

Entendimiento del equilibrio químico utilizando mapas conceptuales

Regina Raquel Gonçalves Cavalcanti

Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Brasil
Brasil

Email: reginaraquel@usp.br

RESUMEN

La estructura conceptual de los estudiantes de una carrera de graduación en química en la universidad, sobre el tema equilibrio químico, fue analizada a través del uso de mapas conceptuales con el uso de la herramienta CmapTools. El estudio fue realizado en dos momentos distintos, al ingresar a la universidad y luego de un año de la carrera. Los mapas diseñados por alumnos y luego transferidos a la herramienta CmapTools, fueron analizados utilizando una adaptación del método de análisis estructural de los mapas conceptuales. Como resultado, se concluye que la herramienta de análisis adaptada e implementada durante la investigación fue muy útil para el análisis propuesto. Los alumnos que ingresan a la carrera de graduación definen el equilibrio químico como el estado donde las velocidades de las reacciones se igualan sin relacionarlo con los conceptos de la termodinámica, demostrando también diversos conocimientos arraigados en el formato de la educación media. La evidencia indica que los estudiantes al ser sometidos al conocimiento y estudio de diversas disciplinas relacionadas al tópico equilibrio químico modificaron su estructura conceptual y su entendimiento.

1 INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ciencia ha intentado resolver una diversidad de problemas con relación al entendimiento, la construcción y las concepciones erradas en una diversidad de temas y conceptos (Novak, 2004b). Un número importante de autores han realizado estudios que apuntan a mejorar tanto la enseñanza como el aprendizaje de la ciencia, utilizando una diversidad de estrategias, métodos, herramientas y similares (Novak, 2004b; Linn, 2003; Boss, S., & Krauss, J., 2007; Mettes et al., 1980).

Es así como diversas estrategias, metodologías y herramientas de aprendizaje se han postulado para mejorar los aprendizajes de la ciencia. De esta forma, la metodología de proyectos, el aprendizaje basado en problemas, la resolución de problemas, entre otras, son descritas en la literatura como metodologías que apuntan a mejorar y ampliar el aprendizaje de la ciencia (Novak, 2004b; Linn, 2003; Mettes et al., 1980).

Los mapas conceptuales constituyen una herramienta de aprendizaje que nació en el ámbito del aprendizaje de la ciencia (Nova & Gowin, 1984), bajo el contexto del aprendizaje significativo de Ausubel (Ausubel, 1963). Las primeras aplicaciones de los mapas conceptuales de Novak fueron precisamente en el ámbito del aprendizaje de la ciencia en

general y de la biología en particular (Novak, 2004b).

Existen una diversidad de estudios y experiencias, en un sinnúmero de disciplinas, con una diversidad de enfoques metodológicos y contextos, y con diseños de investigación cuali y cuantitativos, que indican que dada ciertas condiciones, los mapas conceptuales pueden constituir una herramienta poderosa para representar el conocimiento conceptual del aprendiz, facilitar el aprendizaje significativo, identificar conceptos y relaciones conceptuales erradas, y para construir conocimiento (Almeida & Moreira, 2008; Kinchin, 2000a; Kinchin, 2000b; Kinchin et al., 2000; Moreira & Motta, 1993; Novak, 2004b, Ruiz-Primo & Shavelson, 1996, Sánchez, 1993; Yin et al., 2005).

Uno de los temas más sensibles, complejos y menos estudiados de los mapas conceptuales es su evaluación cuantitativa (Kinchin, 2000b; Novak, 2003; Novak 2004b, Yin et al., 2005). La mayor parte de los trabajos con mapas conceptuales tiene su origen en una visión más holística y naturalística de observar el fenómeno de la estructura, ordenamiento, jerarquización conceptual sobre la base de la teoría de aprendizaje significativo Ausubeliana (Ausubel, 1963; Ausubel 1968; Ausubel et al., 1978).

Si bien es cierto que inicialmente la evaluación cuantitativa de los mapas fue tenue dándose a entender que lo fundamental era el cambio cualitativo conceptual un tanto lejano a su cuantificación (Novak y Gowin, 1984), paulatinamente han surgido voces, tanto en el área de la educación como en otras disciplinas del conocimiento, requiriendo formas más cuantitativas para evaluar la estructura y el cambio conceptual de los aprendices a nivel de educación primaria, secundaria y superior.

Este estudio se enmarca precisamente en ese nicho. La cuantificación del mapa conceptual en el contexto del aprendizaje y la enseñanza de la ciencia, en específico, de la química. De esta forma se pretende determinar cuantitativamente el cambio conceptual entre el inicio y luego de un año, en alumnos de una carrera de química a nivel universitario.

La propuesta de este estudio es evaluar cualitativamente la estructura conceptual de los alumnos que ingresan a una carrera de química y después de un año de dicha carrera sobre el tema equilibrio químico, usando como instrumento de recolección de datos los mapas conceptuales. Se eligió trabajar con esta herramienta ya que facilita determinar cuáles son y cuál es la naturaleza de las principales relaciones conceptuales realizadas entre los principales conceptos involucrados en el tema equilibrio

químico, de forma de representar la organización conceptual existente en la estructura cognitiva de los alumnos.

Pretendemos observar el cambio conceptual de un tema de gran importancia en el contexto del aprendizaje de la ciencia, en especial de la química, a través de una metodología de aprendizaje específica como es el uso de los mapas conceptuales, que ha sido un factor clave para la realización de este estudio.

Asimismo, fue también objetivo del presente estudio diseñar y aplicar una metodología de análisis cuantitativo de mapas conceptuales, que permita obtener una visión general de la estructura conceptual de un grupo específico de alumnos sobre un determinado tópico. En este sentido, una metodología desarrollada por González Yoval y colaboradores (2004, 2006, 2008 y 2010) fue testada, modificada y enriquecida, de manera de obtener un mapa conceptual representativo de las principales relaciones realizadas por el grupo de estudiantes (Cavalcanti y Maximiano, 2011). El foco principal de este trabajo fue observar las relaciones y proposiciones realizadas en los mapas conceptuales construidos por los estudiantes, y no centrarse en su estructura general.

Con todo, este estudio pretendió evaluar la estructura conceptual de los alumnos sobre el tópico equilibrio químico a través del uso de los mapas conceptuales, analizar la evolución de las relaciones conceptuales y el cambio conceptual significativo de los alumnos al ingresar y luego de un año de aprendizaje sistemático de tales conceptos a través de diversas disciplinas en una carrera universitaria de química, para finalmente poder establecer si existe relación entre estos cambios en la estructura conceptual sobre equilibrio químico de los alumnos y el proceso de enseñanza-aprendizaje implementado durante el año de estudio.

2 METODOLOGÍA

2.1 Muestra

El grupo estudiado estuvo compuesto por 49 estudiantes del 1o semestre de la carrera de Química del Instituto de Química de la Universidad de São Paulo (IQUSP). Los alumnos que ingresaron al programa nocturno de bachillerato en química y que tomaron la asignatura “Introducción a las Transformaciones Químicas”, resaltaron que el tema equilibrio químico no había sido abordado en la asignatura al momento de la recolección de datos, por lo tanto el estudio fue realizado antes de que estudiaran el tópico equilibrio químico. Siete meses después se recolectaron nuevos datos utilizando la misma metodología, con la finalidad de analizar la evolución conceptual de los alumnos con relación al tema de equilibrio químico, luego de que alumnos cursaran a las asignaturas de Introducción a las Transformaciones Químicas, Química Orgánica y Estructura de la Materia. De los 49 alumnos que ingresaron a la carrera y construyeron los mapas conceptuales, 17 construyeron el segundo mapa, luego de siete

meses, en la disciplina de Química Inorgánica. Para este trabajo fueron considerados los 17 alumnos que participaron en los dos momentos de recolección de datos (inicio del primer semestre y término del segundo semestre (siete meses después), de manera de cumplir con los propósitos de esta investigación.

2.2 Materiales

Los mapas conceptuales fueron producidos por los alumnos en una hoja de papel y luego fueron reconstruidos utilizando el software CmapTools (<http://cmap.ihmc.us/>, <http://cmap.ihmc.us/download/>) para una mejor visualización y flexibilidad (Cañas et al., 2003, 2004). CmapTools es un software creado por el Institute for Human Machine Cognition (IHMC), que permite a los usuarios construir, navegar, compartir, analizar, asociar, relacionar, criticar y evaluar conocimiento representado a través de mapas conceptuales. El diseño de CmapTools está pensado para construir mapas conceptuales sobre la base de concepciones de aprendizaje significativo de Ausubel (Ausubel, 1963; Ausubel, 1968; Ausubel et al., 1978). En este proceso, se procuró ser fiel a la estructura del mapa original, en cuanto a su organización espacial como en la escritura de conceptos y las palabras enlace.

2.3 Análisis

Propuesta Metodológica: Adaptación del Análisis Estructural de los Mapas Conceptuales (AEMC Adaptada)

Según la metodología original (González Yoval et al., 2006), para una determinada proposición existente en el mapa conceptual, se puede señalar en la matriz la relación entre los conceptos, como también efectuar la suma de las relaciones, siguiendo tanto las líneas como las columnas de la matriz. Sin embargo, al aplicar tal metodología, se percibe que el efecto de este procedimiento es que los conceptos terminales del mapa conceptual, como su relación, no serían considerados o computados. Por ejemplo, si en un mapa (Figura 1) existe la proposición $\Delta G \rightarrow$ indica la \rightarrow reacción favorable, de manera que este último concepto no se conecte a ningún otro (concepto terminal), siguiendo la línea de la matriz (Figura 2) solamente ΔG tendrá sus valores de R (número de relaciones conceptuales) y F (frecuencia de un determinado concepto relacionado) computados.



Figura 1. Ejemplo de concepto terminal en un mapa conceptual

	reacción directa	reacción favorable	revertir la reacción	reacciones químicas	cambio de energía libre(ΔG)	TOTAL DE RELACIONES	FRECUENCIA DE RELACIONES	% FRECUENCIA DE RELACIONES
reacción directa								
reacción favorable								
revertir la reacción								
reacciones químicas	1	1	1	3				
cambio de energía libre(ΔG)		1		1				

Figura 2. Ejemplo de matriz de asociaciones

Para evitar este tipo de problema y computar los conceptos terminales, el Análisis Estructural de los Mapas Conceptuales (AEMC), González Yoval (2006), fue adaptado para el presente estudio y consiste en los siguientes pasos:

CONSTRUCCIÓN DE MATRICES

1. Cada mapa conceptual construido por el alumno es transformado en una matriz de asociación, en la que para cada par de conceptos con una relación, se atribuye el valor 1 a una proposición existente. Sin embargo, percibimos que al efectuar este procedimiento los conceptos terminales del mapa no serían debidamente marcados, conforme ya descrito y ejemplificado. Así, las matrices fueron divididas por la diagonal nula y cada par de conceptos fue marcado en la diagonal inferior y superior, marcando la relación entre determinados conceptos A y B, tanto por la línea como por la columna. Esto produjo una matriz simétrica (Figura 3).

2. Para cada muestra de mapa conceptual se realiza una suma de todas las matrices, obteniéndose así una matriz suma final que muestra el número de las relaciones totales en cada concepto, conforme es presentado en la Figura 3.

3. De la misma forma que en la propuesta original, la suma de las líneas permite obtener el valor de R (número total de relaciones) para cada concepto. El conteo siguiendo la línea de la matriz del número total de los conceptos que un determinado concepto X aparece relacionado, indica el valor de F. Ese valor puede ser dividido por el número total de las relaciones que se puede establecer con el respectivo concepto X (n-1, donde n es el número total de los conceptos) y expresado en términos porcentuales (% F). Otra modificación fue normalizar el número total de las relaciones (R) dividiéndolo por el número total de los mapas de cada grupo, obteniendo la razón total de relaciones/mapa (R/M). Ese parámetro representa el número promedio de las relaciones del concepto en cada muestra de alumnos estudiada, lo que permite una mejor comparación entre los mismos.

Construcción del gráfico (% Frecuencia de la asociación vs. Relaciones/Mapa)

4. La aplicación de la Prueba de Asociación de Olmstead-Tukey (González Yoval, 2004) consiste en construir el gráfico que relaciona el total de las relaciones (R/M) y la frecuencia de asociación (R/M vs. F). El gráfico obtenido es dividido en cuadrantes determinados por las medianas de Relaciones y Frecuencia (Figura 4).

5. A partir de los resultados obtenidos por la posición gráfica de los conceptos, se define: a. Conceptos dominantes, aquellos que poseen un alto número de relaciones y un alto número de frecuencia presentes en los mapas analizados; b. Conceptos constantes, aquellos que poseen un bajo número de relaciones y un alto número de frecuencia presentes en los mapas; c. Conceptos ocasionales, aquellos que poseen un alto número de relaciones y bajo número de frecuencia presentes en los mapas y d. Conceptos raros, aquellos que poseen un bajo número de relaciones y un bajo número de frecuencia presentes en los mapas conceptuales.

Así, por la posición de cada concepto en un cuadrante, se puede determinar cuáles conceptos son dominantes (alto R y alto F), constantes (bajo R y alto F), ocasionales (alto R y bajo F) y raros (bajo R y bajo F) (Figura 4).

6. Para la matriz final, un mapa conceptual representativo de cada uno de los grupos de estudiantes

estudiados fue construido. Para esto, las relaciones consideradas fueron aquellas presentes en por lo menos el 25% de cada grupo (Figuras 5 y 6).

2.4 Procedimiento

Para la elaboración de los mapas conceptuales los estudiantes fueron sometidos previamente a una exposición de 50 minutos sobre la herramienta mapas conceptuales, basada en las sugerencias presentadas en el trabajo de Ruiz-Primo (2001). Esta exposición se centró en qué son los mapas conceptuales, cuál es su utilidad, cómo son sus formas, ejemplos de diversos mapas conceptuales, diferencias entre los mapas conceptuales y otras representaciones gráficas como organigramas y proyectos, cuáles son las estructuras más comunes de los mapas conceptuales, cómo ellos representan las jerarquías de los conceptos y cuáles son los pasos necesarios para elaborar un mapa conceptual. Al final de la exposición, los estudiantes construyeron un breve mapa conceptual en papel sobre elementos químicos que implicaba 7 conceptos distintos.

La elaboración de los mapas sobre equilibrio químico fue tema de la lección siguiente (después de una semana), donde los estudiantes recibieron una hoja con instrucciones sobre la elaboración de un mapa conceptual y, en orden alfabético, una lista de 28 conceptos relacionados con el tema (Tabla 1). Después de la elaboración de los mapas conceptuales, sobre la lista de conceptos, fue realizada la lectura de libros didácticos de química general, físico-química y química analítica del nivel de graduación. Las instrucciones informaban a los estudiantes que no necesitaban utilizar todos los conceptos y que se podría agregar otros conceptos que no estaban en la lista, pero que fuesen pertinentes. El tiempo utilizado para la elaboración de

este mapa varió entre una y dos horas. Después de un año de la carrera de química los mismos estudiantes construyeron los mapas sobre el tema equilibrio químico.

Los mapas conceptuales elaborados por alumnos fueron posteriormente traspasados por los investigadores a un formato digital utilizando la herramienta computacional CmapTools.

3 RESULTADOS

Los conceptos dominantes determinados en los mapas conceptuales están relacionados a las condiciones y a la reacción química, desplazamiento y la definición del estado de equilibrio químico. El concepto velocidad de las reacciones clasificado como dominante presenta 36 relaciones en los 17 mapas, con un porcentaje de frecuencia de 55%, o sea, 8 alumnos relacionaron por lo menos una vez el concepto, siendo que de esos, 4 hicieron más de una relación para el mismo concepto.

Las proposiciones presentadas caracterizan fuertemente que la relación establecida entre el equilibrio químico y la velocidad de reacciones y/o constante de equilibrio depende de la velocidad, aspecto enfatizado en el abordaje con los alumnos. Se observa a través del análisis bidimensional (Figura 4 y Tabla 1) que entre los conceptos el único considerado constante, o sea, con bajo número de relaciones y alta frecuencia, es la perturbación, lo cual presenta 15 relaciones y una frecuencia de 44%. Este hecho puede ser relacionado con el direccionamiento que se realiza en la enseñanza media del tópico equilibrio químico, donde comúnmente se le otorga un gran énfasis a este aspecto del tema.

Entre los conceptos clasificados como raros, bajo número de relaciones y bajo porcentaje de frecuencia, los conceptos macroscópico y microscópico aparecen relacionados en 6 de los 17 mapas (35%), con apenas 7 relaciones y presentando proposiciones poco significativas.

En virtud de la dificultad para lidiar con conceptos como energía libre y entropía, los cuales no aparecen relacionados en ninguno de los mapas construidos por los alumnos, hecho que se corrobora con nuestra inferencia sobre cómo la enseñanza del equilibrio químico es pautada en la enseñanza media, esto es, un abordaje con carácter cinético.

Con el propósito de comparar las muestras recolectadas se aplicó la misma metodología después de un año con los mismos 17 alumnos que ingresaron a la carrera, transformando los mapas construidos en una matriz, obteniéndose la matriz suma y el gráfico bidimensional entre los conceptos clasificados como dominantes, alto número de relaciones y alto valor de frecuencia (Tabla 1, Figura 4), además de evidenciar que los mismos conceptos presentados anteriormente en la muestra, están relacionados: perturbación, presión y reacción directa.

En la primera aplicación de la metodología de análisis, el concepto perturbación fue clasificado como constante, bajo número de relaciones y alto número de frecuencia. Este concepto presentaba 15 Relaciones y posteriormente este obtuvo 47 Relaciones

(dominante); velocidad de reacciones fue clasificado como dominante con 36 Relaciones y después la nueva aplicación de la construcción de los mapas este concepto obtuvo 19 Relaciones, siendo clasificado como constante.

De acuerdo con los cambios de categoría entre los conceptos podemos relacionar este evento al contexto en que es estudiado el tópico equilibrio químico en la enseñanza media, de manera de relacionar el estado de equilibrio a la velocidad de reacción, ya que en el momento de la aplicación de la construcción de los mapas conceptuales por parte de los alumnos que ingresaron a la carrera de química, estos no habían sido sometidos al estudio del tópico equilibrio químico.

Podemos inferir, por el número de relaciones realizadas en los mapas, que el concepto perturbación fue mejor comprendido y por lo tanto más relacionado. Este concepto en esta segunda fase fue clasificado como dominante, perturbación está conectado a la comprensión del principio de Le Chatelier, y, de acuerdo con Canzian y Maximiano (2010), este concepto es utilizado en los libros didácticos de enseñanza media de manera general, de forma memorística sin relaciones experimentales y sin fundamentación teórica.

Entre los conceptos clasificados como raros, bajo número de relaciones y bajo número de frecuencia, además de los que habían sido relacionados y clasificados en la primera aplicación de los mapas, fueron verificados en esta fase los siguientes: endotérmico, potencial químico, variación de energía libre (ΔG), variación de energía libre padrón (ΔG) y volumen. Se resalta que los conceptos potencial químico, variación de energía libre (ΔG) y variación de energía libre padrón (ΔG) en la primera toma de las muestras con los alumnos que ingresaron a la carrera, no fueron relacionados en ninguno de los 17 mapas construidos por los alumnos y en esta colección de datos los mismos conceptos fueron relacionados, aunque en número reducido: potencial químico una relación, variación de energía libre (ΔG) 12 relaciones y variación de energía libre padrón (ΔG) fue relacionado 4 veces.

Con la obtención del mapa conceptual representativo fue posible verificar que el concepto reversible está conectado a la reacción química en 47% (8 de los 17) de los mapas construidos por los alumnos, referente a química inorgánica, en el mapa construido en el momento en que los alumnos que ingresaban a la disciplina Introducción a las Transformaciones Químicas; el número de conexiones con este concepto fue menor que 5 de los 17 mapas analizados, bajo del 25% del total.

El aumento de la frecuencia de asociaciones del concepto de reversibilidad fue verificado en varios aspectos ya relatados. Se puede concluir que este fue el concepto mejor entendido por parte de los alumnos, después de haber sido sometidos al estudio de varias disciplinas de la química.

En el mapa representativo referente a la primera toma de muestras (alumnos que ingresan), el único concepto clasificado como constante, o sea, con bajo número de relaciones y alta frecuencia, es perturbación, este presenta una frecuencia en los



mapas construidos por los alumnos de 15%, por lo tanto abajo de 25% no siendo apreciable en el mapa representativo. En tanto, en el mapa representativo relativo a química inorgánica, este concepto fue clasificado como dominante, presentando un 41% de las relaciones, mostrando así que el concepto que era más específico fue mejor entendido por los alumnos, pasando a ser un concepto dominante.

Comparando el mapa representativo de los alumnos ingresantes con el mapa representativo de los alumnos después de un año de la carrera, queda en evidencia las diferencias en el concepto velocidad de reacciones con 29% frecuencia de conexiones y un total de relaciones de 36 en los 17 mapas construidos; aparece conectado al concepto constante de equilibrio (K). Como ya se ha mencionado, se acredita que esto se debe al hecho de que los alumnos que ingresan a la carrera relacionan la cinética química como la explicación para que el sistema logre el equilibrio.

En el mapa representativo de la clase después de un año de curso, el concepto Velocidad de reacciones no fue muy utilizado, obteniendo menos del 29% de frecuencia de conexiones, o sea, de los 17 mapas construidos por los alumnos, menos de 5 de ellos hicieron relaciones con este concepto. Verificamos también que el total de relaciones en esta fase fue de 19 y en la primera toma de muestras este era de 36.

El Principio de Le Chatelier aparece en el mapa representativo de los alumnos que ingresaron a la carrera de manera poco expresiva, con 29% de frecuencia de las relaciones, y conectado al concepto Desplazamiento de equilibrio, ya en el mapa representativo de la segunda toma de muestras el Principio de Le Chatelier es relacionado a tres conceptos: Temperatura con 35%, Presión y Constante de Equilibrio con 29%, de frecuencia de relaciones.

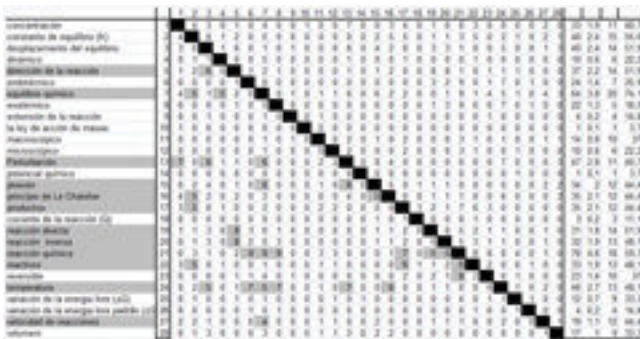


Figura 3. Matriz Final obtenida a partir del agregado de las matrices individuales de los estudiantes referente a disciplina química inorgánica (después de un año de carrera). Se destaca las relaciones que han aparecido en más del 25% de los mapas conceptuales.

	Conceptos dominante	Conceptos Occasional	Conceptos constantes	Conceptos raras
Eventos: obtenidos solo en el grupo de mapas hechos antes del estado del tema	- velocidad de reacciones - Volumen	- endotérmico - presión - reacción directa	- perfeccionista	- dinámico - ley de acción de masas - reacción química
Eventos: obtenidos solo en el grupo de mapas hechos después del estado del tema	- reacción directa - perturbación - presión		- velocidad de reacciones	- endotérmico - potencial químico - Variación de energía libre (ΔG) - Variación de energía libre estándar (ΔG°) - volumen
Campo común a los dos grupos de estudiantes	- concentración - constante de equilibrio (K) - desplazamiento del equilibrio - dirección de la reacción - equilibrio químico - principio de Le Chatelier - productos - reacción química - reacción directa - temperatura			- dinámico - endotérmico - extensión de la reacción - ley de acción de masas - macroscópico - microscópico - reacción de reacción (R) - reversible

Tabla 1. Conceptos utilizados en la elaboración de los mapas conceptuales.

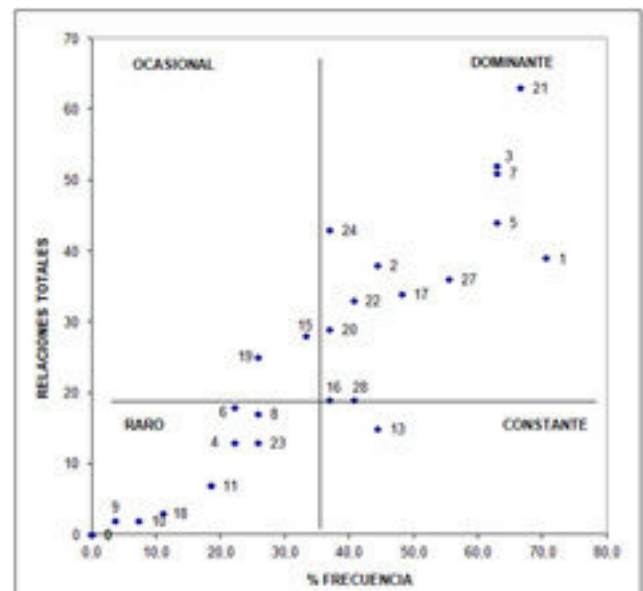


Figura 4. Gráfico obtenido a partir de la metodología AEMC para los alumnos que ingresaron el 1º año del año 2008 a la carrera de química. Prueba de Asociación de Olmstead-Tukey para la matriz suma de los mapas conceptuales elaborados por los alumnos, referente a la disciplina Química de Transformaciones. Cada punto corresponde a un concepto: 1. Concentración, 2. Constante de equilibrio (K), 3. Desplazamiento del equilibrio, 4. Dinámico, 5. Dirección de la reacción, 6. Endotérmico, 7. Equilibrio químico, 8. Exotérmico, 9. Extensión de la reacción, 10. La ley de acción de masas, 11. Macroscópico, 12. Microscópico, 13. Perturbación, 14. Potencial químico, 15. Presión, 16. Principio de Le Chatelier, 17. Productos, 18. Cociente de la reacción (Q), 19. Reacción directa, 20. Reacción inversa, 21. Reacción química, 22. Reactivos, 23. Reversible, 24. Temperatura, 25. Variación de la energía libre (ΔG), 26. Variación de la energía libre estándar (ΔG°), 27. Velocidad de reacciones, y 28. Volumen.



Figura 5. Mapa conceptual obtenido por el grupo de alumnos de la disciplina Transformaciones Químicas. El porcentaje presente en las palabras enlace expresa la frecuencia de conexión entre los conceptos. Entre paréntesis está el número de ocurrencia de la frase de conexión.



Figura 6. Mapa conceptual obtenido por el grupo de alumnos de la disciplina Química Inorgánica. El porcentaje presente en las palabras enlace expresa la frecuencia de conexión entre los conceptos. Entre paréntesis está el número de ocurrencia de la frase de conexión.

4 CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología AEMC-Adaptada permitió lo siguiente: a. clasificar como un gran número de conceptos relacionados al tema equilibrio químico presente jerarquía conceptual de los alumnos; b. obtener mapas conceptuales representativos que apunten a una estructura conceptual media de los mismos; c. comparar las diferencias entre los mapas conceptuales elaborados por alumnos pertenecientes a diferentes grupos (carrera diurna y nocturna) y para los mismos alumnos en momentos distintos durante el periodo de estudio.

La aplicación de la metodología AEMC-Adaptada no es el único método de análisis de mapas conceptuales que se describe en la literatura y no elimina la posibilidad de utilizar otros métodos que comparan el número de nodos y conexiones entre diferentes mapas, la calidad de las relaciones (Francisco et al., 2002), las relaciones jerárquicas entre los conceptos (Almeida, 2003) o la comparación con un mapa conceptual patrón.

La obtención de la matriz final para cada grupo estudiado es en particular una herramienta útil para analizar posibles relaciones conceptuales de interés, como por ejemplo, verificar si existen cuando surgen y cuál es la naturaleza de las relaciones entre los conceptos variación de energía libre padrón(ΔG°) y constante de equilibrio (K) o de cociente de reacción (Q) y variación de energía libre(ΔG), que denotaría un entendimiento mayor de las relaciones entre la espontaneidad de una reacción y de la

aproximación de un sistema químico del estado de equilibrio. En cuanto el análisis de las estructuras conceptuales de los alumnos respecto del tema equilibrio químico, los resultados obtenidos apuntan que, en general, los alumnos: a. definen el equilibrio químico como el estado donde las velocidades de las reacciones directa e inversa se igualan (ley de acción de las masas, siendo que no hubo relación a los conceptos termodinámicos señalados para los alumnos que ingresan a la carrera; b. relacionan las posibles alteraciones del estado de equilibrio químico debido a las variables del sistema con el Principio de Le Chatelier y no consideran la posibilidad de comparar el cociente de la reacción (Q) con la constante de equilibrio.

Los resultados sugieren que los alumnos al ingresar en la educación superior traen en su estructura mental de conocimientos conceptos que provienen de su experiencia de aprendizaje de la enseñanza media y que estos son modificados cuando los estudiantes son sometidos a las disciplinas relacionadas al estudio del tópico equilibrio químico en el primer año de educación superior. Como trabajo futuro, podríamos realizar el mismo estudio aquí propuesto después de cursar cada disciplina ofrecida por el Instituto de Química de la Universidad de São Paulo, de manera de profundar en la contribución que cada disciplina ofrece al conocimiento y la modificación de la estructura conceptual de los estudiantes.

Finalmente, en un potencial estudio posterior, la muestra de estudio debe ser más amplia. También sería interesante estudiar el cambio conceptual en otros conceptos claves en el aprendizaje de la química. Un futuro estudio debería considerar tanto un enfoque cualitativo como cuantitativo, ambos con mayor profundidad y extensión. En este último enfoque, la posibilidad de hacer comparaciones del uso de los mapas conceptuales con distintas herramientas pedagógicas para la enseñanza y el aprendizaje de la química parece ser lo más pertinente.

5 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de la Tesis de Maestría en Educación de las Ciencias de la autora. El estudio fue financiado por la Fundación de Ayuda a la Investigación del Estado de São Paulo (FAPESP) y de Pro-rectoría de Investigación de la Universidad de São Paulo. Agradecemos también a los profesores y a los estudiantes que participaron en el estudio de la carrera de química del año 2008.

REFERENCIAS

Almeida, F.C.P., Souza, A.R. y Urenda, P. A.V. (2003). Mapas conceituais: avaliando a compreensão do alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico, IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003.

Almeida, Voltaire de O. & Moreira, Marco A. (2008). Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa, conceitos da óptica física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.30 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2008.

Ausubel, D. P. (1963). The Psychology of Meaningful Verbal Learning. New York: Grune and Stratton.



- Ausubel D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive Viewpoint*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology, a Cognitive View*. 2nd Edition. New York: Holt, Rinehart, and Windston.
- Boss, S., & Krauss, J. (2007). *Reinventing project-based learning: Your field guide to real-world projects in the digital age*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education.
- Cañas, A. Hill, G. Carff, R. Suri, N. Lott, J. Gómez, G. Eskridge, T. Arroyo, M. Carvajal, R. (2004). CMAPTOOL: A Knowledge Modeling and Sharing Environment. In A. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*, Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra, Septiembre 14-17, 2004, (1), pp. 125-133.
- Cañas, A. J., Hill, G., Granados, A., Pérez, C., & Pérez, J. D. (2003). *The Network Architecture of CmapTools* (Technical Report No. IHMC CmapTools 2003-01). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition.
- Canzian, R. e Maximiano, F. A. (2010). *Princípio de Le Chatelier – O que tem sido apresentado em livros didáticos?* Química Nova na Escola, v. 32, n. 2, p. 107-119, 2010. (http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/)
- Cavalcanti, R.R. (2011). *Desenvolvimento e aplicação de um método de análise de mapas conceituais com o objetivo de acompanhar mudanças na compreensão de um grupo de alunos sobre o tema Equilíbrio Químico*, Dissertação de Mestrado em Educação em Ciências, Universidade de São Paulo.
- Francisco, J.S., Nakhleh, M. B., Nurrenbern, S. C., & Miller, M. L. (2002). *Assessing student understanding of general chemistry with concept mapping*. Journal of Chemical Education, v.79, n.2, p.248-257, feb. 2002.
- González, F. & Novak, J. (1996). *Aprendizaje Significativo, Técnicas y Aplicaciones*. Madrid: Ediciones Pedagógicas.
- González Yoal, P., Marina, H.S, Sandoval, C.E, García del Valle, L., Matínez, V.C. (2004). *Valoración cuantitativa para evaluar mapas conceptuales*. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology: Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping*, p. 289, 2004. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-248.pdf>>
- González Yoal, P., Marina, H.S, Sandoval, C.E, García del Valle, L., Flores, M.E.L. (2006). *Aplicación de la técnica de análisis estructural de mapas conceptuales (AEMC) en un contexto de educación CTS*. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, p. 202, 2006. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/cmc2006Papers/cmc2006-p202.pdf>>.
- González Yoal, P., Marina, H.S, Sandoval, C.E, García del Valle, L., Flores, M.E.L. (2008). *A proposal to refine SACMap technique (Strutural Analysys of Concep Maps) AMID A STS-webquest context*. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology: Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*, p. 207, 2008. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/cmc2008papers/cmc2008-p207.pdf>>
- González Yoal, P., Marina, H.S, Sandoval, C.E, García del Valle, L., Flores, M.E.L. (2010) *Análisis Estructural de mapas conceptuales (AEMC): Revisión de La evidencia empírica de 2004 al 2010* *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* p. 23, 2010 Disponível em: <http://cmc.ihmc.us/cmc2010papers/cmc2010-a31.pdf>
- Hay, D., Ian Kinchin & Simon Lygo-Baker (2008). *Making learning visible: the role of concept mapping in higher education*. *Studies in Higher Education*, Volume 33, Issue 3, 2008, pages 295-311
- Kinchin, Ian M. (2000a). *Concept mapping in biology*. *Journal of Biological Education*, Volume 34, Issue 2, 2000, pp. 61-68
- Kinchin, Ian M. (2000b). *Using concept maps to reveal understanding: a two-tier analysis*. *School Science Review*, 2000, vol. 81, no296, pp. 41-46.
- Kinchin, Ian M., David B. Hay & Alan Adams (2000). *How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development*. *Educational Research*, Volume 42, Issue 1, pp. 43-57.
- Linn, M. C. (2003). *Technology and Science Education: starting points, research programs, and trends*. *International Journal of Science Education*, 25(6), 727-758
- Moreira, M. (2012). *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. Versión 2012 de artículo adaptado e actualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O ENSINO, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, Nº 23 a 28: 87-95, 1988. Publicado também em *Cadernos do Aplicação*, 11(2): 143-156, 1998. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na *Revista Chilena de Educação Científica*, 4(2): 38-44. Revisado novamente em 2012.
- Moreira, M. (1998). *Mapas Conceptuales y Aprendizaje Significativo*. *Revista Galaico Portuguesa de Socio Pedagogía y Socio Lingüística*, Nº23. Pontevedra/Galicia, España y Braga, Portugal
- Moreira, Marco Antonio & Motta, Ana María Barbosa (1993). *Concept Mapping in 7th Grade Mathematics: An Exploratory Study*. *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Misconceptions Trust.
- Mettes, C. T. C. W. , A. Pilot , H. J. Roossink and H. Kramers-Pals, (1980). *Teaching and learning problem solving in science. Part I: A general strategy*. *J. Chem. Educ.*, 1980, 57 (12), p 882.
- Novak, J. & Gowin, B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge Press.
- Novak, J. (1998). *Learning, Creating and Using Knowledge, Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. New York: Lawrence, Erlbaum Associate, Inc.
- Novak, J.D. (2003). *The Promise of New Ideas and New Technology for Improving Teaching and Learning*. *Journal of Cell Biology Education*, 2 (Summer): 122-132
- Novak, J. & Cañas, A. (2004a). *Building on new constructivist ideas and CmapTools to create a new model for education*.



- In. A. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*, Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra, Septiembre 14-17, 2004, (1) pp. 469-476
- Novak, J. D. (2004b). Reflections on a Half-Century of Thinking in Science Education and Research Implications from a Twelve-Year Longitudinal Study of Children's Learning. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 4(1), 23-41.
- Polman, J. L. (2000). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. New York: Teachers College Press.
- Ramos, M. (2004). El Mapa Conceptual, Estrategia Didáctica Significativa. In. A. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra, Septiembre 14-17, 2004, (2), pp. 301-304.
- Rodríguez, M. (2004). La teoría de Aprendizaje Significativo. In. A. Cañas, J. D. Novak & F. M. Gonzalez (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra, Septiembre 14-17, 2004, (1), pp. 535-544.
- Ruiz-Primo, M.A., Schultz, S.E. e Shavelson, R. J., Comparison of the Reliability and Validity of Scores form two Concept-Mapping Techniques, *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (2), 260-278, 2001.
- Ruiz-Primo, Maria Araceli & Shavelson, R. (1996). Problems and Issues in the Use of Concept Maps in Science Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.33, 6, pp. 569-600.
- Sánchez, J. (1993). Concept mapping and educational software production in science. *Annals of Presented Papers National Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)*. Atlanta, Georgia, USA.
- Vanides, Jim, Yue Yin, Miki Tomita, and María Araceli Ruiz-Primo (2005). Concept maps in the science classroom. *Science Scope*, Vol. 28, No. 8, pp. 27-3, Summer 2005.
- Yin, Y., J. Vanides, M. A. Ruiz-Primo, C. C. Ayala, and R. J. Shavelson (2005). A comparison of two construct-a-concept-map science assessments: Created linking phrases and selected linking phrases. *Journal of Research in Science Teaching* 42 (2): 166-184.