sobre el fenómeno de la socialización del psicoanálisis, de su apropiación por la población parisiense y del proceso de su transformación para servir a otros usos y funciones sociales (Sousa y Moreira, 2004). En el proceso de elaboración teórica de las representaciones sociales, Moscovici distinguió entre éstas y las *representaciones colectivas* propuestas por Durkheim que *son el producto de una inmensa cooperación que se extiende no sólo en el espacio, sino también en el tiempo; para hacerlas, una multitud de espíritus diversos se asociaron, mezclaron, combinaron sus ideas y sentimientos; largas series de generaciones acumularon aquí su experiencia y saber* (Durkheim, 1912, apud Sá, 1983). El concepto de representaciones colectivas pretendía responder a fenómenos como religión, mitos y creencias místicas, en términos de conocimientos inherentes a la sociedad. Sin embargo, las sociedades contemporáneas se caracterizan por una multiplicidad de sistemas políticos, religiosos, filosóficos, científicos y artísticos que llevan las mismas a construir representaciones que no tienen tiempo suficiente para que se sedimenten y se conviertan en tradiciones casi inmutables como las representaciones colectivas. Las representaciones sociales son actuales, no sedimentadas, no tan claramente definidas y mutables. ¿Cómo definir las, entonces?

Moscovici (1981, 1984) considera que en las sociedades contemporáneas hay dos clases distintas de pensamiento, *los universos reificados* y *los universos consensuales*. En los universos reificados, bastante circunscriptos, es donde se producen y circulan las ciencias y el pensamiento erudito en general, con su supuesta objetividad, su rigor lógico y metodológico, su teorización, compartimentaliza-

ción en especialidades y estratificación jerárquica. En los *universos consensuales* se producen las actividades intelectuales de la interacción social cotidiana por las cuales son producidas las representaciones sociales. Ahí se elaboran las “teorías” del sentido común, que no conocen límites especializados, obedecen a otra lógica, la “lógica natural”, utilizan mecanismos diferentes de “verificación” y se muestran menos sensibles a los requisitos de objetividad que a sentimientos compartidos de verosimilitud o plausibilidad (Sá, 1993; Sousa y Moreira, 2004).

Para Moscovici (1981), “en los universos reificados la sociedad se ve como un sistema con diferentes papeles y categorías, cuyos componentes no son igualmente autorizados para representarla y hablar en su nombre. El nivel de calificación determina el grado de participación. Hay un comportamiento propio para cada circunstancia, informaciones adecuadas para determinados contextos. En los universos consensuales, la sociedad se ve como un grupo de individuos de igual valor e irreductibles. Allí cada individuo es libre para portarse como un amateur o un observador curioso, manifestando sus opiniones, presentando sus teorías y teniendo una respuesta para todos los problemas. La conversación crea gradualmente núcleos de estabilidad y maneras habituales de hacer cosas, un conjunto de significados entre los que participan de ella” (apud Sá, 1993).

Con frecuencia, la materia prima para la construcción de esas realidades consensuales que son las representaciones sociales proviene de los universos reificados. Moscovici y Hewstone (1984) destacan que, además del sentido común concebido como “cuerpo de conocimiento producido espontáneamente por los miembros de un grupo y fundado en la tradición y en el consenso”, surge en nuestra época un nuevo tipo de sentido común, nuevos saberes sociales o populares, conocimientos de segunda mano, cuya operación básica consiste en la continua apropiación “de las imágenes, de las nociones, de los lenguajes que la ciencia no cesa de inventar”. Los divulgadores científicos de todos los tipos (periodistas, científicos amateurs, profesores, animado-

res culturales, personas de *marketing*) y la creciente ampliación y sofisticación de medios de comunicación de masas, tienen un papel muy importante en ese proceso de transferencia y transformación de los conocimientos entre universos reificados y consensuales (Sá, 1993).

Como definición general de representación social podríamos considerar la siguiente definición de Moscovici (1981).

Por representaciones sociales entendemos un conjunto de conceptos, proposiciones y explicaciones originado en la vida cotidiana en el curso de comunicaciones interpersonales. Son el equivalente en nuestra sociedad a los mitos y sistemas de creencias de las sociedades tradicionales; pueden también ser vistas como la versión contemporánea del sentido común... constituyen una organización psicológica, una forma de conocimientos que es específica de nuestra sociedad y que no es reductible a ninguna otra forma de conocimiento.

Otra definición, bastante sintética, sobre la cual parece haber buena aceptación en el área, es la siguiente:

Las representaciones sociales son una forma de conocimiento, socialmente elaborada y compartida, teniendo una visión práctica y concurrente a la construcción de una realidad común a un conjunto social (Jodelet, 1989).

Flament (1994) se expresa de manera semejante:

Una representación social es un conjunto organizado de cogniciones relativas a un objeto, compartidas por miembros de una población homogénea en relación a ese objeto.

Para concluir esta sección sobre lo que son representaciones sociales, así como Moscovici destaca que tales representaciones no son las mismas representaciones colectivas de Durkheim, cabe destacar aquí que tampoco son *las llamadas concepciones alternativas*, tan conocidas en el área de enseñanza de ciencias:

Así, como las representaciones colectivas de

Durkheim no son lo mismo que las representaciones sociales de Moscovici, Jodelet y Abric, aunque puedan tener interfaces y alguna superposición, las concepciones alternativas no son lo mismo que las representaciones sociales aunque puedan también tener interfaces y superposiciones. Concepciones alternativas es un término comúnmente aplicado a concepciones que el sujeto construye interactuando con el mundo físico, aunque individualmente, mientras que representaciones sociales son concepciones construidas socialmente sobre conocimientos, conceptos, generados en los universos reificados de la ciencia, de la tecnología, de las profesiones especializadas. Por ejemplo, las concepciones de clonación, transgénicos, agujero negro, capa de ozono que circulan en los universos consensuales son representaciones sociales. Por otro lado, la idea de calor como calórico, la teoría del ímpetus, la Tierra plana, son concepciones alternativas. Éstas las construye el sujeto independientemente de grupos sociales, las otras no (Sousa y Moreira, 2004, p. 38).

Por tanto, al llegar a las clases de ciencias, de Física en particular, el alumno tiene, en su conocimiento previo, tanto concepciones alternativas como representaciones sociales. Ese conocimiento previo es, como propone Ausubel, la variable aislada más importante que influye en el aprendizaje de nuevos conocimientos. Pero decir que es la variable más importante no significa decir que contribuye siempre en la construcción de nuevos conocimientos: puede, incluso, bloquear. Por ejemplo, considerar que corpúsculo es una “bolita muy pequeña” dificulta, o bloquea, el aprendizaje significativo de lo que es una partícula elemental en la Física de Partículas. Análogamente, representaciones del tipo “alma cuántica”, “conciencia cuántica”, “ser cuántico” pueden dificultar, u obstaculizar, el aprendizaje significativo de conceptos-clave de la Mecánica Cuántica.

Cabe aún destacar que representaciones sociales no son modelos mentales. Éstos, en la óptica de Johnson-Laird (1983), son análogos estructurales de estados de cosas del mundo,

constituyen la primera representación mental que el individuo construye cuando sus esquemas de asimilación no consiguen responder a una situación nueva. Los modelos mentales no dependen de la socialización; son representaciones provisionales, incompletas, incluso confusas, pero funcionales, que las personas construyen en la memoria de trabajo para “entender” situaciones nuevas (a su modo) recursivamente (modificándolos en función de las inferencias hechas). Siendo individuales y recursivas, no son representaciones sociales.

Se podía aquí argumentar que las representaciones sociales tampoco son esquemas de asimilación, pues éstos también se pueden construir individualmente. Además, como los esquemas de asimilación tienden a incorporar elementos que les son exteriores y compatibles con su naturaleza, es probable que contengan representaciones sociales.

En fin, esas representaciones son distintas de las que comúnmente se consideran en la enseñanza y en la investigación en enseñanza de Física, o de ciencias de modo general, pero son igualmente importantes como variable que influye directamente en el aprendizaje. Se justifica, por tanto, que sean objetos de investigación en esa área.

Procesos formadores

Hay dos procesos considerados formadores de las representaciones sociales: *objetivación* y *anclaje*. La objetivación tiene la función de dar materialidad a un conocimiento abstracto, de naturalizarlo. El anclaje tiene la función de suministrar un contexto inteligible al objeto, de interpretarlo. La objetivación consiste en una operación imaginante y estructurante por la cual se da forma al conocimiento, tornándolo casi tangible. El anclaje consiste en la integración cognitiva del conocimiento a un sistema de pensamiento preexistente; las representaciones ya existentes y disponibles pueden funcionar como sistema de acogida de nuevas representaciones en un proceso de enraizamiento (Jodelet, 1984; Moscovici, 1984).

Condiciones de emergencia

Para Moscovici, son tres las condiciones de emergencia de una representación social:

- 1- *la dispersión de la información* relativa al objeto de la representación; la mayoría de los individuos no tienen acceso a las informaciones suministradas en el contexto de la producción de un cierto conocimiento, por ejemplo, científico. Esto favorece la transmisión indirecta de los saberes y significados y, por consiguiente, la aparición de distorsiones;
- 2- *la focalización* se refiere a la posición específica de un grupo social con relación al objeto de representación, lo cual va a determinar un interés particular por ciertos aspectos del objeto y desinterés relativo por otros. Eso impide que los individuos tengan una visión global del objeto de representación;
- 3- *la presión a la inferencia* referente a la necesidad que los individuos sienten de presentar comportamientos y discursos relativos a un objeto que conocen mal. Los individuos se sienten presionados a tomar posición y a hablar sobre cierto objeto, cierto conocimiento.

Resumiendo, se producen conocimientos en el llamado universo reificado; a través de los medios de comunicación, esos conocimientos llegan al medio social en una versión supuestamente accesible; algunos de esos conocimientos aparecen tan insistentemente en las revistas, en los periódicos, en la televisión y en otros medios de comunicación que las personas se sienten presionadas a manifestarse, a tomar una postura sobre tales conocimientos; para eso, necesitan objetivarlos, naturalizarlos, interpretarlos, contextualizarlos, enfocarlos y anclarlos en representaciones previas, siempre dentro de una dinámica social, de un grupo social. El resultado de todos esos procesos es una representación socialmente construida y compartida que frecuentemente está muy distante de la producida en el universo reificado.

El núcleo central

La teoría del núcleo central propuesta por Jean Claude Abric (1994) es complementaria a la teoría de las representaciones sociales de Moscovici y organizada alrededor de la

siguiente hipótesis respecto de la organización interna de las representaciones sociales: *La organización de una representación social presenta una característica particular: no sólo los elementos de la representación son jerarquizados, sino además toda representación está organizada alrededor de un núcleo central, constituido por uno o algunos elementos que dan a la representación su significado* (1994, apud Sá, 1996).

La idea esencial de la teoría del núcleo central es que toda representación social está organizada alrededor de un núcleo central que es el elemento fundamental de la representación porque determina su significado y su organización interna. Es un subconjunto de la representación, cuya ausencia destruiría la representación o le daría un significado completamente diferente. Abric considera que lo más importante en la idea del núcleo central es la determinación del significado, o sea, la centralidad no puede ser atribuida exclusivamente a una dimensión cuantitativa. El hecho de que un elemento sea cuantitativamente importante o prominente no lo hace central. Lo importante es su dimensión cualitativa, es decir, el hecho de que le dé sentido al conjunto de la representación (Sousa y Moreira, 2004).

En una representación social se observa también lo que Abric llamó *elementos periféricos*, los cuales están en relación franca con el núcleo central. Tienen un papel esencial en el funcionamiento y en la dinámica de las representaciones. En la medida que son periféricos, son menos estables y más permeables que los elementos centrales. Por eso, autorizan las *modulaciones individualistas* de la representación, lo que significa que permiten variaciones personales, sin cuestionar su significado central.

El *sistema central* está constituido por el núcleo central de la representación y tiene las siguientes características: 1) está directamente relacionado y determinado por las condiciones históricas, sociológicas e ideológicas siendo, entonces, fuertemente marcado por la *memoria colectiva* del grupo y por el sistema de normas al cual se refiere; 2) es la base común, colectivamente compartida de las

representaciones sociales; su función es *consensual*; 3) es estable, coherente, resiste a cambios, garantizando la función de la continuidad y de la *permanencia* de la representación; 4) es relativamente independiente del contexto social y material inmediato en el que se revela la representación.

El *sistema periférico* es el complemento indispensable del sistema central, del cual depende. Pues si el sistema central es esencialmente *normativo*, el sistema periférico es *funcional* y esto quiere decir que gracias a él la representación se puede anclar en la realidad del momento. Tiene tres funciones principales: 1) es responsable de la *concretización* del sistema central en términos de tomas de posición y de conductas; es más sensible y determinado por las características del contexto inmediato; constituye la interfaz entre la realidad concreta y el sistema central; 2) siendo más permeable y flexible que los elementos centrales, tiene las funciones de *regulación* y de *adaptación* del sistema central, a las acciones coercitivas y a las características de las situaciones concretas a las cuales se confronta el grupo. El sistema periférico defiende y protege el significado central de las representaciones. Es él el que absorbe, inicialmente, las informaciones o los nuevos acontecimientos susceptibles de cuestionar el núcleo central. La transformación de ciertos elementos periféricos permite, por lo menos por un cierto tiempo, que los elementos centrales se mantengan; 3) la tercera función permite la elaboración de *representaciones sociales individualizadas*, pero organizadas alrededor de un núcleo central común. El sistema periférico permite una cierta modulación individual de la representación, pues su flexibilidad y permeabilidad permiten integrar a las representaciones las variaciones individuales relacionadas a la historia propia del sujeto, a sus experiencias personales, a su vivencia. Si, por un lado, las representaciones sociales son consensuales debido a su sistema central, por otro, pueden admitir fuertes diferencias interindividuales en su sistema periférico (ibid.).

Una cuestión clave en el estudio de las representaciones, implica la comprensión de los procesos de evolución y de transformación de las representaciones. Según Abric (1994),

esta cuestión podría ser explicada a través de la concepción de la organización interna de las representaciones, intentando aclarar qué pasa cuando los individuos son llevados a desarrollar prácticas sociales en contradicción con su sistema de representación.

Para entender esta cuestión, es necesario manejar la noción de *reversibilidad de la situación*, introducida por Flament que, según Abric (1994), es esencial. Los individuos involucrados en una situación, y desarrollando en ella ciertas prácticas, pueden considerar que esta situación es reversible o irreversible. En la situación considerada reversible, se percibe como posible un retorno a las prácticas antiguas, percibiendo la situación actual como temporal y excepcional. En la situación considerada irreversible, todo el retorno a las prácticas antiguas se considera imposible. Entonces, los procesos de transformación que se desencadenarán, serán de naturaleza radicalmente diferente, dependiendo de que la situación sea reversible o irreversible (Sousa y Moreira, 2004, p. 106).

Cuando la situación es percibida como reversible, nuevas prácticas contradictorias van a desencadenar modificaciones de la representación. Los elementos nuevos y discordantes se van a integrar en las representaciones por una transformación en el sistema periférico, mientras que el núcleo central de la representación permanecerá estable e insensible a estas modificaciones. Se trata de una transformación de la representación que es real, pero superficial. Cuando la situación es percibida como irreversible, las prácticas nuevas y contradictorias van a tener, con seguridad, consecuencias muy importantes sobre la transformación de la representación. Abric (op. cit.) apunta tres grandes tipos de transformaciones posibles, descritas a continuación.

Transformaciones resistentes, que ocurren cuando nuevas prácticas contradictorias pueden aún ser generadas por el sistema periférico y por los mecanismos clásicos de defensa como interpretación y justificaciones *ad hoc*, racionalizaciones, referencias a las normas externas de la representación, etc. Aparecen entonces, en el sistema periférico de la repre-

sentación, los “esquemas extraños”, compuestos por: *indicativo de lo normal, designación del elemento extraño, afirmación de una contradicción entre los dos términos y proposición de una racionalización que permite soportar la contradicción*. Estos esquemas extraños evitan poner en cuestión el núcleo central y, por consiguiente, la transformación de la representación se da sólo en el nivel del sistema periférico, por lo menos durante un cierto tiempo, porque la multiplicación de esquemas extraños acabaría resultando en la transformación del núcleo central y, por tanto, de la representación como un todo.

Transformación progresiva de la representación, que ocurre cuando las prácticas nuevas no son totalmente contradictorias con el núcleo central de las representaciones. La transformación ocurre, entonces, sin ruptura del núcleo central. Los esquemas activados por las nuevas prácticas van, progresivamente, integrándose a los del núcleo central, fundiéndose con ellos, para constituir un nuevo núcleo y, por tanto, una nueva representación.

Transformación brutal, que ocurre cuando las nuevas prácticas ponen directamente en cuestión el significado central de la representación, sin posibilidad de recurrir a los mecanismos defensivos del sistema periférico. A partir de ahí, la importancia de esas nuevas prácticas, su permanencia y su carácter irreversible desencadenan una transformación directa y completa del núcleo central y, por tanto, de la representación.

Finalizando, Abric (1994) manifiesta la necesidad de tener en cuenta la organización interna de la representación, para comprender la dinámica de las representaciones sociales, pues el juego y la interacción entre el sistema central y el sistema periférico parece ser el elemento fundamental en la actualización, en la evolución y en la transformación de las representaciones sociales.

Es interesante notar aquí que la teoría de Abric sobre el núcleo central de las representaciones sociales es análoga a la epistemología de Imre Lakatos (1982), según la cual las teorías científicas están constituidas por un *núcleo firme* y un *cinturón protector*. O mejor, las teorías científicas forman parte de *progra-*

mas de investigación científica que tienen un *núcleo firme*, o sea, un conjunto básico de conjeturas que debe ser tenazmente protegido contra refutaciones mediante un *cinturón protector* de hipótesis auxiliares. Es el cinturón protector el que debe recibir el impacto de las contrastaciones y, para defender el núcleo firme, será reajustado e, incluso, completamente sustituido.

Representaciones sociales y la enseñanza de Física

¿Qué tienen que ver las representaciones sociales con la enseñanza de Física? La enseñanza de la Física busca el aprendizaje significativo de la Física. Pero la principal variable que influye en el aprendizaje significativo es el conocimiento previo y éste, como se dijo en la introducción, contiene representaciones sociales.

Es decir, los “conceptos” subsunsores, de los cuales hablaba Ausubel, no son sólo conceptos propiamente dichos. Son también las concepciones alternativas, las representaciones mentales, las representaciones sociales y otros constructos existentes en la estructura cognitiva del ser que aprende.

En el caso del aprendizaje de la Física, la representación social de la Física que el alumno comparta con su propio grupo social ciertamente influirá, positiva o negativamente, su aprendizaje en esa área. Análogamente, en el caso de la Mecánica Cuántica, disciplina que se está intentando trabajar conceptualmente en la Enseñanza Media, la representación social de ella que el alumno traiga a la clase podrá influir mucho el aprendizaje de conceptos básicos como *incertidumbre*, *dualidad*, *superposición*.

El caso de la Física

Física es difícil. Física es para pocos. Físicos son genios. Nunca entendí la Física. Física es casi sólo Matemática. Física es aplicación de fórmulas. No sé nada de Física.

Éstas son expresiones comúnmente usadas en interacciones sociales en grupos que tuvieron clases de Física en la educación básica. ¿Formarían parte del núcleo central de una representación social de la Física? ¿Serían ele-

mentos periféricos?

¿Los alumnos, al llegar a las clases de Física, ya tienen una representación social de la Física? ¿La enseñanza que reciben refuerza esa representación? ¿Los profesores pretenden promover el cambio representacional?

¿O estaríamos ante una representación colectiva de la Física?

Todas estas cuestiones sugieren que es importante investigar, y tener en cuenta en la enseñanza, posibles representaciones de la Física.

El caso de la Mecánica Cuántica

Aquí, seguramente hay representaciones sociales, pues Mecánica Cuántica es un conocimiento nuevo que viene del universo reificado y llega a los más diversos grupos sociales a través de los medios de comunicación, de la divulgación científica y, sobre todo, de libros y charlas sobre una cuántica que no es la aceptada científicamente. Hay, por tanto, *dispersión de la información*, una de las condiciones de emergencia de la representación social. Ciertamente también hay *presión a la inferencia*, pues la dispersión de la información es tan grande, entre distintos grupos sociales, que esos grupos se sienten presionados a presentar comportamientos y discursos relativos a la Mecánica Cuántica. Desde luego, hay también *focalización*, pues en ese proceso las personas se interesan por algunos aspectos de la Mecánica Cuántica y se desinteresan por otros, no tienen una visión global del objeto de representación.

Vale la pena recordar que la teoría de las representaciones sociales fue desarrollada por Moscovici en los años sesenta con una investigación sobre la imagen del psicoanálisis entre parisienses.

Entonces, tiene sentido buscar representaciones sociales de la Mecánica Cuántica, principalmente teniendo en cuenta que hay un consenso internacional, en el área de investigación en enseñanza de Física, de que se deben incluir tópicos de Física Moderna y Contemporánea en la Enseñanza Media.

Como ejemplo del “tipo de cuántica” que está llegando a los grupos sociales, se pueden citar algunos libros:

- Zohar, D. (2000). *Sociedade quântica*. São Paulo: Editora Best Seller. Traducción para el portugués del original *The quantum society* (1993).
- Mattos, V. (2001). *Medicina quântica*. Curitiba: Editora Corpo e Mente.
- Menezes, J. (2006). *Inteligência quântica: aplicações da teoria quântica na transformação humana*. Porto Alegre: Edições Besouro Box.
- Araújo Lima, M.C. (2007). *Quântica, espiritualidade e sucesso*. Porto Alegre: Editora Age Ltda.
- Zohar, D. (14ª Ed.) *O ser quântico. Uma visão revolucionária da natureza humana e da consciência, baseada na nova física*. São Paulo: Editora Best Seller. Traducción para el portugués del original *The quantum self* (1990).

Veamos algunas expresiones o frases que aparecen en esos libros:

nos puede ofrecer los fundamentos conceptuales que necesitamos para realizar una "revolución positiva" en la sociedad (Zohar, 2000).

La idea de una "sociedad cuántica" procede de la convicción de que todo un paradigma nuevo está surgiendo a partir de nuestra descripción de la realidad cuántica, y de que ese paradigma puede extenderse hasta el punto de alterar radicalmente nuestra percepción de nosotros mismos y del mundo social en el cual queremos vivir (ibid.).

Así como muchas veces sentimos que nunca comprendemos enteramente otra persona, nunca realmente conseguimos determinar su naturaleza esencial, es una verdad indudable que nunca conocemos plenamente una partícula elemental (Zohar, 1990).

Cualquier discusión realmente productiva sobre las posibles propiedades conscientes de las partículas elementales o incluso de la relación de materia y conciencia entre sí pide un casamiento de la física con la psicología, que sólo se puede realizar mediante un buen modelo de cómo funciona realmente la conciencia - un modelo físico de la

conciencia (ibid.).

... en una verdadera física de la conciencia, en una física que pueda cimentar la unidad de la conciencia y relacionarla tanto a la estructura del cerebro como a las características comunes de nuestra percepción trivial. Creo que para conseguirlo debemos acudir a la Mecánica Cuántica (ibid.).

La existencia de un eslabón vital entre el proceso de pensamiento y el proceso cuántico, entre nosotros y los electrones, es la suposición subyacente a todo este libro, y las innumerables analogías entre los dos son fascinantes y sugestivas (ibid.).

Estas transcripciones son sólo un ejemplo de lo que se puede encontrar en libros que procuran hacer puentes con la Mecánica Cuántica. No queremos entrar en el mérito sobre si tales puentes son apropiados o si podrían ser clasificados como imposturas intelectuales (Sokal y Bricmont, 2001).

A diferencia de lo que argumentó Araújo Lima (2007), los autores de ese tipo de libro frecuentemente tienen buena formación en Física.

Lo que queremos mostrar con esos ejemplos es que a través de libros y de DVDs, o películas como *El Secreto* hay una dispersión de la información (tal vez no la que les gustaría a los físicos) sobre la Mecánica Cuántica que lleva a la construcción de representaciones sociales de la Mecánica Cuántica.

La investigación en representaciones sociales

La metodología de investigación en representaciones sociales es plurimetodológica (Abric, 2003), no existe un modelo único. Los cuestionarios, por ejemplo, se usan mucho, así como las entrevistas. Otro ejemplo es el análisis de representaciones externas (lingüísticas, gráficas, pictóricas) de sujetos de un determinado grupo social. Es importante tener siempre en cuenta la necesidad de que un grupo social se pueda caracterizar como tal.

Los tests de evocación y asociación de palabras también se usan con el objetivo de identificar representaciones sociales. En los tests de evocación, el sujeto recibe una palabra estímulo y debe asociar a ella tantas otras cuantas

crea pertinente; a veces, el tiempo para las asociaciones es fijo, por ejemplo, un minuto; otras veces es libre. Este tipo de test es llamado *Test de Asociación Escrita de Palabras*. Una vez que se tienen las listas de palabras asociadas a las palabras dadas, el investigador debe buscar coeficientes de semejanza entre ellas y construir una matriz de semejanzas que pueda ser sometida a algún procedimiento estadístico para llegar a un mapeamiento de las palabras-estímulo.

En el *Test de Asociación Numérica de Palabras*, las palabras-estímulo son apareadas y colocadas al lado de una escala numérica que jerarquiza el grado de asociación; por ejemplo, 1 fuertemente asociadas, 7 no asociadas. En ese caso, es más simple construir la matriz de semejanzas, pues se puede trabajar con medias aritméticas, o sea, la media de las asociaciones de varios sujetos para cada pareja de palabras.

En el análisis estadístico de las matrices de semejanza, se puede usar el *Escalonamiento Multidimensional* (EMD) y el *Análisis de Agrupación Jerárquica* (AAJ) (Santos y Moreira, 1991).

El Escalonamiento Multidimensional es una técnica estadística capaz de suministrar una representación espacial de un conjunto de estímulos psicológicos, a partir de medidas de semejanza entre ellos. Esos estímulos pueden, en principio, ser de cualquier naturaleza, por ejemplo, conceptos de una determinada área de conocimiento, o simplemente palabras. Bajo el punto de vista del análisis numérico, el EMD consiste básicamente en ajustar una configuración de n puntos en un espacio r -dimensional, tal que las distancias en ese espacio y las medidas de semejanza sean monótonicamente relacionadas (op. cit., p. 21).

El EMD es una técnica capaz de reflejar lo que se podría llamar “estructura escondida” de un conjunto de medidas de semejanza, pero tal estructura es establecida en un espacio métrico, particularmente el euclidiano. El Análisis de Agrupaciones Jerárquicas (AAJ), a su vez, supone apenas la existencia de una estructura en una métrica particular, no necesariamente en un determinado espacio físico concreto (op. cit, p. 95).

En esta presentación usaremos apenas el Escalonamiento Multidimensional aplicado a tests de asociación numérica de palabras.

Ejemplos de investigación;

Resultados preliminares en Mecánica Cuántica

Los estudios aquí presentados se están realizando en el Grupo de Enseñanza de Física del Instituto de Física de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, en Porto Alegre, RS, Brasil, desde 2007.

Decidimos investigar inicialmente representaciones sociales de la Física y de la Mecánica Cuántica en estudiantes de Enseñanza Media y estudiantes de Física en la Enseñanza Superior. Los pasos siguientes suponen la identificación de representaciones sociales de conceptos de Física Moderna y Contemporánea no sólo entre estudiantes de nivel medio y superior, sino también en distintos grupos sociales, así como la cuestión del cambio representacional.

Optamos por tests de asociación escrita y numérica de palabras y técnicas de Escalonamiento Multidimensional y Análisis de Agrupaciones Jerárquicas en función de experiencias anteriores con tales instrumentos y técnicas en el mapeamiento cognitivo de conceptos físicos (Santos y Moreira, 1979a, 1979b, 1980a, 1980b).

En el caso de la Mecánica Cuántica, para construir los instrumentos, en función de la gran dispersión de la información, se optó por un número relativamente grande de palabras-estímulo: diez.

La pregunta hecha en un sitio de Física (www.fisica.net/mestrado/pesquisa2) creado y mantenido por uno de los autores fue la siguiente:

La Física es una de las ciencias naturales. Con base en esta afirmación y en los conocimientos que eventualmente usted posea, responda, por favor:

¿Cuáles son las 10 palabras o términos que usted asocia al oír hablar de Física Cuántica? Escriba UNA palabra por campo. En el primer campo, ponga la palabra que usted considera MÁS IMPORTANTE en lo que se refiere a la asociación con Física Cuántica.

Se recogieron cerca de 2000 respuestas en

la primera mitad de 2008, entre las cuales se seleccionaron cinco palabras de mayor incidencia directamente relacionadas con la Mecánica Cuántica, una de ellas era Física Cuántica, y otras cinco que serían del sentido común. En orden alfabético, esas palabras fueron:

Alma
Espiritualidad
Física Cuántica
Incertidumbre
Partícula
Pensamiento
Probabilidad
Quantum
Sobrenatural
Éxito

Después se elaboró un cuestionario compuesto por tres partes: 1) la primera de ellas de asociación escrita de palabras, donde se pedía que asociasen libremente otras palabras a cada palabra dada; 2) la segunda consistía en la asociación numérica de palabras, donde se pedía que señalasen el grado de relación, en una escala de 1 a 7 (donde 1 = alto grado de relación, 4 = medio y 7 = poca relación) entre cada pareja posible entre las diez palabras-estímulo; 3) la tercera, suministrando informaciones sobre la escolaridad de los sujetos.

Este cuestionario fue respondido por 530 estudiantes, 165 de la carrera de Física, 135 de otras carreras y 230 de la Enseñanza Media.

A título de indicador de validez del cuestionario se presenta en la Tabla 1 las cinco palabras más asociadas al concepto de Física Cuántica por los estudiantes del primer año de Física y por los estudiantes del último semestre de Física.

nario se presenta en la Tabla 1 las cinco palabras más asociadas al concepto de Física Cuántica por los estudiantes del primer año de Física y por los estudiantes del último semestre de Física.

Tabla 1 . Cinco palabras más asociadas a la Física Cuántica entre estudiantes del primero y del último año de Física.

Primer año	Último año
Partícula	Incertidumbre
Energía	Probabilidad
Quantum	Ec. de Schrödinger
Incertidumbre	Dualidad Onda-Partícula
Átomo	Cuantización

En esa tabla se observa que todas las palabras asociadas tienen lógica desde el punto de vista de la Física, pero las de los estudiantes del último año sugieren mayor conocimiento de la Física Cuántica, como sería de esperar.

También a título de ejemplo, en la Tabla 2 se muestran las asociaciones numéricas medias realizadas por alumnos de primero y tercero de la Enseñanza Media entre Física Cuántica y las demás palabras, en la escala de 1 a 7 del test de asociación numérica.

Llama la atención en la Tabla 2 que *pensamiento* y *éxito* se sitúan cerca del valor medio de la escala tanto para estudiantes del primer año como del tercero de la Enseñanza Media.

Tabla 2 . Media de asociación numérica entre Física Cuántica y demás palabras-estímulo, en alumnos de la Enseñanza Media.

Palabras-estímulo	1° año de Enseñanza Media	3° año de Enseñanza Media
Alma	6,07	4,96
Espiritualidad	5,74	5,03
Incertidumbre	3,62	3,48
Partícula	2,95	2,68
Pensamiento	3,56	3,56
Probabilidad	2,78	2,38
Quantum	2,51	1,68
Sobrenatural	5,10	4,65
Éxito	4,40	4,22

Escala: 1 (asociación alta); 4 (asociación media); 7 (asociación baja)

Resultados del Escalonamiento Multidimensional aplicado a los datos de la asociación numérica de palabras

En esta sección se presentan resultados preliminares del tratamiento estadístico que se está aplicando a los datos obtenidos con los tests de asociación de palabras. Se muestran sólo las configuraciones espaciales obtenidas aplicando el EMD a las medias de las asociaciones numéricas entre las palabras-estímulo, las cuales fueron consideradas como *medidas de semejanza* entre las palabras.

Tales resultados se presentan en las Figuras 1 a 8. Todas las configuraciones que constan en esas figuras son estadísticamente significativas, o sea, los valores del *estrés* y del RSQ son estadísticamente significativos.

En la configuración tridimensional correspondiente a los estudiantes del 1º año de Enseñanza Media (Figura 2) se observa, por ejemplo, una cierta proximidad entre Física Cuántica, éxito, pensamiento, incertidumbre y probabilidad, la cual se mantiene en la configuración relativa a los alumnos del 3º año de ese nivel de enseñanza (Figura 4).

En el caso de los estudiantes de Física, comparando las configuraciones de los alumnos del primer año (Figura 6) y los del último (Figura 8), se percibe que entre éstos parece haber una tendencia a agrupar probabilidad, incertidumbre, quantum, partícula y Física Cuántica distanciándose aún más de éxito, pensamiento, sobrenatural, alma y espiritualidad.

Sin embargo, como ya se ha dicho, son resultados preliminares y estos comentarios son especulativos. La intención aquí es mostrar la potencialidad del instrumento y de la técnica estadística utilizados en la investigación que estamos haciendo para identificar representaciones sociales y su núcleo central en lo que se refiere a la Física y a la Mecánica Cuántica.

Consideraciones finales

En la enseñanza y en la investigación en enseñanza de Física se ha dado mucha atención a las ideas previas de los alumnos, particularmente a las llamadas concepciones alter-

nativas, tanto para identificarlas como para cambiarlas en la estructura cognitiva de los alumnos. Esas concepciones pueden ser construidas por el sujeto interactuando directamente con el mundo físico, o con el mundo “clásico”. Como gran parte de la enseñanza de la Física enfoca sólo la Física Clásica, es muy importante tener en cuenta tales concepciones en las estrategias de enseñanza. Como decía Ausubel, el conocimiento previo es la variable aislada que más influye en el aprendizaje.

Sin embargo, estamos en el siglo XXI y es natural que la enseñanza de Física pase a ocuparse cada vez más de la Física Moderna y Contemporánea. Pero en ese caso, el alumno no construye individualmente concepciones de un mundo “no clásico” (cuántico, por ejemplo) al cual no tiene acceso directo. Surgen entonces las representaciones sociales que se construyen socialmente como respuesta de determinados grupos a la avalancha de informaciones e interpretaciones que intentan hacer familiares conocimientos no familiares producidos por los universos reificados, en este caso, la Física.

En esta presentación se intentó explicar qué son las representaciones sociales, tomando particularmente el caso de la Mecánica Cuántica como ejemplo. Se presentaron algunos resultados de investigaciones preliminares, pero el objetivo principal fue llamar la atención para lo que está pasando con la Cuántica y las posibles implicaciones para la enseñanza. Hay varias “cuánticas alternativas” siendo vehiculizadas a través de libros, seminarios, películas y otros medios de comunicación. Con eso, se van construyendo representaciones sociales de la Mecánica Cuántica y de conceptos cuánticos que podrán funcionar como fuertes obstáculos epistemológicos a la captación de los significados científicamente aceptados en esa área de la Física.

En el caso de la Física Clásica, las concepciones alternativas pueden dificultar el aprendizaje de los significados científicos, mientras que en la Física Moderna y Contemporánea es probable que las representaciones sociales desempeñen ese papel obstaculizador.

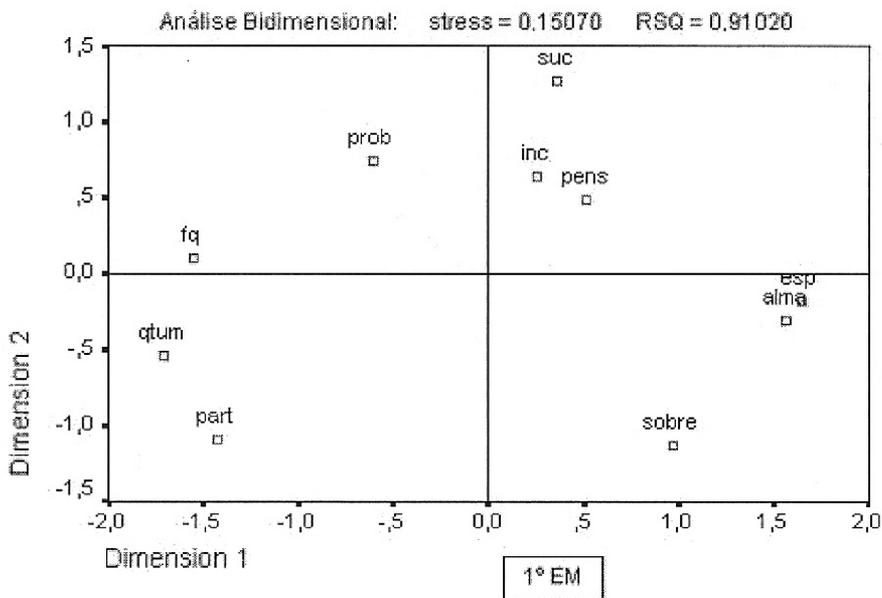


Figura 1 . Configuração bidimensional obtida com o EMD aplicado a a matriz de semelhanças obtida com o teste de associação numérica de palavras para alunos do 1º ano de Ensino Médio. (suc = êxito)

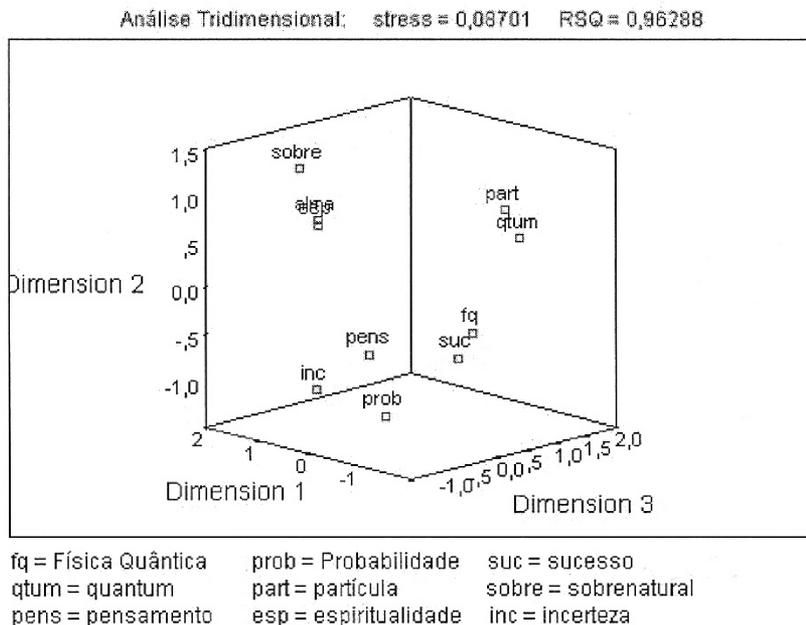


Figura 2 . Configuração tridimensional obtida com o EMD aplicado a a matriz de semelhanças obtida com o teste de associação numérica de palavras para alunos do 1º ano de Ensino Médio. (sucesso = êxito)

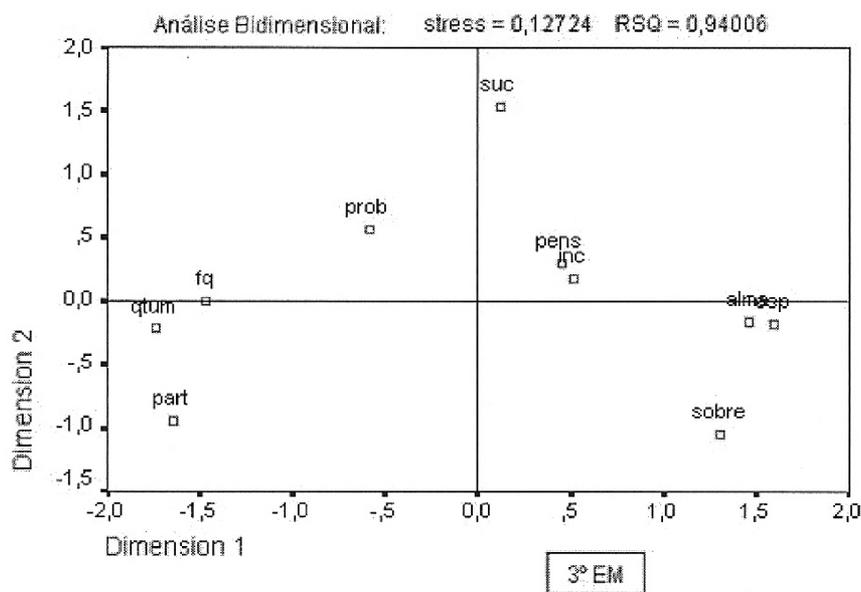


Figura 3 . Configuración bidimensional obtenida con el EMD aplicado a la matriz de semejanzas obtenida con el test de asociación numérica de palabras para alumnos del 3° año de Enseñanza Media.

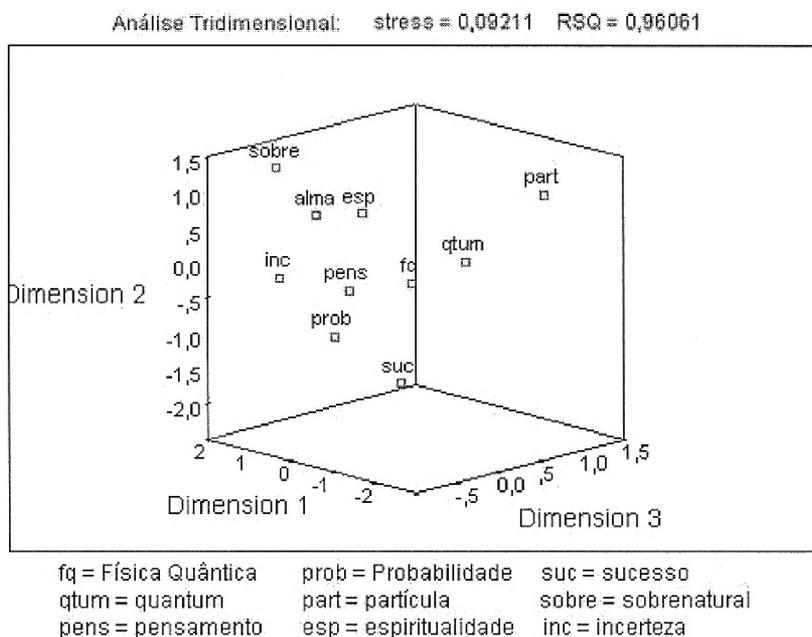


Figura 4 . Configuración tridimensional obtenida con el EMD aplicado a la matriz de semejanzas obtenida con el test de asociación numérica de palabras para alumnos del 3° año de Enseñanza Media.

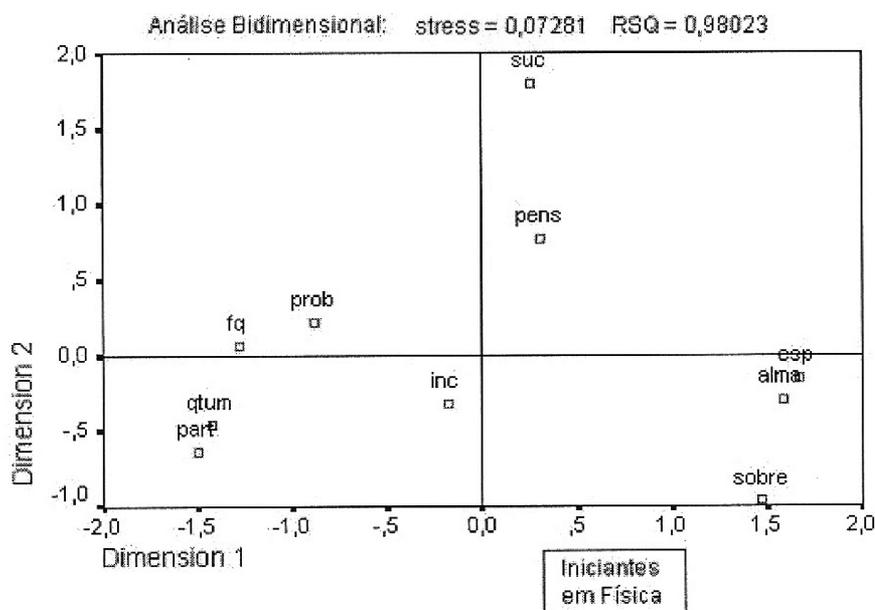


Figura 5 . Configuração bidimensional obtida com o EMD aplicado a a matriz de semelhanças obtida com o teste de associação numérica de palavras para alunos do primeiro ano de a carreira de Física.

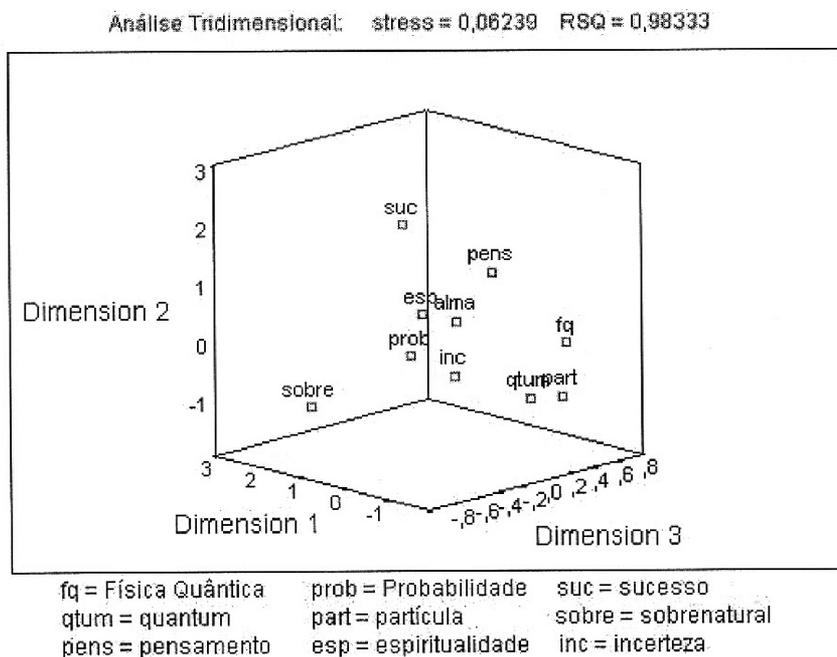


Figura 6 . Configuração tridimensional obtida com o EMD aplicado a a matriz de semelhanças obtida com o teste de associação numérica de palavras para alunos do primeiro ano de a carreira de Física.

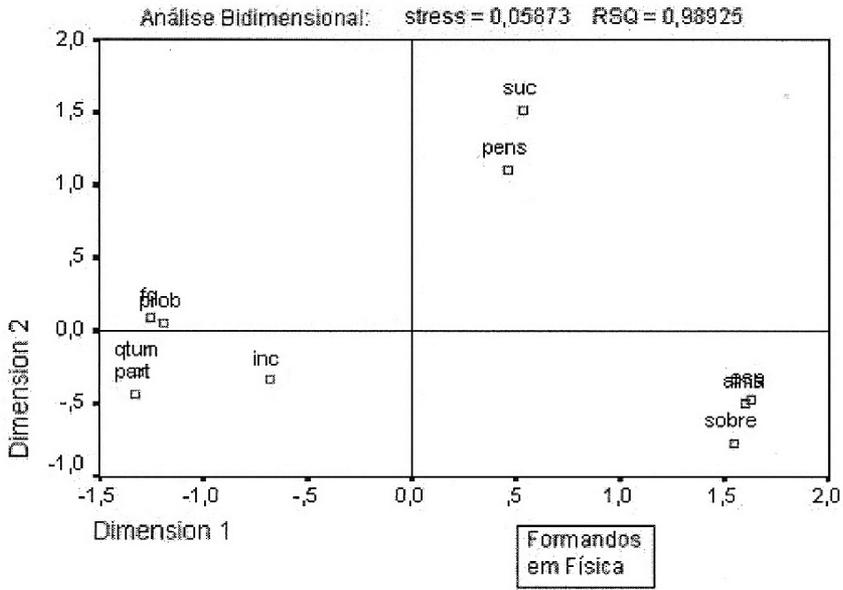


Figura 7 . Configuração bidimensional obtida com o EMD aplicado a a matriz de semelhanças obtida com o teste de associação numérica de palavras para alunos do último ano de a carreira de Física.

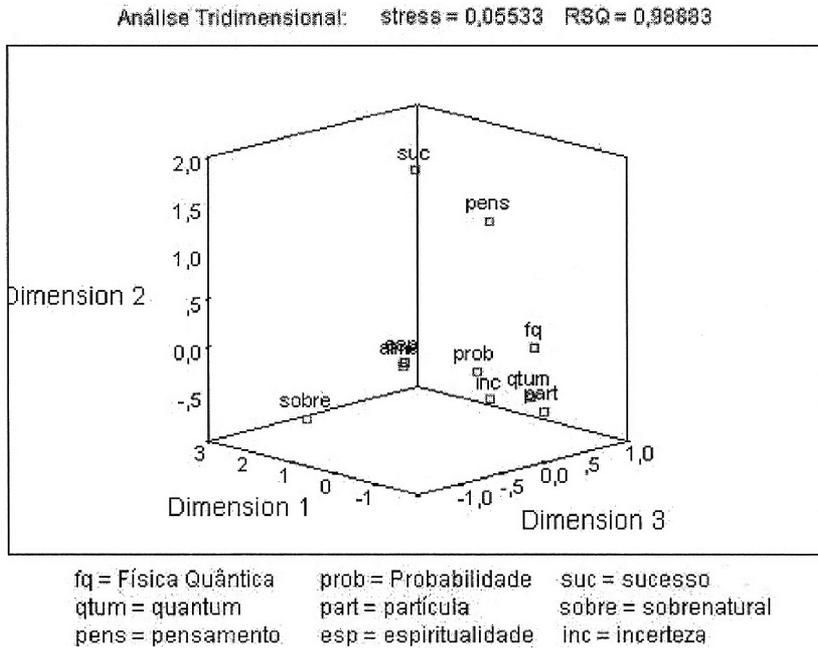


Figura 8 . Configuração tridimensional obtida com o EMD aplicado a a matriz de semelhanças obtida com o teste de associação numérica de palavras para alunos do último ano de a carreira de Física.

Referências

- Abric, J.C. (1994). *L'organisation interne des représentations sociales: système central et transformations des représentations sociales*. Lausanne: Delachaux et Niestlé.
- Abric, J.C. (2003). *Méthodes d'étude des représentations sociales*. Ramonville Saint-Agne: Éditions Érès.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Durkheim, E. (1912). *As formas elementares da vida religiosa*. In Gianotti, J.A. (org.). *Durkheim*. Coleção Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- Flament, C. (1994). *Aspects périphériques de représentations sociales*. In Guimelli, C. (ed.). *Structures et transformations des représentations sociales*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Jodelet, D. (1984). *Représentations sociales: phénomènes, concept et théorie*. In Moscovici, S. (ed.). *Psychologie sociale*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Jodelet, D. (1989). *Représentations sociales: un domain en expansion*. In Jodelet, D. (org.). *Le représentations sociales*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lakatos, I. (1982). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Moscovici, S. (1961/1976). *La psychanalyse, son image et son publique*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Moscovici, S. (1981). *On social representations*. In Forgas, J.P. (ed). *Social cognition: perspectives on everyday understanding*. London: Academic Press.
- Moscovici, S. (1984). *The phenomenon of social representation*. In Farr, M. & Moscovici, S. (eds.). *Social representation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moscovici, S.; Hewstone, M. (1984). De la science au sens commun. In Moscovici, S. (Ed.). *Psychologie sociale*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Sá, C.P. (1983). *Representações sociais: o conceito e o estado atual da teoria*. In Spink, M.J. (org.). *O conhecimento no cotidiano*. São Paulo: Brasiliense.
- Sá, C.P. (1996). *Núcleo central das representações sociais*. Petrópolis: Vozes.
- Santos, C.A.; Moreira, M.A. (1979a). Aplicação da análise multidimensional ao mapeamento cognitivo de conceitos físicos. *Revista Brasileira de Física*, 9(3): 849-858.
- Santos, C.A.; Moreira, M.A. (1979b). Aplicação da análise multidimensional de agrupamentos hierárquidos ao mapeamento cognitivo de conceitos físicos. *Revista Brasileira de Física*, 9(3): 859-869.
- Santos, C.A.; Moreira, M.A. (1980a). Análise multidimensional da associação numérica de conceitos em Termodinâmica. *Ciência e Cultura*, 32(8): 1065-1069.
- Santos, C.A.; Moreira, M.A. (1980b). Agrupamentos hierárquicos na associação numérica de conceitos em Termodinâmica. *Ciência e Cultura*, 32(10): 1394-1398.
- Santos, C.A.; Moreira, M.A. (1991). *Escalação multidimensional e análise de agrupamentos hierárquicos*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Sousa, C.M.S.G.; Moreira, M.A. (2004). Representações sociais. Porto Alegre, *Actas del PIDEC*, Nº 6: 03-40.
- Sokal, A.; Bricmont, J. (2001). *Imposturas intelectuais. O abuso da ciência pelos filósofos pós-modernos*. Rio de Janeiro: Editora Record. Tradução para o português de *Impostures intellectuelles* (1991).